

GYAKORLATI HŰTÉSTECHNIKAI ISMERETEK



Juhász László – Maiyaleh Tarek – Vadász József - Vasáros Zoltán

LEKTORÁLTA:

Dr. Maiyaleh Tarek – (egyetemi docens, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem – Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék)

ÍRTA ÉS SZERKESZTETTE:

Juhász László (hűtőközeg kereskedelemben jártas szakember, értékesítési vezető) (8. fejezet)

Dr. Maiyaleh Tarek (egyetemi docens, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem – Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék) (7. fejezet)

Vadász József (- Ügyvezető igazgató, MR szektor, raktérhűtés berendezéseiben jártas gyakorlati szakember, szervizvezető, oktató) (6. fejezet)

Vasáros Zoltán (épületgépész mérnök, műszaki tanácsadó, okleveles mérnöktanár, MKIK -szakképzési szakértő) – (1-5. fejezet)

NEMZETI KLÍMAVÉDELMI HATÓSÁG:

Ilyésné dr. Fetter Anna – főosztályvezető

Kiss Hermina – vezető-kormányfőtanácsos

Gurdon Ferenc – szakmai tanácsadó

KÜLÖN KÖSZÖNET A KÖZREMŰKÖDÉSÉRT:

A.Molnár György

Fellner Ákos

Johanidesz Lajos

Lóth Balázs

Mikolai Máté

Pisky József

Szalay-Nagy László

Nemzeti Klímavédelmi Hatóság
Budapest, 2020

Tartalom

1	A termodinamika alapjai (Szerk.: Vasáros Zoltán)	10
1.1	A termodinamika alapjai	10
1.2	Alapvető mennyiségek, mértékegységek	10
1.2.1	Fizikai alapmennyiségek	11
1.2.2	Mechanikai alapmennyiségek	12
1.3	Fogalomjegyzék	17
1.3.1	Fogalommeghatározások a rendelet alkalmazásában:	17
1.4	A termodinamika alapvető törvényszerűségei	19
1.5	A hűtőkörfolyamat alapismeretei	20
1.5.1	A hűtőkörfolyamat	20
1.6	A hűtőkörfolyamat rendszerelemei	28
1.6.1	Rendszerelemek a hűtőkörfolyamatban	28
1.6.2	A hűtőtéljesítmény szabályozása	29
1.7	Hűtőközegek áttekintése	32
1.7.1	Hűtőközegek	32
1.7.2	A hűtőközegekkel szemben támasztott követelmények	32
1.7.3	Környezetvédelmi szempontok	33
1.8	Üzembe helyezés, üzemeltetés, karbantartás	34
1.8.1	Üzembe helyezés	34
1.8.2	Üzemeltetés, karbantartás	34
2	Hűtőközegek, olajok és közvetítőközegek ismertetése (Szerk.: Vasáros Zoltán)	36
2.1	A hűtőközegekkel kapcsolatos jogi szabályozás	36
2.2	Hűtőközegek csoportosítása	37
2.3	Hűtőközegek jelölése	38
2.4	A leggyakrabban használt hűtőközegek	39
2.4.1	Természetes szerves hűtőközegek	39
2.4.2	Természetes szervetlen hűtőközegek	41
2.4.3	Halogénezett szénhidrogének	41
2.5	A környezetkárosító hűtőközegek kiváltásának lehetőségei	45
2.5.1	Az R12 kiváltása	46
2.5.2	Az R502 kiváltása	47
2.5.3	Az R22 kiváltása	47
2.6	Közvetítőközegek	48
2.6.1	Közvetítőközegek tulajdonságai	48
2.6.2	Közvetítőközegek csoportosítása	48
2.7	Kenőolajok	50
2.7.1	A kenőolajok tulajdonságai	50
2.7.2	A kenőolajok csoportosítása	51
2.7.3	A hűtőközeg és a kenőolaj együttműködése	51
3	Hűtőrendszer elemei (Szerk.: Vasáros Zoltán)	53
3.1	Kompresszor	53
3.1.1	Kompresszorok csoportosítása	53

3.1.2	Alternáló dugattyús kompresszorok	53
3.1.3	Forgódugattyús vagy más néven rotációs kompresszorok	62
3.1.4	Hűtőkompresszorok kiválasztása	71
3.1.5	Csoportaggregátok	72
3.2	Elpárologtató	73
3.2.1	Száraz rendszerű elpárologtató	73
3.2.2	Elárasztott rendszerű elpárologtató	74
3.2.3	Levegőt hűtő elpárologtató	75
3.2.4	Folyadékot hűtő elpárologtató	78
3.2.5	Elpárologtatók kiválasztása	81
3.3	Kondenzátor	82
3.3.1	Természetes hűtőközegek kiválasztási szempontjai	82
3.3.2	Vízhűtésű kondenzátorok	83
3.3.3	Légűtésű kondenzátorok	86
3.3.4	Kondenzátor és folyadékgyűjtő	87
3.3.5	A kondenzációs nyomás szabályozása	87
3.3.6	Kondenzátorok kiválasztása	88
3.4	Adagolók	88
3.4.1	Az adagolók csoportosítása	89
3.4.2	Kapilláriscső	89
3.4.3	Automatikus expanziós szelep	90
3.4.4	Termosztatikus expanziós szelepek	91
3.4.5	Elektronikus expanziós szelepek (elektronikus adagolók)	95
3.4.6	Szintszabályozók	97
3.5	Csővezetékek, szerelvények, segédberendezések	98
3.5.1	Csővezetékek	98
3.5.2	Szerelvények, segédszerelvények, segédberendezések és készülékek	104
3.6	Szabályozó, vezérlő és védelmi berendezések	108
3.6.1	Szabályozó berendezések	108
3.6.2	Védelmi berendezések	112
4	Üzembe helyezés lépései (Szerk.: Vasáros Zoltán)	114
4.1	Hidegüzemi próbák	114
4.2	Nyomáspróba	114
4.2.1	A nyomáspróba elvégzése	115
4.2.2	A nyomáspróba kiértékelése	115
4.3	Gáztömörség-vizsgálat	115
4.4	Idegengáz eltávolítás, vákuumolás	116
4.4.1	A vákuumolás végrehajtása	116
4.4.2	Kiértékelés	116
4.4.3	Vákuumolás ammóniával működő hűtőberendezéseknél	117
4.5	Hűtőközegetöltés	117
4.6	Szivárgásvizsgálat	117
4.6.1	Jogszabályi előírások	117

4.6.2	Szivárgásvizsgálati eljárások.....	118
4.7	Próbaüzem	119
4.8	Beszabályozás.....	119
4.9	Dokumentálás	120
5	Üzemeltetés, karbantartás, javítás, hulladékkezelés (Szerk.: Vasáros Zoltán)	121
5.1	Hűtőközeg-lefejtés.....	121
5.2	Lefejtett hűtőközeg kezelése.....	121
5.3	Hűtőközegcsere folyamata.....	121
5.3.1	Hűtőközegcsere vizsgálata a rendszerelemek szempontjából	122
5.3.2	Hűtőközegcsere típusai	122
5.3.3	A hűtőközegcsere végrehajtásának lépései	123
5.4	Hűtőgépolaj lefejtése	125
5.5	Felhasznált irodalom az 1-5. fejezethez.....	125
6	Járműhűtés (Szerk.: Vadász József)	127
6.1	Járműklíma	127
6.1.1	Kompresszorok	127
6.1.2	Tengelykapcsolók:	133
6.1.3	Olajokkal kapcsolatos alapismeretek	134
6.1.4	Viszkozitás a Wikipédia szerint:	134
6.1.5	Olajok.....	135
6.1.6	Kondenzátor	137
6.1.7	Szárító szűrő.....	137
6.1.8	Fojtó szerv	138
6.1.9	Elpárologtató:	140
6.1.10	A hűtőközeg betöltést megelőző kötelező munkafolyamatok:.....	140
6.1.11	Hűtőközegek legalapvetőbb tulajdonságai és csoportosításuk:.....	141
6.1.12	Egyéb anyagok a klímarendszerben:	141
6.1.13	Autóklíma karbantartása	142
6.1.14	Automatika, vezérlés, védelem	143
6.1.15	Autóbusz klíma	146
6.2	Raktérhűtők	154
6.2.1	Raktérhűtés funkciója és feladata:	154
6.2.2	Egyirányú szelep blokk:	154
6.2.3	Gépek felépítése	161
6.2.4	Gyakori szerviz eljárások:	164
6.2.5	Leggyakrabban előforduló hibajelenségek:.....	166
6.2.6	Eutektikus hűtők.....	167
6.2.7	Szegédenérgiát használó berendezések:	167
6.2.8	A piacon megjelenő új berendezések:	169
6.2.9	Truck & Trailer raktérhűtők	170
6.2.10	Dieselmotoros hűtőkben alkalmazott kompresszorok:	179
6.2.11	Nyomáskapcsolók, nyomásjeladók	184
6.2.12	Generátor üzem:.....	185

6.2.13	Hűtőközeg csere (retrofit eljárás):.....	189
6.2.14	Olajok	189
6.2.15	Kompresszorolaj típusok	190
6.2.16	Hűtőközeg betöltést megelőző kötelező munkafolyamatok:.....	191
6.2.17	Hűtőközegek legalapvetőbb tulajdonságai és csoportosításuk:.....	192
6.2.18	Egyéb védelmek:.....	192
6.2.19	Üzem módok:.....	193
6.2.20	Hűtőtéljesítmény szabályozási módjai.....	195
6.2.21	Gyakori szervizeljárások.....	197
6.2.22	Leggyakoribb előforduló hibajelenségek:	200
6.2.23	ATP egyezmény.....	201
6.2.24	Diesel káros anyag emisszió szabályozás	202
6.3	Jármű klimatizálás – kötött pályás alkalmazások	203
6.3.1	Rendeletek, előírások	203
6.3.2	Jellemző kialakítások	203
6.3.3	Egy létező kialakítás vizsgálata.....	205
6.3.4	Kompresszor	207
6.3.5	Kompresszor – Kondenzátor csővezeték.....	208
6.3.6	Kondenzátor hőcserélő(k)	209
6.3.7	Folyadékgyűjtő tartály.....	209
6.3.8	Folyadék utóhűtő.....	210
6.3.9	Száritó – szűrő elem	210
6.3.10	Száritó/szűrő – Expanziós szelep közötti csővezeték	210
6.3.11	Expanziós szelep.....	210
6.3.12	Elpárologtató egység – Kompresszor közötti csővezeték	212
6.3.13	Energia ellátás.....	212
6.3.14	Vezérlések.....	213
	Főbb üzem módok és a szabályozási algoritmus vázlata egy általános vasúti vezérlés esetében.....	214
6.3.15	Normál üzem módok.....	215
6.3.16	Frisslevegő szabályozás	217
6.3.17	Általános diagnosztika	217
6.4	Irodalomjegyzék a 6. fejezethez:	219
7	Hűtőrendszerek tervezési szempontjai (Dr. Maiyaleh Tarek)	220
7.1	Fogalom meghatározások	220
7.1.1	A hűtőberendezés és a hőszivattyú feladata	220
7.1.2	Hűtőrendszerek csoportosítása	221
7.1.3	A hűtési folyamat közegei	221
7.2	A hűtési feladat meghatározása	221
7.2.1	A hűtési igény meghatározása.....	221
7.2.2	A berendezés hűtőtéljesítményének meghatározása.....	222
7.2.3	A hűtőrendszer, a hűtőközeg	222
7.3	A hűtőközeg választása	223
7.3.1	A hűtőközeg keverékek „Blendek”	225

7.3.2	A Hűtőközeg csere „Blendek”-nél (átállítás helyettesítő hűtőközegre)	227
7.4	Hűtőrendszerek	233
7.4.1	Alap hűtőkörfolyamat; alap rendszer	233
7.4.2	Szakaszolás, kizárás	234
7.4.3	Védelmi elemek beépítése	235
7.4.4	Hűtőtéljesítmény szabályozása	236
7.4.5	Az olajkör	236
7.5	Komplett rendszer	238
7.5.1	Csővezetékek	239
7.5.2	Csővezetékek méretezése:	239
7.6	Példa hűtőrendszerek	244
7.6.1	Hűtőrendszer – egyedi, (DX) direkt expanziós, léghűtésű kondenzátorral	244
7.6.2	Hűtőrendszer – Egyedi, (DX) direkt expanziós, vízhűtésű kondenzátorral	245
7.6.3	Csoportaggregát – egyhőmérséklet	246
7.6.4	Csoportaggregát – közös nyomócsöves, kéthőmérséklet:	246
7.6.5	Freon hűtőközegű, (DX) száraz rendszerű elpárologtató, folyadékhűtő berendezés, léghűtésű kondenzátorral	248
7.6.6	Folyadékhűtő, elárasztott rendszerű elpárologtató, Freon (szénhidrogén) berendezés visszahűtött vízhűtésű kondenzátorral	249
7.6.7	Ammónia (NH ₃) hűtőközegű folyadékhűtő berendezés, léghűtésű kondenzátorral	250
7.6.8	Ammónia hűtőközegű, kétfokozatú elárasztott rendszerű	251
7.6.9	R744 CO ₂ rendszerek	255
7.7	VRV/VRF „multi-split” rendszerek	263
7.7.1	Mit értünk VRF/VRV rendszer alatt?	263
7.7.2	VRF/VRV tervezési szempontok	265
7.7.3	Gyakran előforduló tervezési hibák	266
7.8	A kompresszoros hűtőberendezés üzeme:	268
7.8.1	A berendezés részegységeinek együttműködése (állandósult üzemállapot):	268
7.8.2	A berendezés változó külső feltételek melletti üzeme	273
7.9	Esettanulmányok	277
7.9.1	Eset: Folyadékhűtő kompresszor leégése	277
7.9.2	Eset: Hibás berendezés kiválasztás állandó alacsony nyomás hiba	278
7.9.3	eset: Kondenzátor ventilátor szabályozási hiány	279
7.9.4	eset Folyadékhűtő hidraulikus váltó hiánya (vízkör)	280
7.9.5	eset: Kompresszor leégése	281
7.9.6	eset: Levegő-víz hőszivattyú leolvasztási probléma (vízkör)	282
7.9.7	eset: Kompresszor meghibásodás	283
7.9.8	eset: Hűtőkamra jegesedés	284
7.10	Hűtőberendezés üzembehelyezése, próbaüzem és a berendezés besabályozása	285
7.10.1	Az üzembe helyezés	285
7.10.2	Az üzemeltetés és ellenőrzés	285
8	Hulladék, hulladékkezelés (Szerk.: Juhász László)	287
8.1	Hulladék, veszélyes hulladék fogalma, vonatkozó jogszabályok rövid ismertetése	287
8.2	Hulladékok szállítása	288

8.3	Hűtéstechikai beavatkozások, melynek eredményeként veszélyes hulladék keletkezik	289
8.4	Hűtőközegek visszanyerésének általános szabályai	290
8.5	Hulladékkezelés folyamatának résztvevői, feladatuk, velük szemben támasztott követelmények	291
8.6	Szennyezett hűtőközeg ártalmatlanításának lehetőségei és feltételei	294
8.6.1	A regenerálás folyamatának bemutatása	294
9	Klímagázok szabályozási környezete (Nemzeti Klímavédelmi Hatóság)	296
9.1	A klímagázokkal kapcsolatos közösségi szabályozás két fő pillére	296
9.2	A klímagázokkal kapcsolatos hazai szabályozás három fő pillére	296
9.3	A hűtőközeg-kereskedelem tisztaságának ellenőrzése	297
9.4	A szivárgásvizsgálati kötelezettség elvégzésére vonatkozó közösségi szabályok	298
9.4.1	ORLA	298
9.4.2	F-ÜHG	298
9.5	A szivárgásvizsgálati kötelezettség elvégzésére vonatkozó hazai szabályok	299
9.6	Telepített szivárgásészlelő rendszer.....	299
9.7	Alkalmazások tulajdonjogi helyzetének változása	299
9.8	Elektronikus ügyintézés.....	300
10	A Klímagáz adatbázis bemutatása (Nemzeti Klímavédelmi Hatóság)	301
10.1	Regisztrációs alapismeretek.....	301
10.2	Jegyzőkönyvezési tevékenység	303
10.2.1	Jegyzőkönyv típusok.....	303

Bevezetés

Az Innovációs és Technológiai Minisztérium, Nemzeti Klímavédelmi Hatóság képzési rendszerébe illeszkedő, a Hatóság által szervezett képzések vonatkozásában a képzésen résztvevők és a felkészítő oktatók számára tananyagként felhasználható szakirodalmi művet hoz létre.

A Hatóság fontosnak tartja, hogy az általa – alapfeladata ellátás körében – szervezett képzések a szakma mindennapi kihívásaira választ adva kerüljenek lebonyolításra. Ebből a célból szükséges az új kihívásokra kiterjedő adekvát tananyag közzététele.

Budapest, 2019. november

1 A termodinamika alapjai (Szerk.: Vasáros Zoltán)

A hűtés nem 21. századi találmány, természetes megoldásairól már az ókor krónikaiban is olvashatunk. Elődeink hóval, jéggel hűtöttek ételeket, italokat, sőt, gyakran lakószobákat, termeket is. Lehetőségeikhez mérten megoldották a jég raktározását és szállítását is, bár ezek a lehetőségek mai szemmel nézve igen korlátozottak voltak. Ahol a hó és jég nem állt rendelkezésre, ott már az időszámításunk előtti időkben is kihasználták a víz párolgásának hűtő hatását. Aztán felfedezték, hogy ha a tiszta vízbe sót vagy szalmiáksót kevernek, akkor a víz lehűl, így nemcsak az időjárásra számíthattak a hűtésben. A következő lépésben víz helyett különböző oldatokat kezdtek használni, melyek alacsonyabb hőmérsékleten párologtak el. Hogy ne illanjanak el végleg, egy csőrendszeren át egy kezdetleges kompresszorba vezették és újra cseppfolyósították őket. Így működött az első hűtésre alkalmas berendezés.

A 19. század ipari fejlődése olyan szintű igényt jelentett a hűtésre, melyet a víz és a jég segítségével már nem lehetett kielégíteni. Az 1800-as évek második felében szinte egymással párhuzamosan jelent meg az első abszorpciós és az első kompresszoros hűtőberendezés, amelyek már ipari célra is hasznosíthatók voltak. Méretük és működtetésük bonyolultsága miatt a kis boltokban, háztartásokban ezeket nem lehetett alkalmazni, viszont megoldották a jégkészítés problémáját, így a jég viszonylag egyszerűen beszerezhetővé vált. A további fejlődést a villanymotor, majd a mesterségesen előállított hűtőközegek felfedezése segítette. A 20. század végére megjelentek újabb típusú kompresszorok, és az informatika, valamint az elektronika vívmányai is gazdagították a hűtéstechikát.

A fejlődés nem állt meg, napjainkban is folytatódik, választ keresve az időről időre felmerülő komfort, ipari és környezetvédelmi kérdésekre. Jelen tananyagunk igyekszik bemutatni a 21. századi hűtéstechika legfontosabb témaköreit, első fejezetében összefoglalva azokat az alapokat, melyeknek felelevenítése szükséges a későbbi részletek megértéséhez. Kezdjük tehát egy rövid termodinamikai ismétléssel!

1.1 A termodinamika alapjai

A termodinamika olyan tudományterület, ami energiaátalakulásokkal foglalkozik. Törvényszerűségeit az emberi tapasztalatok és kísérletek alapján fogalmazták meg. Lehetővé teszi jó néhány, a hétköznapiakból is ismert energetikai folyamat egyszerű leírását, a szereplő mennyiségek kiszámítását.

A termodinamikai rendszer és környezete között többféle kölcsönhatás játszódhat le. Ezek közül témánkhoz a mechanikai és a termikus kölcsönhatás kapcsolódik leginkább. Mechanikai kölcsönhatás esetén a rendszer mechanikai munkát végez a környezeten vagy a környezet a rendszeren. A termikus kölcsönhatás hőmennyiség áramlását jelenti a rendszer és környezete között.

A termodinamikai rendszereket alapvetően két csoportra osztjuk: nyitott és zárt rendszerekre. A hűtéstechikai rendszerek a zárt rendszerek közé tartoznak, ami annyit jelent, hogy a rendszerben energia jellegű kölcsönhatások történnek, tömegkölcsönhatás (tehát a rendszer és a környezet közötti anyagátadás) viszont nem.

1.2 Alapvető mennyiségek, mértékegységek

A termodinamika alapvetően az anyag és az energia átalakulását vizsgálja az adott rendszerben, ennek leírására a rendszer állapotának változását használja. Állapotnak nevezzük a rendszer anyag- és energiaceloszlását egy adott pillanatban. Az állapotváltozások mérhető mennyiségek leírásával jól követhetők. Ilyen állapotjelző például a tömeg, a nyomás, a hőmérséklet vagy a sűrűség.

Rövid emlékeztetőnkben tekintsük át, melyek azok a fogalmak és mennyiségek, melyeknek ismerete nélkülözhetetlen a termodinamikai folyamatok megértéséhez!

1.2.1 Fizikai alapmennyiségek

A fizikai alapmennyiségek körét, rendszerét és az alapegységeiket nemzetközi megállapodások alapján határozták meg. Könyvünkben a ma nemzetközileg általánosan használt (hazánkban is kötelező) úgynevezett SI mértékegységrendszert ismertetjük és használjuk. Megjegyezzük azonban, hogy voltak korábban és egyes országokban ma is léteznek egyéb mértékrendszerek, valamint alapegységek is, amelyek mai használata és átszámítása SI-egységekre igen nagy figyelmet követel!

A fizikai alapmennyiségeket és azok alapegységeit az alábbi 1.1. számú táblázatban foglaltuk össze, feltüntetve megnevezésük mellett a jelöléseiket is.

Alapmennyiség megnevezése	Jelölése	Alapegység megnevezése	Jelölése
Hosszúság	L, s	méter	m
Tömeg	m	kilogramm	kg
Idő	t	másodperc	s
Hőmérséklet	T	Kelvin	K
Áramerősség	I	Amper	A
Anyagmennyiség	m	mol	mol
Fényerősség	Iv	kandela	cd

1.1. táblázat. Alapmennyiségek és mértékegységeik

Az alapmennyiségek jeleit és az alapegységek (mértékegységek) jeleit sohasem szabad összetéveszteni!

A gyakorlatban sokszor célszerűbb az alapegységek többszöröseivel vagy azok törtrészeivel kifejezni egy adott mennyiséget. Az alapmennyiségek szorzótényezői, amelyekkel ezek a többszörösök, illetve részek előállíthatók, a megállapodások szerint a 10-es szám (különböző) hatványai szerint változnak, és külön-külön elnevezést és jelet kaptak, amelyeket az alapegysége neve, illetve az alapegység jele elé kell kapcsolni. A bemutatott fizikai alapmennyiségekből és alapegységekből minden további fizikai mennyiség és egység levezethető, levezethető.

Származtatott egységek az alapegységek osztásával, ill. szorzásával jönnek létre, például:

$$\begin{aligned} \text{terület:} & \quad 1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 1 \text{ m}^2 \\ \text{erő:} & \quad 1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1 \text{ s}^2 = 1 \text{ kg m s}^2 \\ \text{sűrűség:} & \quad 1 \text{ kg} / 1 \text{ m}^3 = 1 \text{ kg/m}^3. \end{aligned}$$

Nézzünk meg egy példát a fizikai mennyiségek összefüggéseire!

1.2.1.1 A hosszúság, a terület és a térfogat

A hosszúság (jele L vagy s) mértékegységét, a métert (m) eredetileg a Párizson áthaladó délkör egynegyedének tízmilliomod részeként határozták meg. A méter jelenleg elfogadott meghatározása a következő: A méter olyan hosszúság, amely a 86-os tömegszámú kripton atom elektron pályáinak $2p_{10}$ és $5d_5$ alhéjai közötti átmenetnek megfelelő sugárzás vákuumban mért hullámhosszának $1650763,73$ -szorosával egyenlő.

Ennek az új, valljuk be, kissé nehezen érthető meghatározásnak szükségességét az indokolta, hogy a korábban használt összehasonlító alaplátin (egy platinarúdra bekarcolt jelek távolsága) már nem elégítette ki a mai magas fokú pontossági igényeket.

A terület és a térfogat mértékegységeit a hosszúság mértékegységéből származtatták le:

A terület (jele: A) hosszúságból származtatott alapegysége a négyzetméter:

$$1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 1 \text{ m}^2.$$

A térfogat (jele: V) hosszúságból származtatott alapegysége a köbméter:

$$1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 1 \text{ m}^3.$$

1.2.2 Mechanikai alapmennyiségek

A mechanika a fizikának az a nagy területe, amely a nyugalomban lévő, és a mozgó testekkel kapcsolatos folyamatokkal foglalkozik. Ezen belül a statika a nyugalomban lévő testek és az őket érő erőhatások kapcsolatát, a kinematika a mozgásokat, a kinetika és a dinamika pedig az erők és mozgások összefüggéseit tárgyalja.

Tekintsük át példaként néhány összefüggést a mechanika területéről!

1.2.2.1 Az idő, a sebesség és a gyorsulás

Az idő (jele: t) mértékegységét, a szekundumot vagy köznapibb nevén másodpercet (s) a Föld saját tengelye körüli forgásának ideje alapján határozták meg, a nap két delelése közti átlagos időtartam $1/86400$ részeként. Jelenlegi meghatározása: A ^{133}Cs (cézium) nukleid atomjának két hiperfinom struktúrájú szintje közötti átmenet periódus idejének $9\,192\,631\,770$ -szerese.

Az 1s alapegység mellett megengedett még a

perc: $1\text{ min} = 60\text{ s}$

óra: $1\text{ h} = 60\text{ min} = 3600\text{ s}$

nap: $1\text{ d} = 24\text{ h} = 1440\text{ min} = 86400\text{ s}$

idő-mértékegységek használata is.

A sebesség és a gyorsulás mértékegységét az út és az idő mértékegységeiből származtatták:

A sebesség (jele: v), az időegység alatt megtett út $v[\text{m/s}]$.

A gyorsulás (jele: a) az időegységre vonatkoztatott sebességváltozás $a[\text{m/s}^2]$.

Azt a gyorsulást, amellyel egy szabadon eső test légüres térben mozog, gravitációs gyorsulásnak, vagy nehézségi gyorsulásnak nevezik. Külön jelet is kapott: g . Nagysága a gravitációs erőter helyi nagyságától függ. Ez azt jelenti, hogy nemcsak az egyes égitesteken, hanem még egy adott égitest különböző helyein is más-más nagyságú. A Földön a nehézségi gyorsulás közepes értéke: $g = 9,80665 \approx 9,81\text{ m/s}^2$.

1.2.2.2 A tömeg, a sűrűség és a fajtérfogat

A tömeg a testeknek azt a tulajdonságát jellemzi, amely egyrészt tehetetlenségben (mozgásállapotának megváltoztatásával szemben), másrészt a más testekhez való vonzódásban nyilvánul meg. Egy test tömegét csak egy másik, ismert tömeggel való összehasonlítás alapján lehet meghatározni. Ennek elfogadott és általánosan használt módja: összehasonlítás hitelesített mérlegtömegekkel kétkarú mérlegen. (Nem rugós- vagy kvarcmérlegen!). A tömeg nagysága a helytől független, tehát például az űrhajósok által a Holdon begyűjtött kőzetminták tömege a Holdról a Földre lehozva is változatlan marad. (Érdekesség, hogy a súlyuk viszont a különböző tömegvonzási viszonyok miatt a két égitesten eltérő, a Földön a nagyobb.)

A tömeg (jele: m) alapegysége 1 kg , a nemzetközi megegyezés alapján elfogadott kilogramm-prototípus: egy 39 mm átmérőjű és 39 mm magasságú platina-iridium rúd tömege.

Megjegyezzük, hogy a tömeg kg mértékegysége mellett a gramm is használatos:

gramm: $1\text{ g} = 1/1000\text{ kg}$

Az egységnyi térfogatban található tömeget sűrűségnek (jele: ρ) nevezzük. Ez a fogalom eltér attól, amit a köznap nyelvhasználatban értünk a sűrűség fogalma alatt, mert itt nem a közeg állagát, hanem fajlagos tömegét jelenti. A sűrűség értékét kiszámíthatjuk, ha egy test m tömegét és V térfogatát ismerjük, hiszen értéke azok hányadosa lesz. Mértékegysége is a tömeg és a térfogat mértékegységének hányadosa: kg/m^3 . Használatos a kg/dm^3 mértékegység is.

A fajtérfogat (jele: v) fajlagos térfogatot jelent, vagyis a V térfogatnak és a benne lévő m tömegnek a hányadosát. Mértékegysége a térfogat és a tömeg mértékegységének hányadosa: m^3/kg . Használatos a dm^3/kg mértékegység is. A fajtérfogat és a sűrűség kapcsolata: egymás reciprokai.

1.2.2.3 Az erő és a súlyerő

Az erő az alak- és mozgásváltozások okozója. Erő szükséges például egy rugó összenyomásához, vagy egy álló kocsi mozgásba hozásához. A dinamika Newtontól származó alaptörvénye szerint, ha egy m tömegű testet F erő kényszerít mozgásra, akkor az a gyorsulással mozog:

erő = tömeg · gyorsulás, azaz: $F = m \cdot a$.

A törvényt más szavakkal kifejezve: ahhoz, hogy egy test mozgási állapotát megváltoztassuk, a „tehetetlenség” legyőzéséhez erőt kell alkalmaznunk.

Az erő (jele: F) mértékegységeként azt az erőhatást választották, amely egységnyi tömeget ($m = 1 \text{ kg}$) egységnyi gyorsulással ($a = 1 \text{ m/s}^2$) mozgat. Az erő mértékegysége tehát: $1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m/s}^2 = 1 \text{ N}$ (1 Newton).

A súlyerő az az erő, amellyel egy tömeg a Föld (egy más égitest) középpontjának irányában az alátámasztására szolgáló testet nyomja. Ha ezt az alátétet eltávolítanánk, a test egyenletesen gyorsuló mozgással megindulna a Föld középpontja felé. Ezt a gyorsulást nehézségi (gravitációs) gyorsulásnak nevezik, és g -vel jelölik. A Földön a nehézségi gyorsulás értéke közelítően $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

A súlyerő kiszámítása Newton törvénye alapján $F = m \cdot g$.

1.2.2.4 A nyomás

A nyomás (p) a felületre merőlegesen ható (F) erő és az erő hatásának kitett (A) felület aránya. Hivatalos mértékegysége a Pascal (Pa), amely az egységnyi felületre (1 m^2) ható egységnyi erőt (1 N) jelenti. A gyakorlatban használatos nyomásegység a bar, illetve kis nyomások mérésekor a bar ezredrésze: a millibar (mbar). Az 1 bar nyomásegység használata azért indokolt és azért is terjedt el, mert közelítően megegyezik az SI-rendszer bevezetése előtt használt 1 Atm nyomásegységgel.

A nyomással kapcsolatos összefüggések

Az anyagok térfogatának nyomástól való függőségét kompresszibilitásnak, azaz magyarul összenyomhatóságnak nevezik. A közegek a halmazállapotuktól függően nyomás hatására eltérően viselkednek, kompresszibilitásuk eltérő. A szilárd testek felületén a nyomás hatására feszültség keletkezik, mert a molekulák összenyomódnak és igyekeznek eredeti távolságukat újra felvenni. A hűtőtechnikai gyakorlatban előforduló nyomástartományban azonban az összenyomódás mértéke olyan csekély, hogy a szokásos eszközökkel mérhetetlen, ezért a szilárd testeket gyakorlatilag összenyomhatatlannak tekintjük.

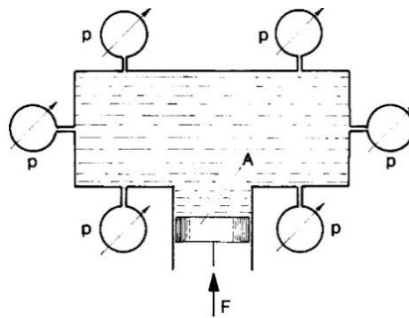
Amíg a szilárd testek részecskéi mereven összekapcsolódnak, a folyékony halmazállapotú anyagok molekulái egymáshoz viszonyítva könnyen eltolhatók vagy el is választhatók. Így azután a nehézségi gyorsulás lefelé irányuló húzóhatását is könnyen követik, és a befogadásukra szolgáló edény belső terét alulról fölfelé kitöltik. Egyszerűbben megfogalmazva: a folyadék az edény alakjához idomul. Külső nyomás hatására a folyadékok térfogata is csak rendkívül kis mértékben változik, kompresszibilitásuk csekély. A hűtőtechnikai gyakorlatban a folyadékok összenyomhatóságát általában figyelmen kívül lehet hagyni, hiszen például az ammónia hűtőközeg térfogatának 1 %-os csökkentéséhez kb. 200 bar nyomásra lenne szükség. Hosszú folyadékvezetékek hirtelen lezárásánál azonban figyelembe kell venni a lökéshullám kialakulásának lehetőségét, amely a folyadék rugalmasságának következménye.

A gázállapotú közegek részecskéi szabadon elmozdulhatnak és a rendelkezésükre álló teret teljesen kitöltik. Külső nyomás hatására térfogatukat erősen változtatják. Kompresszibilitásuk tehát nagy, de az anyagminőségtől függően változó.

1.2.2.5 A nyomás terjedése folyadékokban és gázokban

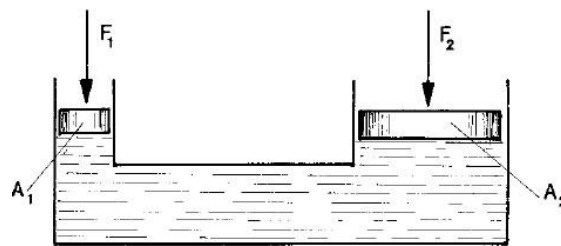
A hidraulikus nyomás

Amíg a szilárd testekre gyakorolt nyomóerő csak az erő támadáspontja közelében hoz létre feszültséget, a folyadékokban és gázokban a nyomás minden irányban terjed. Ha egy merev és zárt, folyadékkal (például vízzel) megtöltött edény (1.2.1. ábra) hengeres kivezető nyílását mozgatható dugattyúval lezárjuk és ezt az A keresztmetszetű dugattyút F erővel terheljük, a dugattyú nem fog elmozdulni, mert a folyadék gyakorlatilag összenyomhatatlan. A hatóerőnek egy olyan erő fog ellenállni, amely a folyadékból „érkezik”. Ha az nem jönne létre, nem jöhetne létre az említett egyensúly sem, és a dugattyú valamilyen irányban elmozdulna. A Pascaltól származó, róla elnevezett törvényszerűség szerint az A felületre ható F erő hatására létrejövő nyomás a henger (illetve a hengerhez kapcsolódó, folyadékkal kitöltött tér) minden részére kiterjed. Ez az úgynevezett hidraulikus nyomás. Így tehát, ha az ábrán bemutatott edény bármely pontjához nyomásmérőt kapcsolunk, az mindenütt a $p = F/A$ nyomást fogja mutatni. Ebből a törvényszerűségből következik, hogy ha egy folyadéktérben a nyomás mindenütt azonos, akkor a folyadéktér egyes felületrészeire ható erő a felületrészek nagyságával egyenesen arányos, vagyis: $F_1 = p \cdot A_1$, $F_2 = p \cdot A_2$, ... stb.



1.2.1. ábra. Hidraulikus nyomás folyadékkal telt edényben

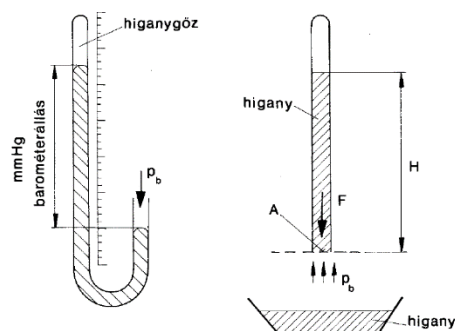
Ez a törvény képezi a hidraulikus emelők és hidraulikus prések szerkesztésének alapját (1.2.2. ábra).



1.2.2. ábra. Hidraulikus emelők és hidraulikus prések alapelve

A légköri nyomás

A nyugvó folyadékban, illetve gázban az egymás fölött elhelyezkedő részecskék nyomást hoznak létre, amely a nehézségi erő hatására keletkezik. A légtérünkben több km magasságban található levegő is nyomást fejt ki az alacsonyabban lévő légrétegekre, illetve végül a talajfelszínre is. A talajszinten mérhető légnyomás annak a levegőoszlopnak a súlyerejével azonos, amely egy egységnyi ($1 m^2$) talajfelület felett merőlegesen helyezkedik el. Ennek a légoszlopnak a súlyerejét kellene meghatározni ahhoz, hogy a légnyomást megállapíthassuk, ami azonban közvetlenül nem lehetséges. A közismert Torricelli-féle kísérlet a Pascal elv alapján ható légnyomást egy folyadékoszlop ismert (illetve kiszámítható) súlyerejéből származó ellennyomással hasonlította össze (1.2.3. ábra).



1.2.3. ábra. Torricelli-féle kísérlet vázlata

A műszaki gyakorlatban a készülékek túlnyomó többsége a légtér által körülvevő úgynevezett atmoszférikus viszonyok között üzemel. A folyadékot vagy gázt tartalmazó edények határolófalát a belülről ható nyomás és a kívülről ható p_b légköri nyomás (vagy más néven: barometrikus nyomás) különbsége, az úgynevezett túlnyomás terheli. Az abszolút nyomás az edényben uralkodó nyomásnak a $p = 0$ külső nyomáshoz viszonyított értéke. Az összefüggés: abszolút nyomás = túlnyomás + légköri nyomás, vagyis $p_{abs} = p_t + p_b$.

A nyomástartó edények, készülékek szilárdsági igénybevételét a túlnyomás nagysága szabja meg. Sok esetben azonban, például a hűtőközegek elpárolgási vagy kondenzációs hőmérsékletének nyomás alapján történő megállapításakor, valamint a hűtőberendezések vákuumozásakor az abszolút nyomás a mértékadó. Mint látni fogjuk, a nyomásmérők legtöbb fajtája csak p_t túlnyomást – a mindenkor légtérrel ható légköri nyomáshoz viszonyított nyomást – jelzi ki. (A légköri nyomást mérve 0 értéket mutat.) Ha ilyen műszerrel mérünk és az abszolút nyomást kell meghatározni, akkor a pontos eredmény elérése érdekében egyidejűleg meg kell mérni a p_b légköri

nyomást is (mert az a helytől és az időjárási viszonyoktól függően változhat), és a kettőt össze kell adni. Kisebb pontossági igényű méréseknél (például szervizmunkák során), amikor az abszolút nyomást csak tájékoztató jelleggel kell meghatározni, a tengerszint feletti 50 – 150 m közötti magasságú helyeken a légköri nyomást állandó $p_b = 1 \text{ bar}$ nagyságúnak lehet venni. Ilyenkor $p_{abs} = p_t + 1 \text{ bar}$. Ez a módszer azonban hegyvidéken vagy igen kis nyomások mérésekor (például vákuumozáskor) nem használható, mert ott már nagyon pontatlan eredményt ad!

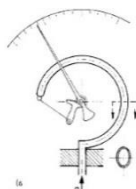
Megjegyzés: A *bar* nyomásegység önmagában sajnos nem tesz különbséget abban, hogy abszolút nyomásról vagy túlnyomásról van szó. Megállapodás szerint önmagában használva mindig abszolút nyomást jelent, azonban, ha a túlnyomás egységként alkalmazzuk, akkor a *bar* mértékegység után ezt külön jelezni kell. Javasoljuk, hogy lehetőleg mindig jelezzük, hogy adott esetben túlnyomásról vagy abszolút nyomásról van-e szó.

1.2.2.6 A nyomás mérése

A nyomás mérésére nagyon sok módszer ismert. Most csak azokat tárgyaljuk, amelyek a hűtőtechnikai gyakorlatban is szerepet kapnak.

Csőrugós és csőmembrános manométerek

A hűtőtechnikában használt üzemi- és szervizmanométerek legáltalánosabban használt fajtája a csőrugós Bourdon-csőves manométer (1.2.4. ábra). Ennek a nyomásmérő készüléknek a nyomásérzékelője egy lapított cső, amely a mérendő közegnek ellenálló (réz, üvezüst, rozsdamentes acél) anyagból készül, és kb. 270 °-os körívben meg van hajlítva. Ha a lapított csőben túlnyomást létesítünk, akkor az ovális keresztmetszetű rugalmas cső igyekszik köralakot felvenni, melynek következtében megnövekszik a cső ívének eredeti sugara.

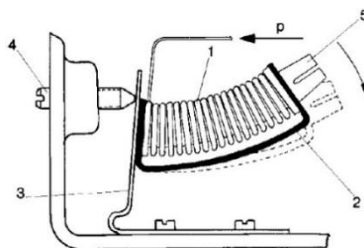


1.2.4. ábra. Bourdon-csőves manométer

A csőív egyik végét lezárják, a nyitott végét pedig egy alaptestben rögzítik, amely egyúttal a mérendő nyomás csatlakoztatására is szolgál. Túlnyomás hatására az ív alakú csőrugó szabad vége elmozdul. Az elmozdulást egy emelő vagy fogaskerék áttétel egy mutatóhoz közvetíti, amely mutató a nyomással kb. arányos kalibrált skála előtt mozogva a nyomás aktuális értékét kijelzi. A túlterhelést ütközővel lehet elhárítani, amely a csőrugó kitérését korlátozza és megakadályozza, hogy a mutató a skála végét jelentősen túlhaladja. A csőrugós manométereket pontossági osztályokba szokták sorolni. A pontossági osztály a skála végkitérésére vonatkoztatott %-os hibahatárt jelenti. Egy 10 bar végkitérésű műszernél például az 1-es pontossági osztály $\pm 0,1 \text{ bar}$ bizonytalanságot jelent az egész mérési tartományon belül mindenütt. A 0,6 vagy ennél kisebb pontossági osztályba sorolt nyomásmérőket finom manométernek nevezik.

A csőmembrános manométer

Az 1.2.5. ábrán látható csőmembrános manométer érzékelője egy harmonikaszerű csőmembrán, amely egy U-alakot képező rugó szárai közé van beépítve. A nyomás hatására a csőmembrán megnyúlik, deformációja a rugó szabad végének elmozdulását eredményezi, amely a nyomással arányos. Alkalmazási területe, mérési tulajdonságai a Bourdon-csőves konstrukcióéval kb. azonosak, azonban kevésbé érzékeny a túlterhelésre



1.2.5. ábra. Csőmembrános manométer

A csőrugós és csőmembrános üzemi- és szervizmanométerek a túlnyomást, valamint a mért nyomás és a légköri nyomás különbségét jelzik *bar* egységben. Amikor $p=0$ -t olvasunk le, akkor a műszer a környezet nyomását mutatja, tehát a referencianyomás ez esetben a légköri nyomás. Az atmoszférikusnál kisebb nyomásértékeket

mint „negatív túlnyomást” jelzik, mely esetben, ebben a tartományban a számjegyek előtt mínuszjel szerepel. Az ilyen műszereket manovákuumméternek nevezik. Az abszolút nyomást, ha szükséges, változatlanul a barometrikus nyomás és a túlnyomás algebrai összegeként kell kiszámítani, akár pozitív, akár negatív túlnyomásról van szó. Kisebb pontossági igényt kielégít a $p_b = 1 \text{ bar}$ légköri nyomás feltételezése is (egyébként barométerrel mérni kell a légköri nyomást is).

Lássunk egy rövid számolási példát erre!

A szervizmanométer $-0,4 \text{ bar}$ túlnyomást mutat. Mennyi az abszolút nyomás közelítő értéke?

Megoldás: $p_{\text{abs}} = p_t + p_b = -0,4 + 1 = 0,6 \text{ bar}$

A 3. fejezetben részletesen ismertetni fogjuk, hogy ha egy könnyen párolgó közeget, például hűtőközeget tartalmazó nyomástartó edényben a hőmérséklet minden pontban kiegyenlítődött, akkor a közeg hőmérséklete és abszolút nyomása között – az anyagra jellemző – egyértelmű összefüggés áll fenn. Ezért az abszolút nyomás meghatározása alapján, ha az összefüggés ismert, egyúttal a hűtőközeg úgynevezett telítési hőmérsékletét is meg lehet állapítani. Ilyenkor a kisebb pontossági igényeket kielégíti az a megoldás is, ha egy túlnyomást kijelző manovákuumméter $p = -1 \text{ bar}$ (túlnyomás) jelzését $p = 0 \text{ bar}$ abszolút nyomásnak véve, a manométer nyomásskálájával párhuzamosan felvisszük az említett összefüggésnek megfelelő hőmérsékletskálát is.

Az ilyen manométerek használatánál nem szabad megfeledkezni arról, hogy a légköri nyomás változása a hűtőközeg telítési hőmérsékletének leolvasásakor hibát jelenthet, hiszen a kijelzés csak akkor pontos, ha a légköri (abszolút) nyomás éppen 1 bar , és alapvető, hogy a hőfokskála csak a megadott hűtőközegre érvényes. Vannak olyan csőrugós manométerek – elsősorban szervizmanométerek – amelyeken párhuzamosan több, különböző hűtőközeg hőfokskála is szerepel.

Egy hűtőberendezés hűtőközeggel való feltöltését megelőző légritkításnak, a vákuumozásnak a jóságát nem a légköri nyomáshoz képest mért „negatív túlnyomás”, a depresszió nagysága, hanem az abszolút nyomás dönti el, mivel az abszolút nyomás arányos a rendszerben bennmaradó levegőmolekulák számával. A hűtőtechnikai igényeknek megfelelő jó vákuum, azaz abszolút nyomás értékének megmérése azonban a szokásos kivitelű manovákuumméterekkel lehetetlen feladat még akkor is, ha a légköri nyomást külön megmérjük. Az üzemi- vagy szervizmanométerek nagy vákuum ellenőrzésére alkalmatlanok! Az 1.2.6. ábrán az ún. hagyományos szervizmanométereket láthatjuk, amelyeknek a skálabeosztása nem teszi lehetővé a finomvákuum megfelelő pontosságának kimutatását.



1.2.6. ábra. Analóg nyomásmérők

Elektronikus nyomás mérők

A nyomásmérés korszerű, egyre jobban terjedő eszközei a piezoelektromos és a piezorezisztív nyomásjeladók, amelyek lehetővé teszik mind az állandósult, mind a gyorsan változó nyomások nagypontosságú mérését bármely, a hűtőtechnikában előforduló nyomástartományban.

A piezoelektromos nyomásjeladók azt a fizikai jelenséget használják fel a nyomás mérésére, hogy bizonyos kristályok (például a kvarc és a turmalin) átellenes felületein nyomás hatására elektromos töltésmegoszlás jön létre. A feltöltődés mértéke a nyomással arányos, és azt gyakorlatilag késleltetés nélkül követi. A kristállyal párhuzamosan kapcsolt kondenzátor sarkain a töltéssel arányos feszültség jelenik meg.

A piezorezisztív nyomásérzékelő

A piezorezisztív nyomásérzékelő lényegét tekintve egy kisméretű membrán-vákuumméter, amelynek membránját egy vékony, rugalmas szilíciumlapka képezi. Ebbe a lapkába diffúziós eljárással kiképzett ellenállások épültek be. Az ellenállások mechanikusan a szilícium-membrán részét képezik, de attól elektromosan függetlenek, szigeteltek. A bediffundáltatott ellenállások, mint nyúlásmérők működnek: a nyomás hatására a membrán felülete megnyúlik, a nyúlás a lapkában kiképzett vezetőcsíkok hosszát és ezzel együtt annak villamos ellenállását is növeli. A sérülésre igen érzékeny szerkezet védelmét a kvarc-membrán feletti térbe töltött folyadék biztosítja, amelyet vékony fémmembrán választ el a közegtől, amelynek nyomását mérjük. Ha a gyártás során a mérőcella membrán alatti terét teljesen levákuumolják, akkor a referencianyomás nulla és az

érzékelő az abszolút nyomást méri. Ha a cella belső teréhez is csatlakoztatható nyomás, akkor az érzékelő túlnyomásmérőként (vagy nyomáskülönbség mérőként is) működhet.

A piezoelektromos, illetve a piezorezisztív nyomásérzékelők villamos jeleit (feszültség- vagy ellenállásváltozást) kézi vagy központi elektronikus jelátalakítókkal nyomásértékként kapjuk meg késleltetés nélkül és igen nagy pontossággal. Az elektronikus nyomásmérő szervizműszerek általában digitális számjegy kijelzésűek, de például a vákuumozáshoz használt eszközök gyakran csak a nyomás nagyságrendjéről adnak (felgyulladó lámpasorozattal) lépésenként tájékoztatást.

Napjainkban a 1.2.7. ábrán látható elektronikus finomvákuummérők terjedtek el leginkább a gyakorlati használatban.



1.2.7. ábra. Elektronikus nyomásmérő szervizműszer

A nyomásmérés gyakorlata

A műszer kiválasztásakor mindenekelőtt arra kell ügyelni, hogy a műszer szerkezeti anyagai megfelelnek-e annak a közegnek, amelynek nyomását mérni akarjuk (például ammónia nyomásának méréséhez a műszer közegnek kitett elemei nem lehetnek rézből). Ha állandósult, illetve lassan változó nyomások pillanatnyi értékének meghatározása a feladat (például szervizmunka során), akkor a mechanikus rendszerű műszerek is megfelelőek. Ha azonban a nyomás változását folyamatosan követni kell, akkor a megfelelő regisztráló szerkezettel kiegészített elektronikus jeladók használata nélkülözhetetlen. Minden esetben ügyelni kell arra, hogy a várható nyomásnak megfelelő nyomáshatárú műszert használjunk. Az a legkedvezőbb, ha a kijelzett érték a végkitérésnek kb. $2/3 - 3/4$ -e lesz, mert ilyenkor legnagyobb a kijelzés pontossága. A túl nagy végkitérésű műszer általában pontatlan, a túl alacsony méréshatárú pedig túlterhelődhet. Nagyon fontos minden fajta nyomásmérésnél, hogy a műszert a mérőeszközzel összekötő csővezeték megfelelően gáztömör legyen. A szivárgás nemcsak a gázszökés esetleges káros hatásai miatt megengedhetetlen, hanem a mérés pontosságát is erősen lerontja, akár kis, akár nagy nyomások méréséről van szó. A nyomásváltozás mérésekor, különösen, ha gyors nyomásváltozás méréseéről van szó (például egy kompresszorban lejátszódó nyomásváltozásnál az úgynevezett indikálásról), akkor piezoelektromos érzékelőt célszerű használni. Az összekötő csővezeték rövid hosszúságú és nagy keresztmetszetű legyen, hogy a változásokat ne csillapítsa. A különféle vezetékrendszerekben mechanikus és hidraulikus műszerekkel mérhető állandósult vagy lassan változó nyomásokra a hűtőberendezésekben gyakran „rárakódnak” (szuperponálódnak) kisebb-nagyobb intenzitású nyomáslengések (a kompresszor, a szivattyú vagy a ventilátor egyenetlen üzeme miatt), melyek a műszert lengésbe hozhatják, miáltal nemcsak a mérést zavarják, hanem a műszer károsodását is okozhatják. Ezeket a lengéseket csillapítani kell. Egyes műszerek mechanikus kijelzőszerkezetei csillapító folyadékban mozognak, de csillapítást eredményez a műszervezetékben létrehozott fojtás is. A műszer előtti elzárószelep vagy csap részleges fojtása azonban veszélyes, mert teljes lezárást is eredményezhet, amit nem lehet észrevenni, ezért csak egy, a mérővezetékbe iktatott kapilláris csőszakasz beépítését lehet erre a célra javasolni.

1.3 Fogalomjegyzék

A továbbiakban a hűtőtechnikában gyakran használt szakmai fogalom meghatározásokat soroljuk fel a fluortartalmú üvegházhatású gázokról és a 842/2006/EK rendelet hatályon kívül helyezéséről szóló 517/2014/EU rendelet 2. cikke alapján.

1.3.1 Fogalom meghatározások a rendelet alkalmazásában:

1. „fluortartalmú üvegházhatású gázok”: fluorozott szénhidrogének, perfluor-karbonok, kén-hexafluorid és egyéb, fluort tartalmazó üvegházhatású gázok, az I. mellékletben felsoroltak szerint, vagy az ezen anyagok bármelyikét tartalmazó keverékek;

2. „fluorozott szénhidrogének vagy HFC-k”: az I. melléklet 1. szakaszában felsorolt anyagok, vagy az ezen anyagok bármelyikét tartalmazó keverékek;
3. „perfluor-karbonok vagy PFC-k”: az I. melléklet 2. szakaszában felsorolt anyagok, vagy az ezen anyagok bármelyikét tartalmazó keverékek;
4. „kén-hexafluorid vagy SF₆”: az I. melléklet 3. szakaszában felsorolt anyag, vagy az ezt az anyagot tartalmazó keverékek;
5. „keverék”: két vagy több olyan anyagból álló folyadék, amelyek közül legalább az egyik az I. vagy a II. mellékletben felsorolt anyag;
6. „globális felmelegedési potenciál vagy GWP”: az üvegházhatású gázok éghajlat-felmelegedést okozó, széndioxidhoz viszonyított potenciálja, amelyet úgy kell kiszámítani, hogy egy üvegházhatású gáz egy kilogrammjának 100 éves időszakra vonatkozó felmelegedési potenciálját viszonyítani kell egy kilogramm CO₂ ugyanezen potenciáljához, az I., II. és IV. mellékletben foglaltaknak megfelelően, keverékek esetében pedig a IV. melléklettel összhangban kiszámítva;
7. „tonna CO₂-egyenérték”: az üvegházhatású gázok mennyisége, az üvegházhatású gázok metrikus tonnában megadott tömegének és globális felmelegedési potenciáljának szorzataként kifejezve;
8. „üzemeltető”: az a természetes vagy jogi személy, aki, illetve amely az e rendelet hatálya alá tartozó termékek és berendezések technológiai működése felett tényleges ellenőrzést gyakorol; a tagállamok meghatározott, egyedi helyzetekben a tulajdonost jelölhetik meg az üzemeltető kötelezettségeiért felelős személyként;
9. „felhasználás”: a fluortartalmú üvegházhatású gázok felhasználása termékek vagy berendezések gyártása, karbantartása vagy szervizelése során, beleértve az újratöltést is, vagy más, e rendeletben említett folyamatok során;
10. „forgalomba hozatal”: másik fél részére első alkalommal, ellenérték fejében vagy ingyenesen történő átadás vagy rendelkezésre bocsátás az Unión belül, vagy gyártó esetében a saját célra történő felhasználás, beleértve az Unión belüli szabad forgalomba történő bocsátást is;
11. „hermetikusan zárt berendezés”: olyan berendezés, amelyben a fluortartalmú üvegházhatású gázt tartalmazó valamennyi komponens hegesztéssel, keményforrasztással, illetve hasonló tartós csatlakozással gáztömören készül, ez utóbbi csatlakozás magában foglalhat zárósapkás szelepeket és zárósapkás szervizcsatlakozókat, amelyek a megfelelő javítást és ártalmatlanítást segítik, és amelyeknek igazolt szivárgási mértéke a maximálisan megengedhető nyomás legalább egynegyedének megfelelő nyomás mellett kevesebb, mint 3 gramm évente; 2014.5.20. Az Európai Unió Hivatalos Lapja L 150/199 HU
12. „tartály”: olyan termék, amelyet elsősorban fluortartalmú üvegházhatású gázok szállítására vagy tárolására terveztek;
13. „nem utántölthető tartály”: olyan tartály, amely az e célból végrehajtott átalakítás nélkül nem tölthető újra, vagy az újratöltés céljából való visszaszolgáltatásra vonatkozó előírás nélkül került forgalomba;
14. „visszanyerés”: termékekből – ideértve a tartályokat is – és berendezésekből származó fluortartalmú üvegházhatású gázok összegyűjtése és tárolása a termékek vagy berendezések karbantartása vagy szervizelése során, illetve azok ártalmatlanítását megelőzően;
15. „újrahasznosítás”: visszanyert, fluortartalmú üvegházhatású gázoknak az alapvető tisztítást követő újrafelhasználása;
16. „regenerálás”: visszanyert, fluortartalmú üvegházhatású gáz oly módon való újrafeldolgozása, hogy a tervezett felhasználásra tekintettel a gáz ugyanolyan tulajdonságokkal rendelkezzen a teljesítményszintet illetően, mint egy gyári új anyag;
17. „ártalmatlanítás”: az a folyamat, amelynek során az összes fluortartalmú üvegházhatású gázt vagy annak túlnyomó részét állandó jelleggel átalakítják vagy lebontják egy vagy több olyan stabil anyaggá, amely nem fluortartalmú üvegházhatású gáz;
18. „használaton kívül helyezés”: fluortartalmú üvegházhatású gázokat tartalmazó termék vagy berendezés végleges leszerelése és műveletből vagy használatból való kivonása;
19. „javítás”: fluortartalmú üvegházhatású gázokat tartalmazó, illetve ilyen gázokkal működtetett, károsodott vagy szivárgó olyan termékek vagy berendezések helyreállítása, amelyek egy része tartalmaz ilyen gázokat, vagy e célra tervezték;
20. „telepítés”: fluortartalmú üvegházhatású gázt tartalmazó, vagy e célra tervezett berendezések két vagy több alkatrészének vagy hűtőkörének összeszerelése az adott rendszer leendő használati helyén történő felállítása céljából, amely azzal jár, hogy a rendszer gázszállító vezetékeinek összeszereléséből egy teljes hűtőkört alakítanak ki, függetlenül attól, hogy összeállítás után a rendszert fel kell-e tölteni;
21. „karbantartás vagy szervizelés”: az e rendelet 8. cikke szerinti visszanyerés és a 4. cikkében, valamint a 10. cikke (1) bekezdésének b) pontja szerinti szivárgásvizsgálat kivételével minden olyan tevékenység, amely fluortartalmú üvegházhatású gázt tartalmazó vagy e célra tervezett hűtőkörbe történő beavatkozással jár, különös tekintettel a rendszer fluortartalmú üvegházhatású gázzal való feltöltésére, a hűtőkör vagy a berendezés egy vagy több alkatrészének eltávolítására, illetve ezek újbóli összeszerelésére, valamint a szivárgás megszüntetésére;
22. „gyári új anyagok”: korábban nem használt anyagok;
23. „helyhez kötött”: működés közben szokásos körülmények között nincs mozgásban, ideértve a hordozható beltéri légkondicionáló berendezéseket is;

24. „mobil”: működés közben szokásos körülmények között mozgásban van;
25. „egykomponensű hab”: egyterű aeroszoladagolóban, szabad vagy részben kötött, folyékony halmazállapotban tárolt habvegyület, amely az adagolóból való távozásakor kitágul és megszilárdul;
26. „hűtőkamion”: elsősorban áruszállításra tervezett és gyártott, hűtőegységgel felszerelt, 3,5 tonnánál nagyobb össztömegű gépjármű;
27. „hűtőpótkocsi”: kamion vagy vontató általi vontatásra, elsősorban áruszállításra tervezett és gyártott, hűtőegységgel felszerelt jármű;
28. „technikai aeroszol”: termékek és berendezések karbantartása, javítása, tisztítása, tesztelése, rovarmentesítése és gyártása, berendezések telepítése és más alkalmazások során felhasznált aeroszoladagoló;
29. „szivárgásészlelő rendszer”: fluortartalmú üvegházhatású gázok szivárgását jelző, mechanikus, elektromos vagy elektronikus kalibrált készülék, amely szivárgás észlelésekor riasztja az üzemeltetőt;
30. „vállalkozás”: olyan természetes vagy jogi személy, aki: a) fluortartalmú üvegházhatású gázokat gyárt, felhasznál, visszanyer, gyűjt, újrahasznosít, regenerál vagy ártalmatlanít; b) fluortartalmú üvegházhatású gázokat vagy ilyen gázokat tartalmazó termékeket vagy berendezéseket importál vagy exportál; c) fluortartalmú üvegházhatású gázokat vagy ilyen gázokat tartalmazó, illetve ilyen gázokkal működtetett termékeket vagy berendezéseket hoz forgalomba; d) fluortartalmú üvegházhatású gázokat tartalmazó, illetve ilyen gázokkal működtetett berendezéseket telepít, szervizel, tart karban, javít, ellenőriz szivárgás tekintetében, vagy helyez használaton kívül; L 150/200 Az Európai Unió Hivatalos Lapja 2014.5.20. HU e) fluortartalmú üvegházhatású gázokat tartalmazó, illetve ilyen gázokkal működtetett berendezések üzemeltetője; f) a II. mellékletben felsorolt gázokat gyárt, importál, exportál, hoz forgalomba vagy ártalmatlanít; g) a II. mellékletben felsorolt gázokat tartalmazó termékeket vagy berendezéseket hoz forgalomba;
31. „alapanyag”: olyan fluortartalmú üvegházhatású gáz vagy a II. mellékletben felsorolt anyag, amelynek eredeti összetétele egy kémiai átalakulás során teljes mértékben megváltozik, és amelynek kibocsátása jelentéktelen;
32. „kereskedelmi célú felhasználás”: termékeknek a kiskereskedelemben és az élelmiszerellátó helyeken a végfelhasználó számára való értékesítés céljából történő tárolása, bemutatása vagy kiadása;
33. „tűzvédelmi berendezés”: tűz megelőzési és tűz elfojtási alkalmazásokban használt berendezések és rendszerek, ideértve a tűzoltó készülékeket is;
34. „szerves Rankine-ciklus”: fluortartalmú üvegházhatású gázt kondenzált formában tartalmazó körfolyamat, amely a hőforrásból származó hő villamos energiává vagy mozgási energiává alakítja;
35. „katonai felszerelés”: kifejezetten katonai célokra szánt, a tagállamok alapvető biztonsági érdekeinek védelméhez szükséges fegyverek, lőszer és hadianyagok;
36. „elektromos kapcsolóberendezés”: minden olyan kapcsolókészülék, illetve annak vezérlő-, mérő-, védő- és szabályozóberendezéssel ellátott szerelvénye, a hozzá tartozó csatlakozókkal, tartozékokkal, készülékházzal és tartószerkezetekkel együtt, amely villamos energia termelésére, átvitelére, elosztására és átalakítására szolgál.
37. „csoportaggregátos központi hűtőrendszerek”: kettő, vagy annál több párhuzamosan üzemeltetett kompresszorból álló rendszer, amelyek egy vagy több közös kondenzátorhoz és több hűtőberendezéshez, például bemutatóvitrinekhez, hűtőszekrényekhez, mélyhűtőkhöz vagy hűtött raktárhelyiségekhez csatlakoznak.
38. „kaszádrendszerek felső fokozatú hűtőköre”: olyan közvetett, közepes hőmérsékletű rendszerek felső fokozatú hűtőköre, amelyben kettő, vagy annál több különálló hűtőkör kombinációjának sorba kapcsolása révén a felső fokozatú hűtőkör elnyeli az alsó fokozatú közepes hőmérsékletű hűtőkörből származó kondenzátorhőt.
39. „osztott mono légkondicionáló rendszerek”: olyan beltéri légkondicionáló rendszerek, amelyek egy kültéri egységből és egy beltéri egységből állnak, az egységeket hűtőcsövek kapcsolják össze, és a rendszert a használat helyén kell telepíteni.

A fent felsorolt alapfogalmak a tananyagban többször részletes kifejtés nélkül említésre kerülnek, ezért találtak fontosnak itt felsorolni őket.

1.4 A termodinamika alapvető törvényszerűségei

Ezeket a törvényszerűségeket a termodinamika I. és a II. főtételében fogalmazták meg.

Az I. főtétel megértéséhez emeljünk ki három fogalmat, melyeknek összefüggéséről szól maga a tétel!

Belső energia: az anyagot alkotó részecskék mozgásából származó energiakészlet.

Jele: U

Hő: két különböző hőmérsékletű rendszer között átadódó energiamennyiség.

Jele: Q

Munka: az energiaátadás egyik formája, a legegyszerűbben megfogalmazva az erőhatás és az erőhatás következtében történő elmozdulás szorzata.

Jele: W

A termodinamika I. főtétele: A rendszer által felvett hőmennyiség és a rendszer által kifejtett külső munka összege egyenlő a belső energia megváltozásának mértékével. Ez hétköznapiabb szavakkal kifejezve azt is jelenti, hogy nem lehet olyan gépet szerkeszteni, ami energia felhasználása nélkül folyamatosan munkát végezne.

A természetben végbemenő folyamatok megfigyelése alapján könnyen arra a következtetésre juthatunk, hogy a termodinamikai folyamatok önmaguktól mindig csak egy irányba játszódnak le. Ez természetesen nem jelenti azt, hogy ténylegesen visszafordíthatatlanok, mindössze annyit jelent, hogy a megfordításukhoz külső munkavégzés szükséges.

A termodinamika II. főtétele kimondja azt, amit saját tapasztalataink is mutatnak, hogy a hő energiabefektetés nélkül magasabb hőmérsékletű testről az alacsonyabb hőmérsékletű felé áramlik. Ha ellenkező irányba szeretnénk vándoroltatni, munkát kell végeznünk, energiát kell befektetnünk. Az I. főtétel korábbi megfogalmazását újra felidézve azt mondhatjuk, hogy olyan gép sem készíthető, ami periodikusan működve munkát végezne csupán a környezetének termikus energiáját felhasználva.

A spontán lejátszódó termodinamikai folyamatok jellemzője, hogy a rendszerben kiegyenlítődési folyamatok játszódnak le (például hőmérséklet, nyomás kiegyenlítődése), a folyamat egyre lassul, a rendszer pedig közeledik az egyensúlyi állapothoz. Ha azt akarjuk, hogy a folyamat újra kezdődjön, energiát kell befektetnünk és létre kell hoznunk egy körfolyamatot.

A termodinamikai körfolyamat olyan állapotváltozások sora, melyeknél a rendszer újra és újra visszatér eredeti állapotába. A ciklus végén az állapotjelzők eredeti értéküket veszik fel újra, ennek ismétlődése lehetővé teszi a folyamatos működést. A folyamat során a munkaközeg állapotát változtatjuk mesterséges feltételek kialakításával.

1.5 A hűtőkörfolyamat alapismeretei

A körfolyamat létrehozásának célja, hogy általa a hőt munkává alakítsunk vagy munka befektetésével hőt szállítsunk alacsonyabb hőmérsékletű helyről magasabb hőmérsékletűre. Ez utóbbit nevezzük hőszivattyúzásnak vagy más néven mesterséges hűtésnek. A legelterjedtebb hűtési rendszer a kompresszoros hűtés, ami mechanikai munkát hasznosít a hűtés érdekében, ezt foglaljuk össze az alábbi pontokban.

A kompresszoros hűtőkörfolyamatban a hűtőközeg nyomása, hőmérséklete és ezek alapján halmazállapota változik, ennek eredménye a hő megfelelő irányú áramlása. A párolgó folyadék hűti a környezetét, a keletkező gőz pedig újra cseppfolyósítható.

1.5.1 A hűtőkörfolyamat

A hűtőkörfolyamat a következő lépések egymásutánjából áll:

1. Izotermikus hőfelvétel

Az állandó, alacsony hőmérsékleten lejátszódó folyamat során a munkaközeg elpárolog és hőt von el a környezetétől, a hűtött közegtől.

2. Adiabtikus kompresszió

A gőz állapotú munkaközeg nyomásának, ezáltal hőmérsékletének megnövelése, miközben a rendszer és a környezete között hőátadás nem történik.

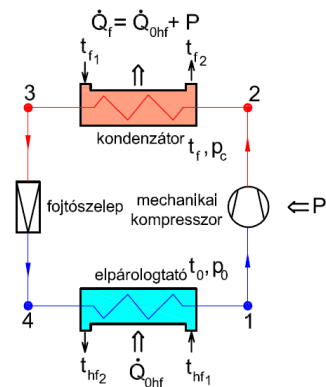
3. Izotermikus hőleadás

A munkaközeg kondenzációja, állandó magas hőmérsékleten történő cseppfolyósítása.

4. Adiabtikus expanzió

A folyadék halmazállapotú hűtőközeg nyomásának, ezáltal hőmérsékletének csökkentése hőátadás nélkül.

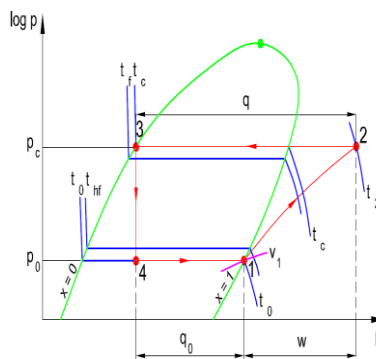
A hűtőkörfolyamat egyszerű ábrázolását láthatjuk az 1.5.1. ábrán:



1.5.1. ábra. Hűtőkörfolyamat

A hűtőközeg az elvárológatóban (p_o alacsony nyomáson és t_o hőmérsékleten) 4→1 elvárológatva (q_o) hőt von el a hőforrásból, majd a keletkezett gőzt a kompresszor (w) mechanikai munka befektetése árán a kondenzátorba szállítja egy magasabb p_c nyomásra 1→2. A kondenzátorban a hűtőközeg leadja a q (hasznos) hőjét a fűtendő közegnek 2→3 és folyadék állapotba kerül. A cseppfolyósított nagynyomású hűtőközeg az expanziós szelepen áthaladva nyomáscsökkenés (fojtás) 3→4 után az elvárológatóba kerül. A halmazállapot- és nyomásváltozások ilyen körfolyamaton keresztül mennek végbe és a kompresszor működtetéséig folyamatosan ismétlődnek.

A gőzközegű kompresszoros hőszivattyú körfolyamat log p - h diagramja az 1.5.2. ábrán látható.

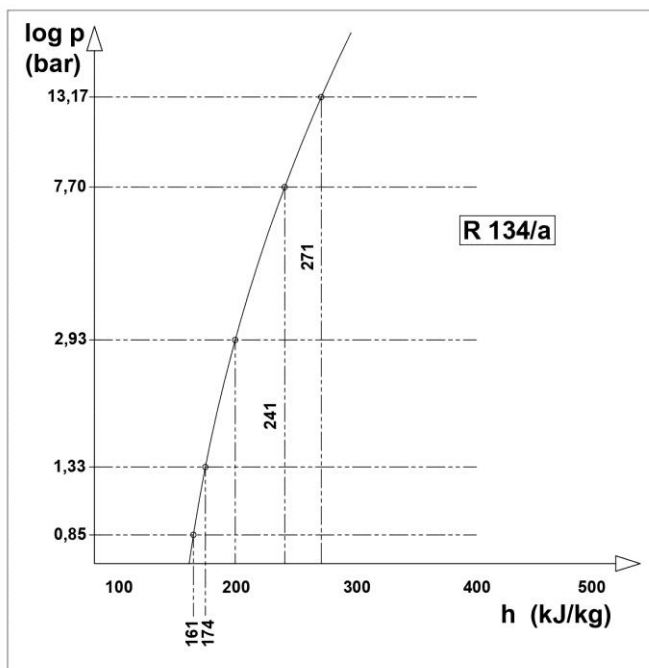


1.5.2. ábra. Gőzközegű kompresszoros hőszivattyú körfolyamat log p - h diagramja

Ahhoz, hogy elméletben megfelelően tudjuk ábrázolni a hűtési körfolyamatok működését és az ábrázolást alkalmazni is tudjuk, alaposan meg kell ismernünk a hűtőközegek log p - h diagramjának felépítését. A hűtőtechnika területén a hűtőközegek olyan állapotdiagramjaira van szükség, amelyek segítségével szemléltetni és számítani is lehet az energiaátalakulási, energiaátviteli folyamatokat.

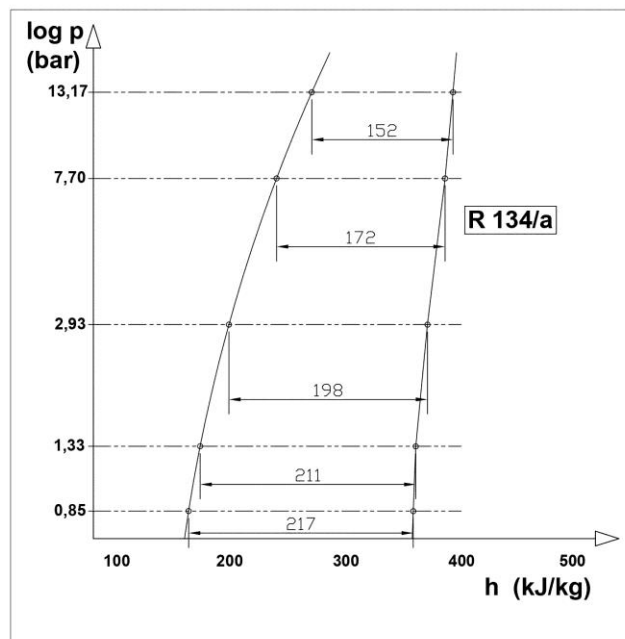
Elsősorban azokat az állapotdiagramokat használjuk, amelyek egyik tengelyén a fajlagos entalpia szerepel. A legelterjedtebb a Bánki Donát által javasolt p - h diagram, amely később Mollier javaslata alapján log p - h diagram formájában terjedt el. A diagram függőleges tengelyén a „ p ” nyomás skálája található, Mollier javaslata alapján nem lineáris, hanem logaritmusos osztással, ami azt jelenti, hogy a nyomásértékek nem egyenletes ütemben, hanem logaritmusuk arányában növekednek. Ennek az ábrázolási módnak az az előnye, hogy a hűtőközegek hűtőtechnikai szempontokból fontos nyomástartományát rövidebb szakasszal lehet ábrázolni. De az is kedvező, hogy így a kisebb nyomások tartományában ritkább, a nagyobbakéban sűrűbb az osztás, és ezzel a függőleges tengely mentén a nyomáshoz tartozó telítési hőmérsékletek növekedése egyenletesebb lesz. A vízszintes tengelyen a „ h ” fajlagos entalpia skáláját találjuk. Ennek az osztása egyenletes (lineáris). Már említettük, hogy az entalpiának csupán a változása fontos az állapotváltozások értékelése szempontjából, ezért a $h = 0$ entalpia-alappont helye tetszés szerinti lehet a diagram vízszintes tengelyén. A legtöbb ma forgalomba kerülő log p - h diagramban (és táblázatban) a hűtőközeg 0°C hőmérsékletű telített folyadékállapotához $h' = 200 \text{ kJ/kg}$ fajlagos entalpiaértéket rendelnek. Ezzel a módszerrel azt lehet elérni, hogy a hűtőközeg mindazon állapotaihoz, amelyek hűtőtechnikai szempontból jelentősek, pozitív entalpiaértékek tartoznak, akár alacsony, akár magas forráspontú hűtőközegekről van szó, és az entalpiakülönbségek képzésekor soha nem kell negatív számokkal dolgozni. Nagyon fontos, hogy egy adott hűtőközegefajtához csak azonos alappontú gőztáblázatokat és diagramokat használjunk! A log p - h diagramok, ugyanúgy, mint a hűtőközegek gőztáblázatai, egységnyi tömegű ($m = 1 \text{ kg}$) közegre vonatkoznak, tehát a belőlük nyerhető adatok a p nyomás és t hőmérséklet

kivételével fajlagos értékek. Az SI rendszerben $\log p$ - h diagramokban a p nyomás bar egységekben, a hőmérséklet $^{\circ}\text{C}$ egységekben található, a többi állapotjelző pedig SI-mértékegységekkel szerepel. Az angolszász országokban ettől eltérő mértékrendszer is használatos. Az ilyen diagramok és gőztáblázatok átszámítása a függelékben található átszámítási táblázat alapján lehetséges, de igen nagy körültekintést és figyelmet igénylő feladat. A $\log p$ - h diagram mérési adatok alapján kidolgozott gőztáblázat adatpárjainak felhasználásával építhető fel. Természetesen minden hűtőközeghez külön-külön diagramot kell készíteni. A felépítés bemutatására először egy egyanyagú tiszta hűtőközeg, az R134a hűtőközeg állapotjelzői közül a p - h' (nyomás-telített folyadék entalpia) adatpárokat ábrázoljuk az 1.5.3. ábrán.



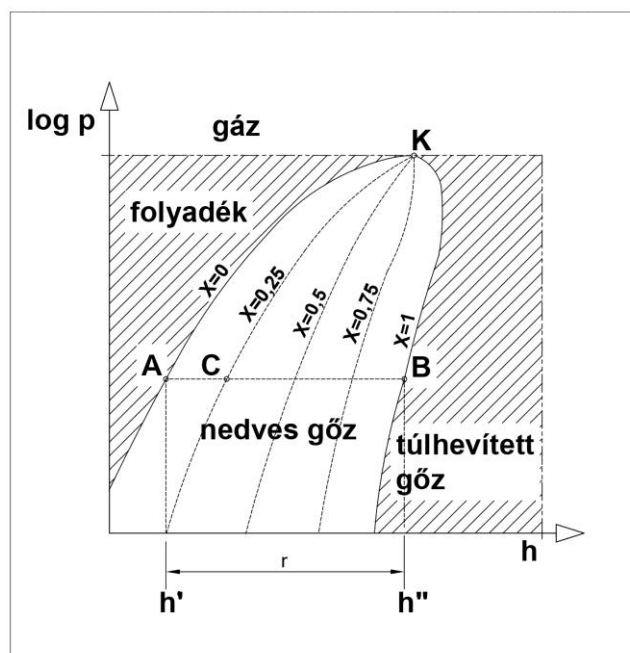
1.5.3. ábra. R134a hűtőközeg $\log p$ - h diagramja

Először a $p = 2,93 \text{ bar}$ magasságban húzunk egy párhuzamos vonalat a h tengellyel, majd a $h = h' = 200 \text{ kJ/kg}$ értékből indulva a p tengellyel húzunk párhuzamost. A metszéspont fogja a $t = 0^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletű telített folyadékállapotot ábrázolni. A módszert folytatva az így kapott pontokat összekötő görbe a telített folyadékállapotokat ábrázolja. Ezután a megfelelő párolgási hő (r) értékeit az előzőleg kapott pontokból kiindulva felmérjük. Az újabb pontsört összekötő görbe a telített gőzállapotok görbéje lesz (1.5.4. ábra).



1.5.4. ábra. R134a hűtőközeg telített gőzállapotainak görbéje

Ha a határgörbék – megfelelő adatpárok birtokában – fölfelé meghosszabbítjuk, azok egyetlen pontban futnak össze, ez az úgynevezett kritikus pont (1.5.5. ábra).

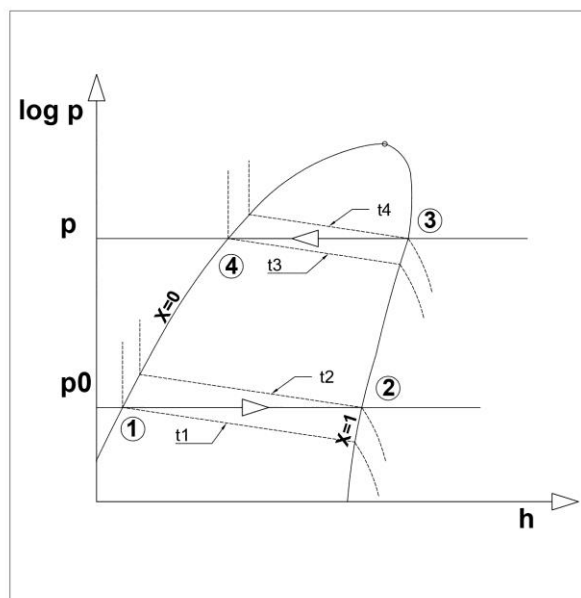


1.5.5. ábra. Kritikus pontja ábrázolása

Ebben a kritikus pontban az elpárolgási entalpia $r = 0$. A határgörbék mezőkre osztják a diagramot. A baloldali határgörbe mentén a közeg telített folyadékállapotú, fajlagos gőztartalma: $x = 0$. Ettől balra a túlűtött (a telítettségénél kisebb hőmérsékletű) folyadékállapotok találhatók. A jobboldali határgörbe mentén a közeg teljesen gőzállapotú, úgynevezett száraz telített gőz, a fajlagos gőztartalom: $x = 1$. A tőle jobbra eső mezőben a közeg túlűtött gőz állapotú. A kritikus pont fölötti tartományban a két halmazállapot között nincs különbség. A kritikus ponthoz tartozó kritikus nyomásnál nagyobb nyomáson a közeg nem lehet cseppfolyósítani, az ilyen állapotú közeg nevezük gáznak. A két határgörbe közötti területen a telített folyadék és a telített gőz keverékállapotai találhatók. E keverék folyadék- és gőzfázisa gyakran egy gőz-, valamint folyadékrészecskékből álló elegyet képez, amelyet nedves gőznek nevezünk. A két

Az azeotróp hűtőközeg-keverékek $\log p-h$ diagramjai – minthogy az azeotróp keverékek pontosan úgy viselkednek, mint az egyanyagú közegek – felépítésüket és a használatukat tekintve is teljesen megegyeznek a tiszta (egykomponensű) hűtőközegek eddig tárgyalt diagramjaival.

A zeotróp keverékek (blendek) hőmérséklete azonban – mint ahogy azt az előzőekben részleteztük – állandó nyomású elpárolgás és kondenzáció közben nem marad állandó, kisebb-nagyobb hőmérsékletváltozás: „csúszás” (glide) tapasztalható. A zeotróp keverékek $\log p-h$ diagramjaiban ez úgy jelentkezik, hogy az izotermák a nedvesgőz mezőben nem vízszintesek, hanem ferdék (1.5.12. ábra).



1.5.12. ábra. „csúszás” (glide) $\log p-h$ diagramban ábrázolva

Az állandó nyomás mellett végrehajtott elpárolgatás folyamán a hőmérséklet nő: $t_2 > t_1$; kondenzálódás közben pedig csökken; $t_4 < t_3$. Az egyanyagú hűtőközegekkel való összehasonlíthatóságuk érdekében a p_0 elpárolgási nyomáson a telített gőz hőmérsékletét (t_2) tekintik elpárolgási hőmérsékletnek, a p kondenzálódási nyomáson pedig a telített folyadék hőmérsékletét (t_4) tekintik a kondenzációs hőmérsékletnek.

Egyéb tekintetben a zeotróp blendek $\log p-h$ diagramjának használata megegyezik az azeotróp hűtőközeg keverékek, illetve a tiszta, egyanyagú hűtőközegek $\log p-h$ állapotdiagramjainak a használatával.

A zeotróp blendek diagramjai mindig csak egy meghatározott összetételű keverékre érvényesek. Ha a hűtőközeg komponenseinek aránya bármely okból megváltozik (pl. a könnyebben párolgó komponens nagyobb arányú szökése következtében), a zeotróp közeg tulajdonságai megváltoznak és az eredeti összetételű keverék diagramja megbízhatatlanná és emiatt használhatatlanná válik.

1.6 A hűtőkörfolyamat rendszerelemei

A hűtőközeg állapotváltozásai a körfolyamat különböző részein, külön-külön elemekben valósulnak meg. Ennek megfelelően a kompresszoros hűtőkörfolyamat rendszerelemei a következő gépek.

1.6.1 Rendszerelemek a hűtőkörfolyamatban

1. Elpárolgató

A hőfelvétel az elpárolgatóban, vagyis egy felületi hőcserélőben, kis nyomáson és alacsony hőmérsékleten valósul meg. Az ide érkező hűtőközeg nedves gőz állapotú. A hőcserélőben a folyadékfázisú hűtőközeg teljesen elpárolg, gőzállapotúvá válik, ezáltal hőt vesz fel a hűtött közegből. Az elpárolgatóból túlhevített gőz távozik. A szívóvezetékben a hűtőközeg nyomása csökken, a környezetéből hőt vesz fel, így a kompresszorhoz magasabb hőmérsékletű hűtőközeg érkezik.

2. Kompresszor

A kompresszor egy dugattyú segítségével képes a beérkező gőzt sűríteni, vagyis térfogatát csökkenteni, és ez által nyomását fokozni. A hűtőközeg hőmérséklete emelkedik, ez a nagy nyomású és magas hőmérsékletű gőz áramlik tovább a nyomóvezetékben a kondenzátor felé. A kompresszor működése során a befektetett mechanikai energia nagy részét hőenergiává, illetve nyomási energiává alakítja.

3. Kondenzátor

A kondenzátor egy nagy felülettel rendelkező hőcserélő, melyben nagy nyomáson, magas hőmérsékleten történik meg a hőleadás. Az ide érkező túlhevített hűtőközeg gőz egy természetes hűtőközegnek (víz vagy levegő) leadja a hőt, majd lehűlve kondenzálódik, azaz ismét folyadék halmazállapotúvá válik és tovább halad az adagoló felé.

4. Adagoló

Az adagolónak vagy más néven fojtószerkezetnek két funkciója van a hűtőkörfolyamatban. Egyrészt szűk keresztmetszetével lecsökkenti a rajta áthaladó hűtőközeg nyomását, ezzel együtt természetesen a hőmérsékletét is, másrészt szabályozza az elpárologtatóba visszakerülő hűtőközeg mennyiségét.

Abszorpciós hűtési körfolyamat

A továbbiakban tegyünk egy rövid kitekintést az abszorpciós hűtési körfolyamatra! Ennek alapja, hogy a zárt körfolyamatot nem mechanikai munka, hanem hőenergia felhasználásával tartjuk fenn. A hűtőgép ez esetben is egy elpárologtatóból, kondenzátorból és fojtószelepből áll, ám a kompresszort egy olyan berendezés helyettesíti, amit egy oldó, kiűző, szivattyú és fojtószelep alkot. Ezt nevezhetjük termokémiai kompresszornak is. A munkaközegek pedig két közegek; a hűtőközeg és az oldószer, pl. $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ többkomponensű, víz-ammónia keverék közegek.

A berendezés működése vázlatosan a következő:

1. Az elpárologtatóban a hűtőközeg alacsony hőmérsékleten, alacsony nyomáson elpárolog, miközben hőt von el a hűtendő közegtől.
2. Az elpárologott ammónia az oldóba (abszorberbe) jut, ahol vízben elnyelődik, miközben hő keletkezik. Ezt hűtővízzel el kell vonni. Az oldat az oldóból a kiűzőbe szivattyú segítségével jut, ahol magas hőmérsékleten és nyomáson az ammónia gőz kiűzhető az oldatból.
3. A kondenzátorban a hűtőközeg ismét cseppfolyósítható.
4. Végül a fojtószelepen keresztül visszajuttatható az elpárologtatóba és újratekerni a körfolyamat.

Az abszorpciós hűtőberendezés kevésbé gazdaságosan működik és jóval nagyobb a vízigénye, mint a kompresszorosnak. Olyan helyeken gazdaságos az alkalmazása, ahol hulladékhőt tudnak hasznosítani, illetve a hűtővíz nagy mennyiségben rendelkezésre áll.

1.6.2 A hűtőteljesítmény szabályozása

A hűtőberendezések működése kapcsán fontos azt is leszögeznünk, hogy ezek általában változó külső feltételek mellett üzemelnek, ugyanakkor biztosítaniuk kell a hűtött közeg előírt hőmérsékletét, tehát szükség van a hűtőteljesítmény szabályozására. A hűtőteljesítményre mind a hűtött, mind a természetes hűtőközeg hatással van, azoknak hőmérséklete és tömegárama egyaránt befolyásolja a hűtőteljesítményt. A hűtőteljesítmény szabályozásának célja, hogy a berendezés hűtőteljesítménye és az elszállítandó hőáram mennyisége azonos legyen, valamint a fajlagos energiafogyasztás részterhelés esetén se növekedjen. Az alábbiakban összefoglaljuk a feltételek biztosításának lehetséges módjait.

1.6.2.1 Szabályozó berendezések

A szabályozás egy zárt láncú folyamat, melyben mérjük egy adott jellemző értékét, összehasonlítjuk a meghatározott alapértékkel és beavatkozunk az eltérés megszüntetése érdekében. A beavatkozáshoz energiára van szükség. Ha ez az energia az érzékelőből származik, akkor segédenergia nélküli, egyébként segédenergiával működő szabályozásról van szó. Megkülönböztetünk folytonos és állásos szabályozókat, az utóbbiakon belül pedig kétállású, valamint többfokozatú állásos szabályozókat.

Segédenergia nélküli szabályozók

1. Állásos szabályozók

A kétállású (vagy más néven kétpont-) szabályozók legjellemzőbb képviselői a hőmérsékletszabályozásra alkalmas termosztátok és a nyomásszabályozást megvalósító presszosztátok. Az érzékelőjük egy csőmembrán, ami a hőmérséklet vagy a nyomás változására mozgásba hoz egy rudat, ezáltal átbillentve egy kapcsolót. A kapcsoló megszakítja, illetve újra zárja a kontaktuspárt. A berendezéseken könnyedén beállítható az alapérték és a kapcsolási sáv. A termosztát és a presszosztát használata lehetővé teszi a hűtőberendezés kompresszorának szakaszos üzemeltetését, mint a teljesítményszabályozás egyszerű megoldási módját.

Többállású szabályozást (hárompont-szabályozás) is meg lehet valósítani több termosztát vagy presszosztát használatával. Ilyenkor a kapcsolási sávok és az alapértékek az egyes berendezéseknél különbözőek lehetnek, ügyelni kell azonban arra, hogy a kapcsolásszám elfogadható szinten maradjon. A többállású nyomásszabályozásra jó példa, amikor a ventilátorok egymás utáni indításával, leállításával szabályozzuk a kondenzátornyomást.

Amennyiben olyan termosztátokat vagy presszosztátokat alkalmazunk, melyeknek semleges zónája van, egy léptetőmotor vagy korszerűbb változatban egy elektronikus szabályzó segítségével megvalósítható a lépcsőzetes szabályozás is. Így például lépcsőzetesen állítható (növelhető vagy csökkenthető) az együtt működő kompresszorok vagy ventilátorok száma.

A presszosztátok nemcsak szabályozási, de védelmi funkciók ellátására is alkalmasak lehetnek. Ebben az esetben az alapérték és a kapcsolási sáv is gyárilag beállított és az automatikus visszakapcsolás akadályozott.

Védelmi feladatot ellátó presszosztát a differenciál-pressurestát, más néven nyomáskülönbség-kapcsoló, ami kényszerleállítású kompresszorok védelmére alkalmas.

Az állásos szabályozók közé tartoznak nemcsak a hőmérséklet- és a nyomásszabályozók, hanem a szintszabályozók is, melyeknek egy úszó az érzékelője. Ilyet használunk például kompresszoroknál az olajsínt szabályozására. A szintszabályozók is lehetnek kétpont-, hárompont-, de akár neutrális zónás szabályozók is.

Az állásos szintszabályozók vészszintkapcsolóként tudnak védelmi funkciót betölteni.

2. Folytonos szabályozók

Azokban az esetekben, amikor fontos, hogy a szabályozott jellemző minél kevésbé ingadozzon, célszerű az állásos szabályozók helyett folytonos szabályozót használni. Ezeknél a berendezéseknél a beavatkozási tartományon belül a beavatkozó jellemző bármely értékét be lehet állítani.

Az állásos szabályozókhoz hasonlóan a folytonos szabályozók is alkalmasak a hőmérséklet és a nyomás szabályozására, illetve szintszabályozásra.

A folytonos nyomásszabályozók érzékelője egy csőmembrán, a beavatkozást pedig egy szelep végzi, ami a rajta áthaladó közegáramot tudja változtatni.

A szabályozók e csoportjába tartoznak a következők:

- Elpárolgási nyomásszabályozók: Az elpárolgató utáni csővezetékben gondoskodnak arról, hogy az elpárolgási hőmérséklet ne tudjon az előírtnál alacsonyabb lenni.
- Szívónyomás szabályozók: A szívónyomás szabályozókat a kompresszor elé, a szívóvezetékbe építik be. Ezek a szívónyomást nem engedik a megadott szint fölé növekedni, ezáltal megakadályozzák a kompresszor túlterhelését.
- Teljesítményszabályozók: Az előző szabályozók működését kiegészítve a szívónyomás túl alacsony szintjét akadályozzák meg, úgynevezett by-pass, vagy megkerülési szabályozást megvalósítva.
- Nyomásszabályozók: A léghűtésű kondenzátorokhoz használják, mellyel – a kondenzátor utáni vezetékbe építve – a kondenzátornyomás túl alacsony értékre csökkenését előzik meg a hűtőközeg torlasztásával.
- A vízhűtésű kondenzátorokhoz alkalmazott nyomásszabályozókat a hűtővíz-vezetékbe építik be. Alkalmazásuk célja részben a kondenzátornyomás szabályozása, részben pedig a felhasználandó hűtővíz mennyiségének csökkentése.

A folytonos hőmérséklet-szabályozók beavatkozó szerve szintén egy szelep, érzékelőjük pedig egy csőmembránhoz csatlakozó gőznyomás-hőmérő. A funkció alapján itt is megkülönböztetünk több csoportot:

- Hőmérsékletvezérlésű hűtőteltjesítmény-szabályozók: hűtött folyadék vagy légtér hőmérsékletének szabályozására szolgáló berendezések. A hőmérséklet növekedését a hűtőteltjesítmény növelésével állítja meg.
- Vízhőmérséklet-szabályozók, amiket automatikus vízszelepnek is nevezhetünk. Vízhűtésű kondenzátoroknál a kondenzátorból kilépő hűtővíz hőmérsékletének változtatásával működnek, illetve hőszivattyú üzemben az előremenő melegvíz hőmérsékletét tudják szabályozni.
- Az elpárologtatók termosztatikus adagolószelepei is ide tartoznak, bár nem a hőmérséklet adott értékét, hanem hőmérséklet-különbséget, a túlhevítés mértékét szabályozzák, ezáltal biztosítva a hűtőközeg-adagolás folytonosságát és az elpárologtató felület megfelelő elárasztását.
- Azok a szelepek, amik meleg hűtőközeg gőz hőmérsékletének csökkentésére folyadékállapotú hűtőközeget fecskendeznek be, szintén folytonos hőmérséklet-szabályozók.

A szintszabályozók is készülhetnek folytonos szabályozásra képes kivitelben. Feladatuk legtöbbször az elpárologtatóknál van: az elárasztott rendszerüknél a hűtőközeg-ellátást biztosítják.

3. Segédenergiát felhasználó szabályozók

Ezek a szabályozók maguk úgy avatkoznak a rendszer működésébe, hogy azzal egy beavatkozó szervet kapcsolnak, ami külső energiát (például villamos energia, hűtőközegáram) használ fel. Ilyen beavatkozó szervek lehetnek a hűtőberendezések esetében a különböző szelepek, ritkábban pedig a tolattyúk. A beavatkozó szervet működtető berendezés a szervomotor. A szervomotoros rendszer több funkció ellátására is alkalmas lehet, ilyenkor megkülönböztetjük a beavatkozó szerkezetként működő főszelepet és a hozzá csatlakozó, cserélhető segédenergia-kapcsolókat. Ez utóbbiakat pilotoknak nevezzük. A pilotszelep szabályozásának mikéntje határozza meg a teljes szabályozóberendezés működésének jellegét. Ez alapján lehet állásos vagy folytonos a szabályozás. Fontos, hogy a főszelep és a pilotok működése össze legyen hangolva. A hűtéstechikában széleskörűen alkalmazhatók azok a szelepek, melyek segédenergiaként gáz- vagy folyadékáramot használnak fel.

A villamos működtetésű szelepek közül a mágnesszelepeket alkalmazzuk leggyakrabban; ezek kétállású szabályozóként működnek. Biztonsági automatikaként is alkalmazhatók olyan berendezéseknél, melyeknek nincsen folyadékgyűjtő tartálya. Ebbe a csoportba tartoznak még a mágneses működtetésű folytonos szabályozószelepek, valamint a kondenzátormotorral működtetett motorszelepek.

Amennyiben a segédenergia valamilyen gáz vagy folyadék nyomásából származik, pneumatikus, illetve hidraulikus működtetésű szelepekről beszélünk. Hűtőberendezéseknél ez általában levegő, folyadék esetén pedig a kompresszor szivattyúja által szállított olaj.

Ahogy az ipar számtalan területén, úgy a hűtéstechikában is egyre elterjedtebbek az elektronikus szabályozók. Ezek érzékelői villamos elveken működnek és áramkörök határozzák meg az alapértéket, a szabályozási eltérést, a jelek átalakítását. A leggyakrabban a hűtőteltjesítmény állásos szabályozására használják őket, valamint vezérlési és védelmi feladatok ellátására is alkalmasak. Ugyanakkor készülnek folytonos szabályozásra, sőt, a kétféle szabályozási mód kombinálására képes elektronikus szabályozók is. A legkorszerűbbek segítségével a hűtőberendezések felügyeleti rendszerhez kapcsolhatók, de akár távszabályozásra is lehetőséget teremtenek.

Az automatizálás minél teljesebb megvalósításához remek eszközök a frekvenciaváltók. Ezekkel az eszközökkel bizonyos kompresszorok a korábbinál jóval nagyobb fordulatszámmal működtethetők. A frekvenciaváltók vezérléséhez szükség van egy szabályozóra is, ami lehet külső elektronikus szabályozó vagy a frekvenciaváltóval egybeépített szabályozó.

1.7 Hűtőközegek áttekintése

Miután röviden áttekintettük a hűtőkörfolyamat rendszerelemeit, ismételjük át az alapokat a körfolyamatban résztvevő anyag, a hűtőközeg kapcsán!

1.7.1 Hűtőközegek

Hűtőközegnek nevezzük azt az anyagot, amely a körfolyamat során ismétlődő állapotváltozásai által az alacsonyabb hőmérsékletszinten felveszi, majd a magasabb hőmérsékleti szinten leadja a hőt. A körfolyamatban jelen lehetnek egyéb anyagok: olajok, gázok, víz vagy vízgőz is. A hűtőközeggel szembeni alapvető kíváncsi, hogy viszonylag alacsony hőmérsékleten elpárolgatható és a műszakilag könnyen megvalósítható nyomástartományban cseppfolyósítható legyen. Fontos még, hogy dermedéspontja és kritikus pontja ne essen az üzemi hőmérsékletek tartományába. Ezek alapján elvileg sokféle anyag megfelelhetne hűtőközegnek. A gyakorlatban azonban csak olyan anyag töltheti be a hűtőközeg szerepét a hűtőkörfolyamatban, ami megfelel az előírt hűtőtechnikai, kémiai, egészségügyi, ökológiai és gazdaságossági követelményeknek, melyek a következők.

1.7.2 A hűtőközeggel szemben támasztott követelmények

Hűtőtechnikai követelmények:

- Az elpárolgás és a lecsapódás állandó nyomáson és hőmérsékleten történjen.
- A hőelvonás hőmérsékletéhez tartozó elpárolgási nyomás nagyobb legyen a légköri nyomásnál.
- A hőleadás hőmérsékletéhez tartozó nyomóoldali nyomás ne legyen túl nagy.
- A legkedvezőtlenebb üzemállapotban se legyen túl nagy a kondenzátorban és az elpárolgatóban létrejövő nyomásoknak a különbsége, sem a hányadosa.
- A hűtőközegnek legyen nagy a fajhője, párolgáshője.
- A gőznemű hűtőközeg a legjobban használható.
- Dermedéspontja legyen alacsony, kritikus hőmérséklete pedig nagy.
- Legyen nagy a hővezetési tényezője.
- Legyen kicsi a gőz- és folyadékviszkozitás, valamint a felületi feszültség.
- Dugattyús kompresszoroknál legyen nagy a volumetrikus hőelvonás.
- Turbókompresszoroknál legyen kicsi a volumetrikus hőelvonás.
- Hermetikus és félhermetikus kompresszorok esetén legyen nagy a hűtőközeg átütési szilárdsága és a villamosellenállása.

Kémiai követelmények:

- A hűtőközegnek stabilnak kell lennie. Még az üzemi hőmérséklet határértékeinél sem lehet kémiai bomlékony és nem polimerizálódhat.
- Nem okozhat korróziót és nem támadhatja meg a szerkezeti, szigetelő és tömítő anyagokat.
- Nem alkothat vegyületet a kenőanyagokkal és a bejuttató gázokkal.
- Nem alkothat robbanóképes keveréket a levegővel.
- Általában nem lehet éghető és gyúlékony. Amennyiben mégis, akkor különösen fontos a biztonsági előírások betartása.
- Szivárgás esetén könnyen észlelhetőnek és kimutathatóknak kell lennie.

Egészségügyi követelmények:

- Emberi tartózkodásra alkalmas helyiségekben az egészség szempontjából legyen teljesen veszélytelen.
- Levegőbe kerülve ne legyen mérgező, maró, légzőszerveket izgató hatású, még alacsony koncentrációban sem. Pozitív tulajdonsága a hűtőközegnek, ha jellegzetes szagáról felismerhető.
- Ha nyílt lánggal, szikrával érintkezik, ne keletkezzen mérgező anyag.
- Ha emberi fogyasztásra szánt termékkel érintkezik, ne károsítsa azt.

Gazdaságossági követelmények:

A hűtőközegekkel kapcsolatos költségekbe beletartozik a beszerzés, de a lefejtés, csere, tisztítás és regenerálás is. Mindezeket figyelembe véve kell a gazdaságilag is előnyös megoldást választani.

Ökológiai követelmények:

Mivel ezek globális problémák megfékezésével, megelőzésével kapcsolatos követelmények, ne csupán felsorolásszinten tekintsük át őket, hanem egy kicsit részletesebben is!

1.7.3 Környezetvédelmi szempontok

A Földünket körülvevő ózonréteg rendkívüli védelemmel lát el bennünket: csaknem teljesen kiszűri a Napból érkező ultraibolya sugárzást. Egyes hűtőközegek a légkörbe kerülve elbomlanak és a belőlük felszabaduló klóratomok megtámadják a három oxigénatomból álló ózonmolekulákat, belőlük "kiszakítva" egy oxigénatomot. Így az ózomból oxigén és klór-oxid keletkezik, ami újabb ózonmolekulát képes lebontani és a folyamat szinte megállíthatatlan. Ennek eredményeképpen az ózonréteg ritkul, "ózonlyuk" keletkezik. Ennek a folyamatnak visszafordítására született meg az úgynevezett Montreali Jegyzőkönyv az ózonréteget károsító anyagok kereskedelmének korlátozásáról és ütemezett kiváltásukról. Azóta is nemzetközi és hazai szabályozás foglalkozik a témával, ennek részleteire kitérünk majd a hűtőközegekkel foglalkozó 2. fejezetben. Az egyes hűtőközegek különböző mértékben károsítják az ózonréteget. E hatás egyik mérőszáma egy viszonyszám, melynek alapja az R11 jelű hűtőközeg károsító hatása. A mérőszámot ózonlebontó képességnek nevezzük, angol megfelelője (Ozone Depletion Potential) alapján ODP lett a jelölése. A hűtőközeggel szembeni egyik ökológiai követelményt így fogalmazhatjuk meg röviden: a hűtőközeg egyáltalán ne károsítsa a Földünket körülvevő ózonréteget, tehát az ODP-je legyen nulla. A régi, mára betiltott hűtőközegeknek, pl. R12, R502, R22, jelentős ózont károsító hatása volt, ám a ma használatos hűtőközegeknek az ODP értéke 0, azaz nem bontják le az ózont.

A Napból a Földünket érő sugárzás elsősorban nem veszélyforrás, hanem az élethez szükséges hőmérséklet biztosítására szolgál. Az érkező sugarak a talajban elnyelődnek és hővé alakulnak. A felmelegedett felület hő sugároz ki, ennek a hőnek egy részét a levegőben lévő szén-dioxid és egyéb gázok visszatartják, ezzel segítve, hogy a földfelszín állandó, élhető hőmérsékleten maradjon. Ezt a jelenséget nevezték el üvegházhatásnak. Ha a légkörbe jutó sugárzást elnyelő gázok koncentrációja megnő, az a földfelszín átlaghőmérsékletének növekedését eredményezi, vagyis globális felmelegedéshez vezet, aminek súlyos, de mondhatjuk úgy is, hogy katasztrofális következményei lesznek – az élővilágra nézve (benne az emberre is). Hogy mennyire befolyásolják az üvegházhatást, azt a GWP jelölésű mérőszámmal tudjuk kifejezni, melynek jelentése globális felmelegítő hatás (GWP = Global Warming Potential = globális felmelegítő képesség). Itt szintén az R11-es hűtőközeget vettük alapul kezdetben, ma már viszont ennél a mérőszámnál is a CO₂-hoz viszonyítják a többi hűtőközeg károsító hatását. Egységének 1 kg szén-dioxid (CO₂) 100 év alatt bekövetkező légkör-felmelegítő hatását tekintik, vagyis GWP CO₂ = 1. Egyes halogénezett hűtőközegeink GWP-je igen nagy, esetenként több ezerszerese is a szén-dioxidénak. Például az R404a hűtőközeg GWP értéke 3922. Ez azt jelenti, hogy 1 kg-ja a légkörbe kerülve ugyanolyan mértékű üvegházhatást idéz elő 100 év alatt, mint 3922 kg CO₂. A GWP minimalizálása komoly követelmény a hűtőközegekkel szemben, hogy minél kevésbé járuljon hozzá az üvegházhatás fokozódásához.

Az előbbi két mérőszámnál is sokatmondóbb az úgynevezett TEWI = Total Equivalent Warming Impact, azaz Teljes Egyenértékű Felmelegítő Hatás. Hűtőrendszerek, klímák, hőszivattyúk is teljes életciklusának környezetszennyező hatását mutatja a gyártás és az üzemeltetés teljes energiaigényével számolva a megsemmisítésig. Ezt az értéket növeli egy feltételezett átlagos évi hűtőközegszivárgás miatti környezeti kár is. A TEWI-érték tehát nemcsak az elszivárgott hűtőközeget foglalja magába, hanem az energetikai jellemzők által befolyásolt energiafelhasználás során keletkező káros anyagot is. Kiszámítása nem egyszerű feladat, hiszen azt is tekintetbe kell venni, hogy a hűtőrendszert tápláló energiát hogyan állították elő. A megújuló energiaforrásokat előnyben részesítő rendszerek TEWI-értéke nyilvánvalóan alacsonyabb. Például egy szél erőmű villamos energiát felhasználó berendezés kevesebb károsanyag-kibocsátást okoz, mint egy hagyományos hőerőműben termelt villamos energiát felhasználó rendszer.

Mivel minden hűtőközeg más-más jellemzőkkel rendelkezik, nem egyformán alkalmasak különböző feladatok betöltésére. Az egyes konkrét esetekben meg kell keresni, melyik hűtőközeg az, ami leginkább használható, különös tekintettel a környezetvédelem és a fenntarthatóság szempontjaira. A 2. fejezetben részletesen áttekintjük majd a hűtőközegek tulajdonságait, jelöléseit, csoportosítását és alkalmazási területeit, valamint a rájuk vonatkozó szabályozást.

1.8 Üzembe helyezés, üzemeltetés, karbantartás

Az alapok átismétlésével foglalkozó fejezetünkben röviden felvázoljuk még az üzembe helyezéssel, üzemeltetéssel, karbantartással kapcsolatos tudnivalókat, bár ezeknek a későbbiekben egy egész fejezetet szentelünk majd.

1.8.1 Üzembe helyezés

Az üzembe helyezés a dokumentáció, a szükséges műszaki, személyi, tárgyi, tisztasági feltételek ellenőrzésével kezdődik. Ezután következnek az alábbi munkafolyamatok:

- Hidegüzemi próbák: célja a villamos rendszerek (érintésvédelem, jelzések, világítás) és segédberendezések kipróbálása, ellenőrzése.
- Nyomáspróba: célja annak vizsgálata, hogy a hűtőközeg betöltése után az adott üzemi körülmények között kialakuló nyomás nem okoz-e mechanikai károsodást a szerkezeti elemekben.
- Gáztömrség vizsgálata: célja a hűtőközeg esetleges szivárgásának észlelése, kimutatása.
- Idegengáz eltávolítása vagy egyszerűbb nevén vákuumolás: célja mindazon gázok, gőzök minél teljesebb eltávolítása, melyekre a rendszer működéséhez nincs szükség, valamint a berendezés nedvességtartalmának csökkentése.
- Hűtőközeg töltés: ennek célját aligha kell megmagyarázni.
- Hűtőközeg szivárgásának ellenőrzése: ez a munkafázis különösen fontosnak bizonyul a környezetkárosítás megelőzésében.
- Feltöltés kenőolajjal: abban az esetben szükséges, amikor a kompresszort nem kenőolajjal feltöltve szállítják.

Ezek után következik a próbaüzem, melynek első szakasza a lehűtés, a második pedig az üzemi körülmények között történő működtetés. Ez alatt történik a szabályozási és védelmi készülékek beállítása is. A próbaüzemről és az üzembe helyezésről minden részletre kiterjedő dokumentációt kell készíteni.

1.8.2 Üzemeltetés, karbantartás

A továbbiakban az üzemeltetés néhány lényeges kérdését emeljük ki, megkülönböztetve a felügyelet nélküli, az időszakos és az állandó felügyeletet igénylő rendszereket (bár ez utóbbi ma már elég ritka).

Az automatikus hűtőrendszereknél csak a nem megfelelő működés esetén kell beavatkozni, ehhez az üzemeltető szakember segítségét veszi igénybe. A legkorszerűbb megoldás az elektronikus felügyeleti rendszer, ahol az üzemi adatok folyamatos naplózása történik, a hibák észlelése is automatikus, és lehetőség van a távellenőrzésre, sőt az üzemi paraméterek távmódosítására is.

Ha egy berendezés időszakos ellenőrzést igényel, akkor az annak az üzemeltető feladata, aki erre rendszerint betanított személyzetet vesz igénybe. Az ő dolguk a berendezés ki- és bekapcsolása, valamint egyes berendezéselemek alkalmankénti ellenőrzése és az észrevételek naplózása. A hibajavítás ebben az esetben is szakképzett személy, képezett vállalkozás feladata.

Állandó felügyelet mellett általában egyes ipari méretű hűtőberendezések üzemelnek. Ilyen helyeken a felügyeletet ellátó személyzetnek hűtőgépkészítői szakvizsgával kell rendelkeznie, továbbá a működtetés, valamint a tervszerű ellenőrzés mellett a hibajavítás feladatát is meg kell oldania.

Bizonyos esetekben az üzemeltetés a hűtőközeg cseréjét is magába foglalja, hiszen előfordulhat, hogy a jól működő hűtőberendezéshez a hűtőközeg már nem beszerezhető vagy tiltó listára került. Az átállításnak két módszere létezik. Az úgynevezett drop-in eljárásnál az új, környezetbarát hűtőközeget egyszerűen, jelentősebb átalakítás nélkül be lehet tölteni a régi helyére. A másik módszer a retrofit eljárás, mely esetében egyes alkatrészek cseréjére szükség lehet és az eljárás többszöri olajcserét is igényel.

Álljunk itt még néhány gondolat erejéig és tekintsük át a javítás és a karbantartás menetét, elsősorban a környezetvédelmi szempontok figyelembevételével!

2 Hűtőközegek, olajok és közvetítőközegek ismertetése (Szerk.: Vasáros Zoltán)

Ahogy a bevezető fejezetben már megfogalmaztuk, hűtőközegnek nevezzük azokat az anyagokat, amelyek a körfolyamat során ismétlődő állapotváltozásaik által az alacsonyabb hőmérsékletszinten felveszik, majd a magasabb hőmérsékleti szinten leadják a hőt. Gyakorlati alkalmazhatóságukhoz feltétel, hogy megfeleljenek az előírt hűtőtechnikai, kémiai, egészségügyi, ökológiai és gazdaságossági követelményeknek.

Az 1834-ben szabadalmaztatott első kompresszoros hűtőberendezés megalkotója az amerikai Perkins etil-étert alkalmazott hűtőközegként. Mivel az etil-éter robbanásveszélyes, nem tudott elterjedni a használata. Ezután más természetes hűtőközegek felé fordult az érdeklődés: elkezdődött az ammónia, a szén-dioxid és a szénhidrogének felhasználása hűtőközegként. 1930 után a freonoknak is nevezett halogénezett szénhidrogének vették át az uralmat, hiszen kiváló hűtőtechnikai tulajdonságokkal bírtak, stabilak és emellett az emberi egészségre nézve is teljesen ártalmatlanok voltak. Később azonban kiderült, hogy a mérleg másik serpenyőjébe is kerül valami: a halogénezett szénhidrogének súlyos környezetkárosító hatása.

2.1 A hűtőközegekkel kapcsolatos jogi szabályozás

Az 1987-es nemzetközi egyezmény, a Montreali Jegyzőkönyv a halogénezett szénhidrogének egy részének fokozatos kivételét írta elő, mert ezek a hűtőközegek az ózonréteget károsítónak és egyben az üvegházhatást növelőnek is bizonyultak. Az 1990-es Londoni, majd az 1992-es Koppenhágai Kiegészítés kibővítette a szabályozott hűtőközegek körét, valamennyi halogénezett szénhidrogént (rövid jelölése **CFC**) és a részlegesen halogénezett szénhidrogén (**HCFC**) hűtőközegeket is ide sorolta, valamivel hosszabb kivételési időt hagyva. A Montreali Jegyzőkönyv és módosításai bekerültek hazánk jogi szabályrendszerébe is, hiszen Magyarország is csatlakozott az aláíró 180 országhoz. A 22/1993. számú KTM rendelet a jegyzőkönyvben foglalt végrehajtásáról, a 67/1995. számú kormányrendelet pedig a kiegészítések hazai hatálybalépéséről rendelkezett. Az 1995-ös Kiotói Jegyzőkönyv célul tűzte ki az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentését először a 2008-2012 közötti időszakra, majd ezt folyamatosan hosszabbítva. A jelenlegi cél 2050-re elérni a 80-95%-os csökkenést. 2000-ben életbe lépett az új Európai Unió hűtőközeg-szabályozás, a 2037/2000 EU törvény, majd 2003-ban az új magyar jogszabály, a 94/2003. számú kormányrendelet. 2014-ben megjelent a röviden csak F-gáz rendeletnek nevezett EU-s rendelkezés, az 517/2014/EU európai parlamenti és tanácsi rendelete a fluortartalmú üvegházhatású gázokról. Ezt követte a hazai szabályozásban a fluortartalmú üvegházhatású gázokkal és az ózonréteget lebontó anyagokkal kapcsolatos tevékenységek végzésének feltételeiről szóló 14/2015 (II. 10.) Korm. rendelet, vagyis a Klímagáz rendelet. Ezen szabályozások előírják a gyártással, forgalomba hozatallal, felhasználással kapcsolatos tilalmakat, a mennyiségcsökkentések ütemét, a szervizelési és hulladékkezelési szabályokat, valamint ezek alapján került bevezetésre 2017-ben az F-gáz kvótarendszer. A felsorolt jogszabályokban a halogénezett szénhidrogén hűtőközegekkel kapcsolatban a következő határidőket írták elő:

- 2001. január 1. óta HCFC közeg nem tölthető új berendezésekbe.
- 2001. október 1-től CFC hűtőközeg forgalomba hozatala, felhasználása, exportja tilos.
- 2003. október 1. óta HCFC közeggel működő hűtő- és légkondicionáló berendezések nem hozhatók forgalomba.
- 2004. május 1. után regenerált CFC hűtőközeg nem használható. A HCFC közeggel működő reverzibilis klímák és hőszivattyúk forgalomba hozatala is tilos.
- 2010. január 1-től tiltás alá került a HCFC közegek gyártása, javításra csak lefejtett HCFC használható.
- 2015. január 1-től HCFC nem használható javításra sem. A háztartási hűtőkben tilos a 150-nél nagyobb GWP értékű hűtőközegek használata.
- 2020. január 1-től a forgalomba hozott hermetikusan zárt hűtő és fagyasztó, valamint a helyhez kötött hűtőberendezések globális felmelegítő hatása nem lehet nagyobb 2500-nál.
- 2020. január 1-jétől tilos a 2 500-as vagy annál nagyobb globális felmelegedési potenciállal rendelkező fluortartalmú üvegházhatású gázokat a legalább 40 tonna CO₂-egyenértéknek megfelelő hűtőközeget tartalmazó hűtőberendezések szervizeléséhez vagy karbantartásához használni, kivéve, ha a gáz regenerált, vagy újrahasznosított, akkor 2030. január 1-jéig lehet szervizelési, karbantartási céllal használni.
- 2022. január 1-től a hermetikusan zárt hűtő és fagyasztó berendezések és a legalább 40 kW-os csoportaggregátoros központi hűtőrendszerek GWP-je 150 alatti kell, hogy legyen.

- 2025. január 1-től a 3 kg-nál kevesebb HFC-t tartalmazó osztott mono légkondicionáló rendszerek hűtőközegeinek GWP-je nem érheti el a 750-et.

Ha már a szabályozásról ennyi szót ejtettünk, érdemes megemlíteni még az MSZ EN 378. számú szabványt, mely egy európai szabvány magyar nyelvű megfelelője, és a címe "Hűtőberendezések és hőszivattyúk – Biztonsági és környezetvédelmi követelmények". A szabvány négy részben taglalja a témát. Ezek közül az első a fogalmak és az alapkövetelmények meghatározása után az osztályozással és a kiválasztási kritériumokkal foglalkozik. A második rész tartalmazza a tervezéssel, gyártással, vizsgálattal, megjelöléssel és dokumentációval kapcsolatos tudnivalókat. A harmadik a telepítés helyével és a személyek védelmével foglalkozik, míg az utolsó az üzemeltetés, karbantartás, javítás és visszanyerés kérdéseit járja körül.

2.2 Hűtőközegek csoportosítása

Az ökológiai szempontok és a szabályozás áttekintése után felvázoljuk a hűtőközegeket több szempontból történő csoportosítási lehetőségeit:

Üzemi hőmérsékletszintek szerint megkülönböztetünk alacsony, közepes, nagy és igen nagy elpárolgási hőmérsékletekre alkalmas hűtőközegeket. Jelölésük az előbbi sorrendben: L, M, H, HH. Felhasználási területük a fagyasztás, hűtés, klimatizálás, illetve a hőszivattyúk.

Üzemi nyomásszintek szerint kis, közép- és nagynyomású hűtőközegekről beszélhetünk. A kisnyomású hűtőközegeket a nagyobb elpárolgási hőmérsékletek tartományában a klímaberendezésekben alkalmazzák. Kisnyomású hűtőközeg például az R407A jelű hűtőközeg. A középnyomású hűtőközegek közé tartozik például az ammónia vagy az R134a, ezek közepes elpárolgási hőmérsékletnél, általános hűtési célokra használhatók. A nagynyomású közegeket az alacsony elpárolgási hőmérsékleteknél, mélyhűtő rendszerekben használják. Ilyen hűtőközeg többek között az R744 jelű szén-dioxid.

A hűtőközegeket csoportosíthatjuk veszélyességük alapján is. A veszélyességet a gyúlékonyság, illetve a mérgező hatás jelenti. Az MSZ EN 378-1:2017 szabvány megkülönbözteti a kisebb és nagyobb mérgező hatású, valamint kisebb és nagyobb gyúlékonyságú hűtőközegeket, ez utóbbi szétválasztást kiegészítve azokkal, ahol nincs lángterjedés. Az ASHRAE (Amerikai Hűtő- Fűtő és Klimatizáló Mérnökök Egyesülete) mérgező hatás szerint „A” osztályba a nem mérgező és „B” osztályba pedig a mérgező hűtőközegeket sorolja. Tűzvesélyességi osztályozása alapján 1-es osztályúak a nem éghető hűtőközegek, 2-es osztályúak azok, melyeknek lángterjedési sebességük közepes 0,1 kg/m³ tömegkoncentráció felett és az égéshőjük kisebb, mint 19 MJ/kg, 3-as osztályúak pedig a 0,1 kg/m³ tömegkoncentráció alatt is könnyen éghető hűtőközegek, melyeknek égéshője nagyobb, mint 19 MJ/kg.

Jelölésüket a 2.2.1. és 2.2.2. számú ábrákon láthatjuk.

Hűtőközegek veszélyessége	Nem vagy kevésbé mérgező		Erősen mérgező	
	Besorolás	Példa	Besorolás	Példa
Nem gyúlékony	A1	Szén-dioxid (R744)	B1	Diklór-trifluor-etán (R123)
Kevésbé gyúlékony	A2	Difluor-metán (R32)	B2	Ammónia (R717)
Erősen gyúlékony	A3	Izobután (R600a)	B3	

2.2.1. táblázat. Hűtőközegek veszélyesség szerinti besorolása

Az európai és ezzel együtt a magyar szabvány a fentieket az L osztályokba sorolja a következőképpen: az L1-es csoportba tartoznak a kisebb mérgező hatású hűtőközegek, melyeknél nincs lángterjedés. Az L2-es csoportot a kisebb mérgező hatású és kisebb gyúlékonyságú, valamint a nagyobb mérgező hatású, de kisebb gyúlékonyságú vagy lángterjedés nélküli hűtőközegek alkotják. Értelemszerűen a legveszélyesebbek a nagyobb gyúlékonyságú hűtőközegek, akkor is, ha kisebb a mérgező hatásuk. Ezek kapták az L3 jelölést.

Egyszerűsített csoportosítás	L1	L2	L3
------------------------------	----	----	----

2.2.2. táblázat. Hűtőközegek egyszerűsített veszélyességi csoportosítása

Az összetétel alapján tiszta és keverék hűtőközegeket különböztetünk meg.

A tiszták közé tartoznak a természetes alapanyagú hűtőközegek, a szénhidrogének és a halogénezett szénhidrogének. A halogénezett szénhidrogének tovább csoportosíthatók a bennük szereplő halogén elemek alapján, erre a bontásra még visszatérünk a hűtőközegek jelölése kapcsán.

A keverék hűtőközegeket blendeknek is nevezik. Két nagy csoportjuk az azeotróp és a zeotróp blendek. A megkülönböztetés alapja, hogy változik-e a hőmérséklet a halmazállapotváltozásuk közben: a zeotróp blendeknél igen, az azeotróp blendeknél nem. A zeotróp keverékek esetében fontos megjegyezni, hogy egy adott nyomáshoz tartozó halmazállapot-változási hőmérsékletük nem egy fix érték, hanem a két szélsőérték megadásával történik. A két hőmérséklet különbségét hőmérsékletcsúszásnak, angolul glide-nak nevezzük. Felhasználásuknál számításba kell venni a keveréknek ezt a tulajdonságát. Fontos tudni azt is, hogy a zeotróp blendek szivárgása esetén az összetevők aránya megváltozik, mely a hűtőkörfolyamat jellemzőinek megváltozását okozhatja.

A hűtőközegeknek létezik egy olyan csoportosítása is, mely a környezetvédelmi szempontokat veszi alapul. A természetes hűtőközegeket, így pl. az ammóniát nem tekintjük környezetkárosító anyagnak. A részlegesen fluorozott szénhidrogének a hosszú távú hűtőközegek elnevezést kapták, hiszen az ózonpajzsot nem károsítják, bár az üvegházhatást növelik. A részlegesen klórozott és fluorozott szénhidrogének a szabályozott felhasználási idejű hűtőközegek, az ózonréteg és az üvegházhatás szempontjából is van valamekkora károsító hatásuk. A tiltott hűtőközegek a klórozott, fluorozott szénhidrogének, melyek kiváló hűtőtechnikai tulajdonságokkal bírnak ugyan, de a környezetvédelmi kívánalmaknak egyáltalán nem felelnek meg, ezért már a gyártásuk, sőt, a szerviz céljára szolgáló utántöltésük is tilos.

2.3 Hűtőközegek jelölése

Teljesen természetes, hogy a hűtőközegek bonyolult kémiai elnevezése vagy képlete helyett egyszerűbb megnevezést kerestek nekik, ahogy az is, hogy ezeket a megnevezéseket nemzetközi szinten egységesíteni igyekeztek (bár jelenleg a hűtőközeg fajták jelölésénél mind az angol, mind a német megnevezés rövidítése közismert.)

Először is térjünk vissza a jogi szabályozás kapcsán sokat emlegetett halogénezett szénhidrogénekre, melyek összetételük alapján több csoportra oszthatók, és az egyes csoportok külön jelölést kaptak!

A szénhidrogének jelölése angolban HC, németben pedig KW. Amennyiben a szénhidrogén klórozott vagy fluorozott, a jelölés kiegészül: CFC, illetve FCKW lesz belőle. A halogénezés lehet részleges, ebben az esetben HCFC, németül HFCKW a megnevezés rövidítése. A klórmentes szénhidrogének jele megrövidül: HFC az angol, HFKW a német megnevezés alapján.

Az egyes hűtőközegek jelölésének egységesítését a Nemzetközi Szabványügyi Testület indítványozta. Ez alapján minden hűtőközeg egy R betűvel és egy számmal jelölendő. Az R a hűtőközeg szó angol megfelelőjéből származik, a számot pedig a kémiai összetételből vezetik le. A keverékek jelölése 400-tól (zeotrop blendek), illetve 500-tól (azeotrop blendek) kezdődik, míg a természetes hűtőközegek közül a szervesetlen vegyületek a 700-asok, a szervesek pedig tetszőleges számozást kapnak.

Mivel a hűtőközegeknek nemcsak a számozása ilyen sokféle, hanem a tulajdonságaik is, ezért a kiválasztásuknál, illetve egymással való helyettesítésüknél számtalan jellemzőt kell figyelembe venni. Az anyagi jellemzők, melyek az adott hűtőközeg gyakorlati felhasználhatóságát befolyásolják, lehetnek termodinamikai jellemzők (nyomás, hőmérséklet, fajtérfogat, párolgási hő, kompresszió véghőmérséklet, fajlagos hőelvonás, hűtőteltjesítmény és hűtőközegforgalom, elméleti kompresszor fajlagos lökettérfogat, elméleti fajlagos teljesítményfelvétel). A fizikai jellemzők közül szükséges figyelmet szentelni a szagnak, szivárgásra való hajlamnak, az olajjal való keveredésnek, illetve oldódásnak, valamint a víz- és inertgáz-tartalomnak. A kémiai és fiziológiai tulajdonságok közül a stabilitás, reakcióképesség, éghetőség és gyúlékonyság bír jelentőséggel, melyek mellett a mérgező és irritáló hatás jelentős.

Mindezeket a jellemzőket a hűtőközegeket gyártó cégek táblázatokba és diagramokba foglalva rendelkezésre bocsátják.

2.4 A leggyakrabban használt hűtőközegek

Az általános bemutatás után fordítsuk figyelmünket a legjelentősebb hűtőközegek tulajdonságai, alkalmazási lehetőségei felé! A továbbiakban részletesen kitérünk a természetes szervesetlen, a természetes szerves hűtőközegek, a halogénezett szénhidrogén közegek és a halogénezett szénhidrogén blendek képviselőinek jellemzésére.

2.4.1 Természetes szervesetlen hűtőközegek

Bár korábban több szervesetlen anyagot alkalmaztak hosszabb-rövidebb ideig hűtőközegként, ma már csak a mesterségesen előállított szén-dioxid és ammónia szerepel ebben a csoportban.

Ammónia – R717

Kiváló hűtőtechnikai tulajdonságokkal bíró, rendkívül elterjedt hűtőközeg. Alacsony a forráspontja, kicsi a folyadék- és gázsűrűsége, nagy a párolgáshője és a fajlagos hőfelvétele, kritikus hőmérséklete magas. Hőátadási tényezője kiváló. Szúrós szagú, ezért szivárgása könnyedén észlelhető. A levegőnél könnyebb, ezért gázömlés esetén ablaknyitással is eltávolítható. Az olajokénál kisebb a sűrűsége, ezért azoktól egyszerű, mechanikus módszerrel szétválasztható. Kémiaiilag stabil, mérsékelt tűzveszélyes és nem robbanásveszélyes. Környezetkárosító hatása nincs, ózonlebontó képessége és a globális felmelegedést erősítő hatása egyaránt nulla. Előállítása kedvező áron történik, így felhasználása jóval gazdaságosabb, mint a halogénezett szénhidrogéneké. Használatánál viszonylag kis méretekre van szükség a csővezetékeknél és a hűtőközeg szivattyúknál. Mindezek alapján ideális hűtőközeg lehetne, ám néhány hátrányos tulajdonsága csökkenti a felhasználásának lehetőségeit. Nagyobb koncentrációban ingerli a nyálkahártyákat, megtámadja a szemet, orrot, tüdőt, bőrt, mérgező hatású, vizes oldata pedig lúgos kémhatása miatt maró hatású. Bár az alumíniummal, az acéllal és ötvözetével nem lép reakcióba, a rezeet és ötvözeit víz jelenlétében megtámadja, így rézcsöves hűtőberendezésekben csak alacsony víztartalom mellett használható. Kenőanyagokkal gyakorlatilag oldhatatlan, ezért a rendszerben hatásos olajleválasztásra van szükség.

Korábban a kis- és közepes hűtőteljesítményű berendezéseknél is alkalmazták, napjainkban azonban elsősorban a nagyteljesítményű ipari berendezések hűtőközegeként használják. Az abszorpciós hűtőberendezések fő közege. Dugattyús és csavarkompresszorok működtetéséhez széles elpárolgási hőmérséklettartományban alkalmazható. Hűtőházakban, étel- és italfeldolgozó üzemekben, hőszivattyúkban, nagy épületek központi légkondicionáló rendszereiben használják.

Szén-dioxid – R744

A 19. század végén már alkalmazták hűtőközegként, majd a halogénezett szénhidrogének háttérbe szorították. Napjainkban azonban újra előtérbe kerül, hiszen termodinamikai tulajdonságai mellett környezetbarát volta is alkalmassá teszi a felhasználásra, hiszen nem bontja az ózont, az üvegházhatást fokozó hatásának értéke pedig 1-es. Ugyanakkor tulajdonságai jelentősen eltérnek a többi hűtőközegeknél megszokottól, ezért alkalmazása alapos megfontolást igényel. Az első jelentős különbség, hogy a szén-dioxiddal működő rendszerek jóval nagyobb nyomáson üzemelnek, ez befolyásolja a rendszer tervezését és kivitelezését is. Tárgulási együtthatója is nagyobb, mint a többi hűtőközegé, ez bizonyos esetekben nyomáscsökkentés védelem kialakítását teszi szükségessé. Kritikus hőmérséklete nagyon kicsi, ezért kaskád rendszerek alsó fokozatának hűtőközegeként vagy transzkritikus rendszerekben használható. Nagy a párolgáshője és a volumetrikus hőelvonása, ezért kisebb csőméretekkel és kisebb szállítóteljesítményű kompresszorokkal lehet számolni. Nem gyúlékony és nem mérgező, de színtelen és szagtalan volta miatt nehezen észlelhető, ezen kívül nehezebb, mint a levegő, így gázömlésnél fulladást okozhat, mert összegyűlik a helyiségek alsó részében. Nem okoz korróziót, viszont a szerkezeti anyagok kiválasztásánál figyelembe kell venni, hogy a szén-dioxid kifejezetten nagynyomású hűtőközeg. Előállítása nem költséges, ellenben alkalmazása a szokásos hűtőközegekenél nagyobb nyomás miatt speciális tervezésű, kivitelezésű berendezéseket igényel. Felhasználási területe elsősorban a kereskedelmi hűtés, nagyáruházak központi hűtőberendezései, járművek klímaberendezései, valamint transzkritikus körfolyamatban a használati melegvíz előállítása hőszivattyús üzemen.

Az R744 mint hűtőközeg előnyeit és hátrányait a 2.1. táblázat tartalmazza. Ezek mérlegelésekor nem csupán a hűtőtechnikai jellemzőket, de a megbízhatóság és a biztonság szempontjait is figyelembe kell venni.

Előnyök	Hátrányok
Nagy hűtőteljesítmény a magas volumetrikus teljesítménynek köszönhetően (kb. 5x nagyobb, mint R404A esetében). Pozitív a hatása a kompresszor szállítóteljesítményére, a hőcserélők és csővezetékek méretére. Alacsonyabb nyomásesés a vezetékekben és hőcserélőkben. Pl. hosszú folyadék és szivócső esetén. Jó hőátadás az elpárolgatótón és kondenzátoron a magas nyomásnak és sűrűségnek köszönhetően. Ez egyrészt kisebb hőfoklépcsőt tesz lehetővé a hűtőközeg és levegő között növelve a hatásfokot, másrészt lehetőséget biztosít kisebb elpárolgató vagy kondenzátor kiválasztására. Növelt falvastagság szükséges a magasabb nyomások miatt, ezért az R744 rendszer körültekintő tervezést igényel. A nyomásesés az adagolószelepen nagyobb, mint más hűtőközegeknél, ezért alacsonyabb kondenzátornyomás engedhető meg, ami növeli a hatásfokot. A kisebb nyomásviszony magasabb izentropikus hatásfokot eredményez. A legtöbb anyaggal szemben nem korrozív. Nagyon kicsi az eltérés a HFC rendszerekben használt anyagokhoz képest. Az olajjal való jó keveredés megkönnyíti az olaj visszavezetést. Poliészter olajok ugyanúgy használhatók, mint HFC közegeknél. Alacsony toxicitású és nem gyúlékony. GWP értéke alacsony, szivárgáskor a direkt klimatikus hatás elhanyagolható. Előállítása olcsó, könnyen beszerezhető, habár az R744 hermetikus és félhermetikus kompresszoros berendezésekben alkalmazva hűtőközeg minőségű, azaz 99,99% tisztaságú kell legyen. Nyomógáz hőmérséklete magas, a nagy kompressziós index következtében. Ezzel jó lehetőséget biztosít hő visszanyerésre. Megjegyezzük – transzkritikus rendszerekben a nyomógáz hőmérséklet rendkívül magas, ami nagy eltérést eredményez az elpárolgás és a hő leadás szintje között. A stabil szerkezet kis esélyt ad a molekulák	A magas nyomások működés közben és leálláskor veszélyt jelentenek, növelik a szivárgás kockázatát. A komponensek speciális kialakítást igényelnek. Speciális kompresszorok szükségesek a nagyobb hűtőteljesítmény miatt (eltérő motor / szállítóteljesítmény arány). Az R744 rendszer akár kaszkád, akár transzkritikus, komplexebb kialakítású. Ez növeli a komponensek és a telepítés költségét. A csővezetéshez acél vagy rozsdamentes anyag, speciális hegesztés, eltérő csatlakozás kialakítás szükséges a magasabb nyomások és eltérő anyagok miatt. A bonyolultabb kialakítás nagyobb esélyt ad a tökéletlen működésnek és csökkenti a megbízhatóságot, különösen, ha a beüzemelés nem a leggondosabban történik. Transzkritikus rendszereknél fagyasztott áru hűtésénél az R744 magas nyomógáz hőmérséklete miatt kétfokozatú kompresszió szükséges. R744 transzkritikus rendszerek nem alkalmasak magas környezeti hőmérsékletre, pl. délkelet Ázsia, ahol mindig a kritikuspont felett, nem hatékony transzkritikus üzemállapotban működnek. Az R744-re nincsen olyan szabályozás, mint az európai F-gáz rendelet, így használata nem áll olyan alapos ellenőrzés alatt, mint a HFC közegek esetén, és a szivárgás ellenőrzése sem olyan szigorú. Mindemellett a magas nyomás miatt a rendszer szivárgásra hajlamos, ami rossz hatással van a teljesítményre, ha a szivárgási ráta magas. Vízszennyeződésre nagyon érzékeny, és szokatlan vegyületek képződhetnek, ha szivárgás lép fel a kaszkád hőcserélőben.

lebomlásnak a hűtőrendszeren belül. Nem várható a közeljövőben az R744 korlátozására vagy kivonására vonatkozna jogszabály, így az hosszú távú hűtőközegnek tekinthető.	
--	--

2.1. táblázat Az R744 hűtőközeg előnyei és hátrányai

A táblázat a HKVSZ összeállítása alapján készült¹.

2.4.2 Természetes szerves hűtőközegek

Ezek a hűtőközegek sem a legutóbbi idők felfedezettjei, bár a "freonhullám" őket is elsöpörte egy időre. Kiváló hűtéstechnikai tulajdonságaik ellenpontjaként nagyon tűzveszélyesek, ezért alkalmazásuk rendkívüli biztonsági előírások betartását teszi kötelezővé. Ennek ellenére visszakerültek a használatban lévő hűtőközegek közé, mert kedvező ökológiai jellemzőik erre alkalmassá teszik őket. Ebbe a csoportba tartoznak a szénhidrogének: a csak szén- és hidrogénatomokból álló vegyületek vagy azok keverékei. Tulajdonságaikat befolyásolja a szénatomok száma: minél több szénatomot tartalmaz az adott közeg, annál magasabb a forráspontja és az adott elpárolgási hőmérsékletéhez tartozó gőznyomás is emelkedik.

Izobután – R600a

Az izobután szintelen, enyhén édeskés szagú, jó hűtéstechnikai jellemzőkkel rendelkező gáz. (Megjegyzendő, hogy csak nagy tisztaságú izobután használható hűtőközengként.) Nagy a párolgáshője és alacsony a kondenzációs nyomása. Ez utóbbinak köszönhetően az izobután használata energiahatékony működést és alacsony zajszintet tesz lehetővé a hűtőberendezéseknél. Kémiaiilag stabil, a szerkezeti anyagokat nem károsítja. Mindezek mellett előnye a kis hűtőközeg töltet, és az, hogy olcsón előállítható, és szintén alacsony árú ásványi olajok használhatók hozzá. Nem mérgező, de komoly hátránya, hogy fokozottan tűzveszélyes, a levegővel robbanó elegyet alkot. Elsősorban háztartási hűtőkészülékek hűtőközege.

Propán – R290

A kereskedelmi, ipari hűtőberendezések természetes hűtőközege. Tulajdonságai az izobutánéhoz hasonlóak: stabil, nem mérgező, nem károsítja a környezetet, viszont éghető és robbanásveszélyes. Hőszivattyúkhoz, légkondicionálókhoz és egyéb kis háztartási hűtőberendezésekhez használható. A propán termodinamikai tulajdonságai hasonlóak az R22-éhez, tehát annak megfelelő helyettesítője. Az utóbbi időkben alkalmazása terjedt, de biztonsági okok és állami szabályozások miatt csupán speciális területeken. Jelenleg a kisebb kereskedelmi egységekben legnagyobb a felhasználása (hűtött bemutató vitrinek), ahol a hűtőközeg töltet 150 grammnál nem lehet nagyobb.

Propán-izobután blendek – R290/R600a

Az előző két hűtőközeg különböző arányú keverékei zeotróp keverékek, tehát változó hőmérséklet mellett párolognak, illetve kondenzálódnak. A keverék jellemzőit a propán és izobután aránya alakítja, az előbbi a volumetrikus hőelvonó képesség, az utóbbi a fajlagos hőelvonás növelése irányába billenti a mérleget. A megfelelő arányú keverékek jól használhatók a hűtőberendezésekben.

2.4.3 Halogénezett szénhidrogének

Olyan vegyületek, melyekben a szénhidrogén molekula egyes vagy akár az összes hidrogénatomját halogénatom: klór vagy fluor helyettesíti. Az alap szénhidrogén és a helyettesítő atomok minősége, száma, molekulán belüli

¹ Forrása:

http://www.hkvsz.hu/files/www.hkvsz.hu/media/objects/3/9/3/files/2co2basicsandconsiderationspart2_finalfordit as.pdf

elhelyezkedése számtalan változatot kínál, és ezek különböző fizikai, kémiai, fiziológiai tulajdonságokkal rendelkező hűtőközegeket jelentenek. Legelső képviselőjük a difluor-diklór-metán volt, mely az R12 jelölést kapta a hűtőközegek között, aztán sorra jöttek a többiek. A csoport a Freon márkanevet kapta, ez a szó anyagnévként a köztudatba is bevonult. Mivel mesterséges úton jó néhány változatukat elő lehet állítani, minden kompresszorrendszerhez és hűtési tartományhoz lehetett gyártani megfelelő freont. Nem mérgezőek és alig akad köztük olyan, ami tűzveszélyes lenne, ezért nagy biztonsággal lehetett alkalmazni őket a hűtőtechnikában, el is nevezték őket biztonsági hűtőközegnek. További előnyös tulajdonságuk, hogy kémiaiilag stabilak, a szerkezeti elemeknél általában használt fémeket nem támadják meg, a műanyagokkal is elég jól együttműködnek. Hátrányuk, hogy könnyen elszivárognak, és mivel a szén-dioxidhoz hasonlóan színtelenek, szagtalanok és a levegőnél nehezebbek, észrevétlenül képesek összegyűlni az épületek alsó részeiben, ott akár fulladásos halált is okozva. Ennek ellenére használatuk az 1930-as évektől egyre inkább elterjedt és diadalmenetüknek csak az 1974-ben kezdődött kutatások vetettek véget, melyek kimutatták, hogy az addig szinte ideális hűtőközegnek tekintett halogénezett szénhidrogének súlyosan károsítják az ózonpajzsot. Ennek következménye lett a Montreáli Jegyzőkönyv és az utána következő, egyre szigorodó nemzetközi és hazai előírás. A halogénezett szénhidrogének hűtőközengként való használata a környezetünk védelme érdekében véget ért, gyártásuk, sőt 2004 májusa óta még a karbantartási célú visszatöltésük is tilos. Helyettesítésük megoldása komoly terhet ró a kutatás-fejlesztéssel foglalkozó szakemberekre. Szükséges, hogy a tulajdonságaikat megismerjük annak ellenére, hogy már nem használhatók, hiszen az egyéb alternatíváknak hasonló hűtőtechnikai jellemzőket kell biztosítaniuk, de környezetbarát változatban.

2.4.3.1 Teljesen halogénezett hűtőközegek (CFC)

Ezekben a szénhidrogén-származékokban minden hidrogénatomot halogénatom helyettesít. Gyártásukat, forgalmazásukat betiltották már, ezért csak említés szintjén írunk ide néhány képviselőt közülük. Az R11-es jelű halogénezett szénhidrogén kiváló tulajdonságokkal bírt, magas forráspontjának köszönhetően kisnyomású hűtőközengként a klimatizálásban használták. Nagynyomású hűtéshez az R23 jelű CFC volt a megfelelő, keverékekben az R115-öt és az R125-öt használták gyakran, fagyasztási célokra pedig az R502-es (R22-ből és R115-ből álló) keverék szolgált. Legjelentősebb képviselőjük a korábban már említett R12, ami a háztartási hűtők kizárólagos hűtőközege volt.

Difluor-diklór-metán – R12

Nagyon jó volumetrikus hőelvonású hűtőközeg. Nem mérgező, de a levegőnél nehezebb volta miatt figyelni kell a szellőztetés biztosítására. Nem gyúlékony, biztonságos anyag. Kémiaiilag stabil, a szerkezeti anyagokon nem okoz korróziót és általában a műanyagokat sem károsítja. Környezetkárosító hatása azonban jelentős, az ózonréteget veszélyeztető hatása, ODP-je 1-es, a globális felmelegedés növelését jelző GWP-je kiugróan magas. Kiváltásának alternatíváit a későbbiekben fogjuk tárgyalni.

R502 keverék

Az azeotróp egy elegy, mely alkotói az R22 jelű (a HCFC közegek között ismertetésre kerülő) hűtőközeg és az R115-ös, klórtartalmú - és ezért ózonkárosító - közeg közel fele-fele arányban. Nagy a kompressziótűrése, ezért mélyhűtő berendezések kiváló hűtőközege volt, de környezetkárosító hatása miatt már 2001-ben a tiltott hűtőközegek közé került.

2.4.3.2 Részlegesen halogénezett hűtőközegek (HCFC)

Mint a nevükből és a jelölésükből is kiderül, ezekben a vegyületekben a szénhidrogén molekulának nem minden hidrogénatomját helyettesíti halogénatom. A légkörbe kerülve gyorsan elbomlanak, ezért jóval kevésbé károsítják az ózonréteget, mint a CFC hűtőközegek. A korábbi márkanevet azért ők is megkapták, de a kedvezőbb ökológiai tulajdonságaiknak köszönhetően kiegészült egy jelzővel: lágy freonoknak nevezik őket. A teljesen halogénezett társaikhoz képest kaptak némi haladékokat: csak 2010. január 1. óta tilos gyártani, és 2015 óta nem lehet javításra sem használni őket. Ebbe a csoportba tartozik a magas hőmérsékleti körülmények között működő légkondicionálókban használt R124 és a csere hűtőközengként alkalmazott R142b jelű hűtőközeg, valamint a legszélesebb körben ismert és alkalmazott R22.

Klór-difluor-metán – R22

Alacsony forráspontú, nagy volumetrikus hőelvonású hűtőközeg. Kedvező tulajdonsága, hogy nem mérgező és nem is éghető, de megjegyzendő, hogy nyílt lánggal, izzó felülettel nem érintkezhet, mert bomlástermékei mérgezőek lehetnek. A levegőnél nehezebb, ennek következménye – ahogy már több hűtőközegnél láttuk –

gázömlés esetén az oxigénhiány kialakulása. Kémiaiilag stabil. Vízdoldó képessége nagy, ezért R22-vel üzemelő rendszerek esetén szárítósűrítő használatára van szükség. Jó villamos tulajdonságai alapján hermetikus kompresszorokban is alkalmazható. Kenőanyagként ásványolaj és alkilbenzol alapú hűtőgépolaj, valamint ezek megfelelő keveréke is használható. Betöltésáig hűtő- és mélyhűtő gépek, komfort légkondicionálók kedvelt munkaközeg volt. Hasonló jellemzőkkel rendelkező, ám környezetbarát alternatívát nehéz találni, a fejlesztők több blenddel is próbálkoznak, ezekkel megismerkedünk majd a helyettesítési lehetőségek kapcsán.

2.4.3.3 Klórmentes halogénezett hűtőközegek (HFC)

Ezen vegyületek molekulái nem tartalmaznak klórt, a szénhidrogének hidrogénatomjait részben fluoratomok helyettesítik. Tulajdonságaikban nem veszik fel a versenyt klórtartalmú rokonaikkal, ám jóval kevésbé környezetkárosítóak, ezért azok betöltésével ők is porondra kerültek. Az ózonréteget nem károsítják, de az üvegházhatást növelik, így csupán kompromisszumos megoldásnak tekinthetők. Mondhatjuk ezt azért is, mert az egyszerű drop-in helyettesítésre nem alkalmazhatók, mert kenőanyagként ásványi olajat nem, csak szintetikus olajokat használhatunk. Többségük keverékek alkotórészeként funkcionál. Kivételt jelent az R134a jelű hűtőközeg, mely tiszta hűtőközegként is alkalmazható.

Tetrafluor-etán – R134a

Az R134a az R12-höz hasonló tulajdonságokkal rendelkező, közel azonos volumetrikus hőelvonású, fajlagos hűtőteltjesítményű közeg. Szintelen, enyhén éteres szagú, szivárgásának kereséséhez speciális készülékre van szükség. Nem mérgező és nem gyúlékony, de égésekor veszélyes bomlástermékek keletkezhetnek. Az üvegházhatást jelentősen növeli, bár jóval kevésbé, mint az R12. Kémiaiilag stabil, a szerkezeti anyagokat és a műanyagokat sem károsítja. Az R12-höz hasonlóan hermetikus, csavarkompresszoros és turbókompresszoros rendszereknél is használható. Nagy hátránya, hogy kenőanyagként csak poliglikolok és egyes észterolajok használhatók, melyek nagy nedvszívóképességük miatt könnyen károsítják a fém szerkezeti elemeket. Vízdoldó képessége folyadékalapotban igen nagy, alkalmazása hatékony nedvességsűrítőt igényel. Alkalmazási területe a kereskedelmi hűtők és kisebb fagyasztó berendezések, háztartási mélyhűtők, valamint a gépjárművek klímaberendezései és a komfort klímák.

2.4.3.4 Halogénezett szénhidrogén keverékek

A környezetkárosító hűtőközegek kiváltása más anyagokkal nem egyszerű feladat. Részben a felhasználási lehetőségek széles skálája miatt, részben pedig azért, mert a klórmentes hűtőközegek kenőanyagként használt ásványi olajat szinte teljes mennyiségében el kell távolítani, hiszen az a klórmentes közegekhez nem használható, és a helyére észterolajat kell tölteni. A probléma megoldására olyan keverékeket kellett előállítani, melyek drop-in eljárással betölthetők. Az így kifejlesztett blendeket három csoportban tárgyaljuk: szervizkeverékek régi hűtőberendezések további működtetéséhez, klórmentes hűtőkeverékek új berendezésekhez és drop-in blendek.

Szervizkeverékek

Amennyiben egy hűtőberendezés meghibásodik, javítási célra 2004 májusa óta nem lehet R22-t vagy R502-t használni. Viszont sok ilyen készülék még hosszan működőképes marad, ha egy más, környezetkímélőbb, ásványi olajokkal megfelelően oldódó hűtőközegek keverékkel történik a szerviz. 2015-ig az R22-nek HFC közegekkel alkotott keverékei alkalmasak voltak e célra.

R401A keverék

Rövid távú megoldás volt a fent leírt problémára, hiszen gyártani 2010-ig, szervizcélra használni még öt évig lehetett. Az R12 drop-in helyettesítője volt. R22-ből, R152a-ból és R125-ből álló zeotrop keverék. Csak folyadékalapotban tölthető a hűtőberendezésekbe. ODP-je közel nulla, GWP-je nem túlságosan magas, ezért ökológiailag elfogadhatóbb, mint a tiszta R22. Kenőanyaga ásványolaj-alkilbenzol keverék. Elég nagy a zeotrop blendekre jellemző hőmérsékletcsúszása, alkalmazásánál ezt figyelembe kell venni. Az R401A-t -20 fok feletti, a vele azonos összetevőkből más arányban előállított R401B-t -23 fok alatti hűtési tartományban célszerű használni.

R402A keverék

Az R22 és az R125 mellett kis mennyiségű propánt tartalmaz. Közel azeotrop viselkedésű, csúszása kicsi, ásványolaj-alkilbenzol keverékben jól oldódik. Az R502 kiváltására használták, akárcsak az R402B jelű, azonos alkotó közegekből álló társát.

Klórmentes drop-in keverékek

Szervizcélra alkalmazható, a klórtartalmú hűtőközeg-keverékekkel ellentétben hosszú távon is használható blendek. Néhány százalékban szénhidrogént tartalmaznak, ez biztosítja az ásványolaj kenőanyag oldását az azonnali helyettesítés érdekében, ugyanakkor a kis mennyiség miatt nem teszi őket tűzveszélyessé.

R413A keverék

Közel 90%-ban R134-ből áll, annak kiegészítői az R218 és az R600a jelű hűtőközegek. Zeotrop keverék, hőmérsékletcsúszása viszonylag nagy. Az R12 kiváltására alkalmazható.

R417A keverék

Szintén zeotróp blend, csak folyadék állapotban szabad a berendezésekbe tölteni. Csaknem fele-fele arányban R125-ből és R134a-ból tevődik össze, a drop-in felhasználhatóságát az R600 jelű közegnek köszönheti. Az R22 hosszú távú helyettesítője.

2.4.3.5 Klórmentes hűtőközegkeverékek

Új berendezésekben a korábbi, klórtartalmú hűtőközegek helyett alkalmazható, az ózonpajzsot nem károsító, az üvegházhatást elfogadható mértékben növelő blendek. Kenőanyaguk észterolaj vagy polialkilén-glikol alapú olaj lehet. A legismertebbek jellemző tulajdonságait ismertetjük a következőkben.

R404A keverék

Nagynyomású hűtőközeg keverék, R125, R143a és R134a elegye. Hőmérsékletcsúszása olyan kicsi, hogy a gyakorlatban egyanyagúként viselkedő közegnek tekinthető. Kémiaiilag stabil, és bár az R134a mérsékelt tűzveszélyes, a keverék nem éghető. Nyílt lánggal, izzó felülettel azonban nem érintkezhet a bomlástermékek mérgező hatása miatt. A keverék maga nem mérgező, viszont a levegőnél nehezebb, oxigénhiányt okozhat, ha összegyűlik a helyiségek alsó részeiben. Szivárgását speciális detektorral lehet kimutatni. Észterolaj a megfelelő kenőanyag az alkalmazásához, azonban magas víztartalom esetén a villamos szigetelőanyagokat károsíthatja. Nagy kompressziótűrése alapján kereskedelmi és ipari hűtésben használják, nagy áruházakban, hűtött raktárakban, hűtőkamionoknál. Az R502 kiváltó klórmentes közege.

R407C keverék

Összetevői az R32, az R125 és az R134a jelű hűtőközegek. Zeotrop blend, a hőmérsékletcsúszása jelentős, ezért nehezebben kezelhető és a hűtőberendezésekbe csak folyadékállapotban szabad betölteni. Tulajdonságai az R22-höz hasonlóak, a helyettesítés viszonylag kis átalakítással megoldható, de teljesítménycsökkenéssel kell számolni. Kémiaiilag stabil, nem mérgező és nem éghető (annak ellenére, hogy az R32-es komponens önmagában az). A tömítetlenség kimutatására itt is erre a célra kifejlesztett készülék szolgál. Észter bázisú olajokban oldható, de a nedvességtartalomra ügyelni kell, nedvességszűrőt kell használni. Klímarendszerekben használható, magas elpárolgási hőmérséklettartományban.

R410A keverék

Fele-fele arányban R32-es és R125-ös közegekből álló keverék. Glide-ja elhanyagolhatóan kicsi, azeotrop elegynek tekinthető. Kedvező tulajdonsága, hogy volumetrikus hőelvonása nagy, elpárolgási és kondenzációs hőátbocsátási tényezője is nagyobb az előző két keverékénél. A három közül az R410A igényli a legkisebb kompresszorméretet. Kifejezetten nagynyomású hűtőközeg, ezért alkalmazása a szerkezeti elemek tekintetében fokozott szilárdsági követelményeket jelent. Kémiaiilag stabil. Nem éghető, de tűz esetén lebomlik, és egészségkárosító gázok keletkezhetnek. Nem mérgező, de nagyobb koncentrációban rosszullétet okoz. A levegőnél nehezebb, szivárgás esetén összegyűlhet az alsó szinteken. Észter bázisú kenőanyagokkal használható. Előnyös tulajdonságainak köszönhetően a klimatechnikában új berendezések esetén hosszú távú hűtőközegnek tekinthető.

2.4.3.6 Új alternatívák

Mivel a felsorolt hűtőközegek és keverékek esetében nem kell az ózonlebontó képességgel számolni, az érdeklődés és a kutatás-fejlesztés iránya az üvegházhatás csökkentése felé fordult. A fluorozott szénhidrogének közül középpontba került az R32 jelzéssel ellátott difluor-metán, valamint környezetbarát hűtőközeg alternatívaként megjelent egy új vegyületcsoport, a részlegesen-fluorozott szénhidrogének (hidrofluorolefinek). Jelölésük: HFO hűtőközegek. Közülük a transz-tetrafluor-propilén, aminek jele R1234ze, tűnik kifejezetten jó

lehetőségnek a jövő hűtőberendezéseire. Mindkettő - az R32 és az R1234ze is - elérhető nálunk is, valamint olyan készülékek is megjelennek, melyeknek ezen anyagok valamelyike a hűtőközege. Lássuk rövid ismertetésüket!

Difluor-metán – R32

Az egyik legkörnyezetkímélőbb alternatíva a klórtartalmú hűtőközegek kiváltására. Az ODP-je nulla, a globális felmelegedést növelő hatása jóval alacsonyabb, mint a korábban kifejlesztett hűtőközegeké vagy hűtőkeverékeké (az R134a-hoz képest például a felénél is kevesebb). Színtelen gáz, alacsony toxicitású, éghető, de csak közvetlen tűz esetén gyullad meg és nem robbanásveszélyes. Biztonságosan használható a legtöbb légkondicionálási és hőszivattyús alkalmazásban. Előállítása kedvező árú, kezelése egyszerű, mert gáz és folyadék állapotban is betölthető. Az R32-vel üzemelő berendezések működése energiahatékony és csendes. Korábban gyártott készülékek esetén is helyettesítő közeg lehet, hűtőköri tulajdonságai alapján az R410A kiváltója, beszerelési és szervizelési módjaik, szerszámgényük csaknem teljesen megegyezik. Felhasználási területe elsősorban a kereskedelmi és komfort légkondicionálás és a hőszivattyús technológia.

HFO hűtőközegek

Ezek a hűtőközegek hidro-fluor-olefinek, vagyis olyan fluorozott szénhidrogének, melyeknek molekulájában legalább egy helyen kettős kötés van a szénatomok között. A légkörben gyorsan elbomló, nulla ODP-jű és igen alacsony GWP értékkel rendelkező enyhén gyúlékony (A2 osztályú) vegyületek, ezért a jövő ökológiai követelményeinek is képesek lesznek megfelelni. További előnyük, hogy a HFC közeggel működő berendezések kisebb átalakításával alkalmazhatók, ez megkönnyíti az átállást. Az R134a hűtőközegeknek a mobil légkondicionáló rendszerekben való alkalmazásának betiltása után DuPont és Honeywell fejlesztették ki az első hidro-fluor-olefint.

Transz-tetrafluor-propilén – R1234ze

A nullás ODP mellett mindössze 6-os globális felmelegedést növelő potenciállal rendelkezik, ezzel bőven a 2025-re előírt 150-es GWP alatt van. Jó hűtőtechnikai paraméterekkel bír, azok alapján az R134a helyettesítésére alkalmas, de volumetrikus hűtőkapacitása több mint 20%-kal alacsonyabb az R134a-nál és az R1234yf-nél. Folyadékhűtőkben, valamint magasabb hőmérsékleten alkalmazzák, mert az alacsonyabb elpárolgási hőmérsékleteken a forráspontja (-19 °C) jelentősen korlátozza használatát. Nem mérgező (bár nagyobb koncentrációban belélegezve eszméletvesztést okozhat), és kevésbé gyúlékony. Várhatóan a folyadékhűtők és a hőszivattyúk hosszú távú hűtőközege lesz. Jelenlegi nagy hátránya a meglehetősen magas ár, remélhetően csökkenni fog az elkövetkező évek folyamán és akkor valóban a 21. század hűtőközege lehet.

R1234yf

Ez egy alacsony GWP értékű alternatívája az R134a-nak, melynek termodinamikai jellemzői hasonlítanak az R134a-ra és felhasználható a mobil klímákban.

Az R1234yf és az R1234ze emellett gyakran használt alapkomponek a HFO/HFC keverékekben.

2.5 A környezetkárosító hűtőközegek kiváltásának lehetőségei

A fejezet következő részében kísérletet teszünk arra, hogy a környezetkárosító hűtőközegek kiváltásának lehetőségeit rendszerbe foglalva bemutassuk. Mielőtt a konkrét helyettesítési alternatívákat bemutatnánk, felidézzük a hűtőközegcsere két előírt lépcsőfokát.

Rövid távú kiváltó közegek

A környezetvédelem sürgető igényének megfelelően a fejlesztők igyekeztek minél gyorsabban olyan közegeket előállítani, amik átmenetileg kiválthatják a klórozott szénhidrogéneket. Így olyan keverékek készültek, melyek a meglévő berendezésekben szervíz célokra alkalmazhatók, a hosszú távú környezetvédelmi stratégia előírásainak azonban nem tudnak megfelelni. Ezek általában drop-in eljárással betölthető zeotrop blendek, melyeknél a berendezésben alkalmazott olajok nem szorulnak cserére.

Hosszú távú kiváltó közegek

A hűtőközegek helyettesítésével kapcsolatban nem szabad szem elől téveszteni a jövőre vonatkozó jogi szabályozást. Előírás például, hogy 2020. január 1-től nem lehet majd olyan anyagokat alkalmazni, melyeknek 2500 feletti a GWP-je, valamint 2022-től nem kerülhet piacra olyan berendezés, melynek globális felmelegedést okozó potenciálja eléri a 150-et. Ugyanakkor figyelembe kell venni a hatékonyság és a gazdaságosság szempontjait is: az új hűtőközeget használva a berendezés teljesítménye nem csökkenhet a korábbi érték 95%-a alá. Tehát az új hűtőközegek fejlesztésekor a környezetkárosító hatás csökkentése mellett figyelembe kell venni azt is, hogy azok a hűtőköri folyamatokban alkalmazhatók legyenek és hatékonyan, biztonságosan működjenek. A kihívás adott, a fejlesztők pedig gőzerővel dolgoznak az egyszerre környezetbarát és hatékony hűtőközegek, hűtőközeg-keverékek előállításán.

E bevezetés után haladjunk sorban a kiváltás lehetőségein!

2.5.1 Az R12 kiváltása

A difluor-diklór-metán hűtőtechnikai jellemzői kiválóak, ezért sok területen felhasználható hűtőközegeként: háztartási és kiskereskedelmi mélyhűtőknél, kereskedelmi hűtőberendezéseknél, klímáknál, autóklimáknál, hőszivattyúknál. Ugyanakkor klórtartalma miatt erősen környezetkárosító anyag, kiváltása elkerülhetetlen.

Hozzá hasonló tulajdonsággal bíró, de klórmertessége révén nullás ODP-vel, és az R12-énél jóval alacsonyabb GWP-vel rendelkező közeg a tetrafluor-etán, az R134a. Azonban az átállítás nem egyszerű, mert az R12 használata során kenőanyagaként ásványolajok és alkilbenzol alapú olajok voltak használatban, az R134a viszont egyáltalán nem oldja ezeket.

2.5.1.1 Drop-in közegkiváltás

Ahol az olajcsere nem megoldható vagy az adott berendezésnek csak korlátozott ideig kell működnie, rövid távú megoldásként az R413A jelű keveréket lehet drop-in közegként használni. A cserével néhány %-os hűtőteljesítmény-növekedésre lehet számítani. Az átállítás menete a következő munkafázisokat foglalja magában:

1. A tömítettség ellenőrzése, javítása
2. Az R12 lefejtése
3. Az előregedett olaj cseréje
4. A szárítósűrő cseréje
5. Vákuumolás
6. Az új hűtőközeg betöltése
7. Üzembe helyezés, az expanziószelep ellenőrzése
8. A túlhevítés csökkentése vagy szelepcsere
9. Az új hűtőközeg feltüntetése a berendezésen

2.5.1.2 Hosszú távú helyettesítés

Hosszú távon az R134a lehet a kiváltó közeg. Klimatizálás esetén kiváló, de hűtő alkalmazásnál is elég jó eredményt lehet elérni, mélyhűtés esetén nem ajánlott. Alapvető feltétel, hogy a berendezés műszaki állapota jó legyen, és kémiaiilag stabilan üzemeljen. A hűtőközeg helyettesítése nem drop-in, hanem retrofit eljárással, az ásványolaj észterolajra történő cseréjével kivitelezhető. Az észterolaj tisztaságára és nedvességtartalmára ügyelni kell, ennek érdekében minél kisebb kiszerezéssel kell dolgozni, hiszen a felbontott, maradék olaj további felhasználásra alkalmatlan. A munkafolyamatok vázlatosan a következőképpen néznek ki:

1. A tömítettség ellenőrzése, javítása
2. Az R12 lefejtése
3. Az előregedett olaj leengedése, az olajleválasztó kiürítése
4. A folyadékoldali szárítósűrő cseréje, szivóoldali szárítósűrő beépítése
5. Észterolaj betöltése
6. Vákuumolás
7. A régi hűtőközeg visszatöltése
8. Üzemeltetés (első öblítés)
9. Az ásványolaj-észterolaj keverék leengedése
10. Második öblítés új észterolajjal és a régi hűtőközeggel
11. Az öblítéseket addig kell folytatni, míg az ásványi olaj aránya az olajkeverékben 2% alá csökken

12. Ellenőrzés (eszköz: Retrofit Test Kit)
13. Az R12 leszívása, a vákuum megszüntetése
14. A szárítósűrítő és az expanziószelep cseréje
15. Nyomáspróba
16. Vákuumolás
17. Friss észterolaj betöltése
18. Az új hűtőközeg, az R134a betöltése, szivárgásellenőrzés
19. Üzembe helyezés
20. Az átállítás feltüntetése

A retrofit eljárás természetesen több lépésből áll, bonyolultabb, idő-, költség- és munkaigényesebb, mint az egyszerű hűtőközegcsere, ezért meggondolandó, hogy az adott berendezés képvisel-e olyan anyagi értéket, amire érdemes még ennyi költséget, munkát fordítani.

Az átállítás munkafolyamata más hűtőközegek helyettesítése során is hasonlóképpen működik, mind a drop-in, mind a retrofit eljárás esetében, ezért azt a többi kiváltandó hűtőközeg cseréjénél már nem fogjuk jelezni.

2.5.2 Az R502 kiváltása

Mivel még mindig akadnak R502-vel üzemelő hűtőberendezések, ennek a hűtőközegnek is megoldandó feladat a helyettesítése. Drop-in kiváltásra hűtőberendezéseknél az R408A keverék, régebbi fagyasztós autók esetén az R403B használható. Új készülékekben korábban az R404A (élelmiszerhűtésnél, nagyáruházak hűtő- és fagyasztórendszerénél) és az R507 jelű azeotrop keverék volt alkalmas a helyettesítésre, napjainkban a korábban ismertetett szabályozás miatt már alternatív hűtőközeggel kell megoldani az átállítást.

2.5.3 Az R22 kiváltása

Az R22 jelű, környezetkárosító hatású hűtőközeg kiváltására elsősorban hűtőközeg-keverékek jöhetnek szóba. Mivel az R22 igen elterjedt, széles alkalmazási területű hűtőközeg, meg kell vizsgálni, hogy az adott helyettesítő milyen üzemmódban képes betölteni az R22-től átvett funkciót. Attól függően, hogy drop-in vagy retrofit közegre van szükség, más-más alternatívát találhatunk, illetve külön meg kell említeni az új berendezésekhez szükséges hűtőközegeket is.

2.5.3.1 Drop-in közegkiváltás

Az R417A keverék izobutántartalmának köszönhetően rendelkezik olyan olajoldó képességgel, ami a drop-in helyettesítésre alkalmassá teszi. Hűtőtechnikai tulajdonságai is kedvezőek, bár jelentős hőmérsékletcsúszással bír. A hűtőteltjesítmény kicsit alacsonyabb, a COP érték viszont magasabb lesz, mint az R22-vel üzemelő berendezéseké. Szervizcélra és hosszútávú helyettesítőként is használható a klimatechnikában.

2.5.3.2 Hosszú távú helyettesítés

Az R22-höz nagyon hasonló hűtőtechnikai tulajdonságokat találunk az R407C blend esetében, ezért folyadék-hűtők és klímaberendezések átállítására ez a közeg alkalmas lehet. Az eljárás viszont retrofit jellegű, többszöri olajcserét igényel, így költséges és munkaigényes, de félhermetikus rendszereknél megoldható. Olyan rendszereknél azonban, melyek esetében hermetikus kompresszor van beépítve forrasztásos csatlakozásokkal, nem alkalmazható (ilyenek például a split komfort légkondicionálók).

-10 és +10 fok közötti hőmérséklettartományban az R134a jellemzői is közel vannak az R22 tulajdonságaihoz, ezért kereskedelmi hűtőkben az R22 kiváltására ez a közeg is alkalmas lehet. Előfordul, hogy komfort klímaberendezésekben is R134a-ra cserélik a környezetkárosító hűtőközeget, bár az azonos teljesítmény eléréséhez jóval nagyobb töltetre, hőcserélőre, nagyobb átmérőjű vezetékekre van szükség.

Az R404A keverék csúszása kicsi, jól kezelhető. Jó kompressziótűrése fagyasztók, hűtőkamrák berendezéseinek való alkalmazását teszi lehetővé. Bár az ODP-je nulla, jelentős globális felmelegedést növelő hatással bír, GWP-je 2500 feletti. Így már a közeljövő környezeti védelmi szabályozásának sem felel meg, semmiképpen nem nevezhetjük a jövő hűtőközegének.

Az R410A kedvező tulajdonságokkal rendelkező keverék, aminek előnyös tulajdonsága az is, hogy kicsi, könnyen kezelhető a hőmérsékletcsúszása. Az R22-nél nagyobb hatékonyságot biztosít a berendezéseknek, viszont ehhez nagyobb nyomás szükséges, ezért csak új berendezéseknél alkalmazható. Dugattyús és

spirálkompresszorok esetében nagyon jó választás az R22 kiváltására. Kereskedelmi hűtőkben, légkondicionálókban, hőszivattyús berendezésekben alkalmazzák.

Ezekkel a hűtőközegekkel és hűtőközegkeverékekkel a klórmertességet biztosítani lehet, ennek következtében az ózonpajzs védelme megvalósul. Ugyanakkor az üvegházhatást ezek is növelik, így a 2020-ra, aztán 2022-re előírt egyre szigorúbb szabályozásnak nem felelnek meg. A "hosszú távú kiváltó közeg" megnevezés így tévesnek bizonyul, ezek az anyagok is helyettesítésre szorulnak. Az R404a közeget R407F jelűvel, az R134a-t az R450A jelűvel, az R410A-t pedig az R447A jelűvel helyettesíthetjük a közeljövőben. Előtérbe kerülnek a természetes hűtőközegek mellett az R32 és a HFO, valamint ezek keverékéből álló hűtőközegek, melyeknek GWP-je megfelelően alacsony tud lenni, bár megjegyzendő, hogy az R32 egynemű anyagként a 2500 alatti és a 750 alatti GWP-t igen, de a 150-nél kisebbet nem tudja teljesíteni.

2.6 Közvetítőközegek

Léteznek olyan hűtőrendszerek, melyeknél a hűtés és az elpárolgatás különböző helyszínen történik, ezeket közvetett hűtőrendszereknek nevezzük. Alkalmazásuknak oka lehet a rendszer nagysága, összetett volta vagy egyéb szabályozási okok, valamint a biztonsági szempontok. Adott esetben ez költséghatékonyabb, a környezetvédelmet fokozottabban szem előtt tartó megoldás lehet. Ilyen esetekben azonban a hőt szükséges elszállítani a hőelvonás helyéről az elpárolgatóig, és ehhez közvetítőközegeket kell használni.

A közvetítőközegek alkalmazásának előnye lehet a hűtőközeg mennyiségének csökkenése, a könnyű szabályozhatóság és ellenőrizhetőség, a berendezés egyszerűbb átalakítása, hátránya viszont a magasabb költség a szivattyúzás, nagyobb csőméretek, szigetelés és a nagyobb energiafelhasználás.

2.6.1 Közvetítőközegek tulajdonságai

A közvetítőközegek folyékony halmazállapotú anyagok, amiknek meg kell felelniük az alábbi követelményeknek:

Fizikai követelmények:

- a legkisebb elpárolgási hőmérsékletnél 3-8 Kelvinnel alacsonyabb fagyáspont
- kis viszkozitás
- kis gőznyomás
- nagy fajhő
- nagy hővezetési együttható

Kémiai, fiziológiai, ökológiai követelmények:

- A közvetítőközegnek kémiaiilag stabilnak kell lennie.
- Általános követelmény, hogy ne legyen éghető. (Van néhány kivétel, ott elvárás, hogy a lobbanáspont a legnagyobb üzemi hőmérsékletnél magasabb legyen.)
- Élelmiszeripari felhasználás esetén a közvetítőfolyadék nem lehet mérgező, de a többi alkalmazási területen is vannak szigorúan betartandó biztonsági előírások.
- Kompatibilisnek kell lennie a rendszerben felhasznált anyagokkal és berendezésekkel. Ha egy közvetítőfolyadék korrozív, akkor inhibitort kell használni vagy megfelelő szerkezeti anyagokat kell alkalmazni.

2.6.2 Közvetítőközegek csoportosítása

A közvetítőközegeket két nagy csoportba sorolhatjuk: a szervetlen és a szerves folyadékok. Az előbbieket közé tartozik a víz és a sók vizes oldatai, az utóbbiak közé az alkohololdatok, a szénhidrogén vegyületek és a szilikonolajok. Röviden ismertetjük a tulajdonságaikat.

2.6.2.1 Szervetlen közvetítőközegek

A víz, mint közvetítő folyadék

A vizet senkinek nem kell bemutatni. Számtalan ismert felhasználási területe mellett hűtőrendszerek közvetítőközegeként is kiváló. Olcsó és a fent leírt követelményeknek teljes mértékben megfelel. Fagypon feletti alkalmazási területen igen jó hőhordozó.

Sóoldatok

A víz fagyáspontja jelentősen csökkenthető, ha különböző sókat oldunk benne. Ilyen só lehet a nátrium, a magnézium és a kalcium kloridja, vagy a kálium-karbonát. Az oldatok összetételét annak tudatában érdemes megválasztani, hogy minden oldat esetében létezik a legalacsonyabb dermedési hőmérséklet, az úgynevezett eutektikus hőmérséklet, ami adott összetételhez, az eutektikus tömegarányhoz tartozik. Az ennél alacsonyabb vagy magasabb sótartalom egyformán a dermedéspont növekedését okozza. A szervesetlen sóoldatok legkisebb dermedési hőmérséklete akár a -50 fokot is elérheti. Az alacsony fagyáspont mellett nagy előnyük az, hogy kicsi a viszkozitásuk, biztonságosak, nem gyúlékonyak, nem mérgezőek, ezért az élelmiszeriparban is felhasználhatók. Hátrányuk, hogy nem mindig kompatibilisek a szerkezeti anyagokkal. A klórtartalmúak többé-kevésbé korrozív hatásúak, kémhatásukat adalékanyagok segítségével szükséges beállítani és később is rendszeresen ellenőrizni, korrigálni kell.

2.6.2.2 Szerves közvetítőközegek

Vizes alkohololdatok

A víz fizikai tulajdonságait nemcsak sók, hanem szerves vegyületek hozzáadásával is befolyásolhatjuk, tovább csökkentve az eutektikus hőmérsékletet. A felhasznált szerves anyagok lehetnek alkoholok, mint például a metanol és az etanol, a glikolok vagy a glicerín. Oldataik nem korrozívak, de oxigén hatására szerves savak képződhetnek belőlük, emiatt itt is ajánlatos inhibitorokat használni.

Monoetilén-glikol

A vizes alkohololdatok egyik legelterjedtebb képviselője. Előnye, hogy nem költséges az előállítás, kedvező a fagyáspontja, viszkozitása, hőátadása, nem maró és nem is gyúlékony. Hátránya, hogy nem biztonságos, mérgező, és a megsemmisítése költséges.

Monopropilén-glikol

Szintén alacsony fagyáspontú, de abszolút biztonságos közvetítőközeg. Nem gyúlékony, nem maró hatású, nem mérgező. Élelmiszer- és gyógyszeripar területén is felhasználható. Hátránya a nagyobb viszkozitás és a drága megsemmisítés.

Érdemes megemlítenünk még a szénhidrogén vegyületeket, melyek tisztán és keverékek formájában is alkalmazhatók közvetítőközegeként. Nem jelentenek ideális megoldást, hiszen éghetőek és fajhőjük jóval alacsonyabb, mint a vízé. Kedvező tulajdonságokkal a klórtartalmú szénhidrogének rendelkeznek, de a hasonló hűtőközegekkel együtt mára már ezek is betiltásra kerültek. Élelmiszeripari alkalmazásra a szilikonolajok is használhatók, mert nagyon alacsony fagyáspontúak és nem mérgezőek. Előállítási költségük viszont igen magas. Ugyancsak költséges megoldás az úgynevezett folyékony jég, ami úgy készül, hogy egy folyadékba (például alkoholos, sós oldatok) folyamatosan jégkristályokat kevernek. Hűtőskor a rendszer a folyékony jég olvadáshőjét használja. Előnye, hogy kevesebb közvetítőközeget kell szállítani, magasabb hőmérséklettel használható és hidegtárolásra is alkalmas.

Bio PDO bázisú közvetítőközeg

A környezetvédelmi szempontok biztosítása érdekében fejlesztették ki az úgynevezett bio közvetítőközegeket. Ezek napjainkban már kereskedelmi forgalomban is kaphatók. Nemcsak hűtő- és klímarendszerekhez, hanem központi fűtéshez, felületfűtéshez és -hűtéshez, továbbá tűzoltó rendszerekhez is jól alkalmazhatók. Hatékonyan védik a szerkezeti elemeket a korróziótól, gátolják az iszapképződést. További előnyük, hogy fagyveszély ellen is kiválóan védenek. Viskozitásuk a vízéhez hasonló.

2.7 Kenőolajok

A fejezet következő részében áttérünk a kenőolajok tulajdonságainak, felhasználhatóságának ismertetésére. A hűtőközegek átállításának lehetőségei kapcsán többször esett szó arról, hogy a cserének fontos szempontja a hűtőközeggel együtt használható kenőolaj fajtája. Tekintsük át most ezt a témát részletesebben!

A hűtőberendezésekben a kenőolaj minősége egyáltalán nem mellékes. A rendszer élettartama és hatásfoka nagyban összefügg a jól megválasztott, jó minőségű kompresszorolaj alkalmazásával. Ha eltérünk az előírástól vagy gyengébb minőségű kenőolajat használunk, azzal a kompresszor idő előtti meghibásodását kockáztatjuk.

A kenőolajokkal szemben komoly elvárásokat támasztunk: hosszú idejű, akár 10 - 15 éves használhatóság, szélsőséges hőmérséklet-tűrés, a szerkezeti anyagokkal és a hűtőközegekkel szembeni inaktivitás. Megfelelően kell oldódnuk az adott hűtőközegben, anélkül, hogy annak fizikai tulajdonságait rontanák. Előnyös tulajdonságuk, ha minél kevésbé hajlamosak a felhabzásra. Vizet és ásványi sókat nem tartalmazhatnak. Jó kenőképességgel kell rendelkezniük a változó üzemi körülmények között is. Kenőképességük jellemzésére elsősorban a viszkozitás megadása alkalmas, bár ez önmagában gyakran nem elegendő, hiszen a sűrűlődségi folyamatokat a szerkezeti elemek tulajdonságai is befolyásolják. A viszkozitás az anyag belső ellenállásának mértéke a csúsztató feszültséggel szemben. Belső sűrűlődségnek is nevezhetjük, hétköznapi szóhasználatnál pedig azt jelenti, hogy egy adott folyadék könnyen vagy nehezen folyik. A viszkozitás nem az anyagra jellemző állandó, hanem egy hőmérsékletfüggő tulajdonság, mértéke a hőmérséklet emelésével csökken. A hűtőgépolajok esetében egy nemzetközi megállapodás alapján a 40°C-on mért viszkozitást szokás megadni, ez alapján sorolják a kenőolajokat különböző viszkozitási osztályokba. Ha egy adott olajféleség viszkozitását a hőmérséklet függvényében koordináta-rendszerben ábrázoljuk, egy egyenest kapunk. Ennek az egyenesnek a hajlásszöge a viszkozitási index. A hűtőberendezések működéséhez kedvező, ha egy kenőolaj viszkozitása minél kevésbé változik az üzemi hőmérséklet-határok között, tehát a viszkozitási indexe kicsi. Energiahatékonysági szempontból pedig a kisebb viszkozitású olaj alkalmazása sokkal előnyösebb.

2.7.1 A kenőolajok tulajdonságai

Érzékszerveinkkel észlelhető tulajdonságok: szín, szag. A hűtőberendezésekben használt olajoknak nagy tisztaságúnak, átlátszónak kell lennie. Színük általában halványsárga, ha barnásra, vörösesre változik, vagy zavaros lesz, az elhasználódásra, károsodásra utal. Szaguk enyhe, bár jellegzetes olajszag, ha szúróssá, műanyagszagúvá válik, az szintén hibát jelez.

A kenőolaj elgőzölgő-képességét a lobbanáspontja mutatja. Lobbanáspontnak nevezzük azt a legkisebb hőmérsékletet, melyen az olaj gőzei a levegővel meggyújtható elegyet hoznak létre.

Fontos jellemzője a hűtőgépolajoknak a savszám, mely az adott olaj szabad savtartalmának mennyiségére utal. Ezek a savak veszélyeztetik a hűtőberendezések villamos szigeteléseit.

Az elszappanosítási szám az olajban található észter mennyiségét jelzi. E két mutató viszonya az olaj előregedésének jelzésére szolgál.

A hűtőberendezés olajháztartását a kenőolaj folyási képessége is befolyásolja.

Fontos jellemző még az olaj dermedéspontja, vagyis az a hőmérséklet, melyen az olajból szilárd anyag kezd kiválni.

A víztartalom szempontjából a különböző típusú hűtőgépolajok más-más tulajdonságot mutatnak. Az ásványi olajok víztartalma és nedvszívó képessége kicsi. A szintetikus olajok nedvszívó képessége nagy, levegővel érintkezve víztartalmuk megnő, gyakran károsan magas szintre, ez a hűtőberendezéseknél külön odafigyelést igényel.

Mivel a kenőolajnak a hűtőközeggel kell együttműködnie, a hűtőközeg-állóság is jelentős tulajdonság. Azt az időtartamot jelenti, ami alatt az adott hőmérsékleti és nyomásviszonyok között az olajban még nem mutathatók ki szétesési termékek.

Amíg az olaj tiszta, teljesen elégethető. Ha hamu marad vissza, az a szennyezettség jele, ennek mutatószáma a hamutartalom.

Magának az olajnak is lehetnek hűtőközegekben oldhatatlan részei, melyek kiválásukkal dugulást okozhatnak, ezért felhasználásra alkalmatlanná teszik őket.

2.7.2 A kenőolajok csoportosítása

Alapvetően két nagy csoportot különböztethetünk meg: a természetes eredetű és a mesterségesen előállított olajokat. Az előbbi csoportot ásványolajoknak, az utóbbit pedig szintetikus olajoknak is nevezzük. Mindkettő tovább bontható az összetevőik alapján.

2.7.2.1 Ásványolajok

Jelölésük: MO. A megkülönböztetésük alapja, hogy mennyi szénhidrogént tartalmaznak nafténbázisú kötésben, vagyis telített gyűrűs szénhidrogénként. A két csoportot elválasztó érték a 38%, ez alatt paraffinbázisú, felette pedig nafténbázisú ásványolajról beszélünk. A nafténbázisú ásványolajok kenési tulajdonságait adalékanyagokkal javítják, ezzel számtalan területen alkalmazhatók. A paraffinbázisú olajok halogénezett hűtőközegekhez nem alkalmazhatók. Általában elmondható, hogy az ásványolajok jó kenőanyagként használhatók az ammóniával, a szénhidrogénekkel, és a teljesen vagy részlegesen klórozott hűtőközeggel üzemelő berendezéseknél.

2.7.2.2 Szintetikus olajok

Ezeket a mesterségesen előállított hűtőgépolajokat négy csoportra oszthatjuk: alkilbenzolok, polialfa olefinek, poliol-észter olajok, polialkilén glikolok és polivinil-éter olajok. Közülük régebben kifejlesztett, hagyományos kenőanyagként minősülnek az alkilbenzolok, ásványolajjal keverve is, valamint a polialfa olefinek. Az észterolajokat, a polialkilén glikolokat és a polivinil-éter olajokat nevezhetjük új kenőolajoknak.

2.7.2.3 Alkilbenzolok

Jelölésük: AB olaj. Benzol és olefinek, vagy más néven alkének (kettős kötést tartalmazó szénhidrogének) kémiai reakciójával előállított hűtőgépolajok. Nagy előnyük, hogy használatukkor kevés vagy nincs is olajfelhabzási probléma. Hermetikus és félhermetikus kompresszoroknál jól alkalmazhatók. A tiszta alkilbenzolok szénhidrogénekkel, klórozott szénhidrogén hűtőközegekkel jól együttműködnek, ammóniával és klórmentes közegekkel csak korlátozottan. Nafténbázisú ásványolajokkal alkotott keverékeik HFC hűtőközegekkel nem használhatók, szénhidrogének, CFC valamint HCFC közegek esetén azonban jobb oldódási tulajdonságot és hőstabilitást mutatnak, mint a tiszta alkilbenzolok.

2.7.2.4 Polialfa olefinek

Szintén a szénhidrogének közé tartozó, termikusan stabil, jó viszkozitási indexű kenőolajok. Jelölésük: PAO olaj. Előnyös tulajdonságuk, hogy nem higroszkóposak, a levegő nedvességtartalmát nem kötik meg. A klórozott szénhidrogének korlátozottan oldják, szénhidrogénekkel és ammóniával viszont nagyon jól együttműködnek.

2.7.2.5 Észterolajok

Pontosabb néven poliol-észter olajoknak nevezzük őket, jelölésük POE olaj. Kémiaileg és termikusan stabilak, viszkozitási indexük jó, szénhidrogén és klórmentes halogénezett szénhidrogén hűtőközegekkel működő berendezésekhez egyaránt alkalmasak kenőanyagként. A fém szerkezeti anyagokat és a tömítőanyagokat sem károsítják. Hátrányuk, hogy erősen higroszkóposak, nedvességgel való érintkezésüket kerülni kell, ezért a szállításuk, tárolásuk, felhasználásuk komoly odafigyelést igényel. Az észterolajok elterjedése az R134a-nak köszönhető. Mivel a klórmentes hűtőközegek az ásványolajat, az alkilbenzolokat és a kettő keverékeit nem oldják, ezekhez megfelelő új kenőolajokat kellett kifejleszteni.

2.7.2.6 Polialkilén glikolok

Röviden PAG olajoknak nevezik őket, leggyakrabban használt képviselőjük a polipropilén glikol. Termikusan stabilak, viszkozitási indexük jó, viszont még az észterolajokénál is nagyobb a nedvszívó képességük, a kezelési előírások tehát még szigorúbban betartandók! HFC hűtőközegekhez, szénhidrogénekhez, ammóniához párosíthatók.

2.7.2.7 Polivinil éterek

A kenőolajok legújabb nemzedéke, bár ma már több gyártó is használja őket hűtő- és klímaberendezéseiben. Jelölésük: PVE olajok. Klórmentes hűtőközegek és hűtőközgekeverékek kenőanyagként alkalmazhatók.

2.7.3 A hűtőközeg és a kenőolaj együttműködése

A megfelelő párosítás kiválasztásához figyelembe kell venni a hűtőberendezés és az elpárologtató típusát, valamint az üzemmódot, amiben használni akarjuk. Az olajnak amellet, hogy a mozgó alkatrészek kenésére

szolgál, szerepe van a tömítésben és bizonyos hűtő és szabályozó elemek működtetésében is. Ráadásul amennyire hasznos és fontos, hogy a kompresszorban jelen legyen, annyira lényeges az is, hogy a többi szerkezeti elembe ne legyen túl nagy a mennyisége.

A hűtőközeg a kompresszorból olajcseppeket és gőzöket visz magával, ezt a jelenséget olajelhordásnak nevezik. Ha az így távozó olajat nem juttatjuk vissza, az a kompresszorban nagyon hamar olajhiányt, kenési problémákat okoz.

Ugyanakkor az olaj és a hűtőközeg kölcsönösen hat egymásra, befolyásolva egymás tulajdonságait. Az olaj ronthatja a közeg hőtechnikai jellemzőit, a hűtőközeg pedig az olaj kenési tulajdonságait módosíthatja. A rendszer működése közben bekövetkező hőmérséklet- és nyomásváltozások is kihatással vannak a két anyag kapcsolatára. Állásidőben a hőmérsékletcsökkenés miatt lehűlő olaj nagyobb mennyiségű hűtőközeget elnyelhet. Induláskor pedig csökken a nyomás és a hűtőközeg párolgása miatt az elegy felhabzik, megnövelve az olajelhordás mértékét. Ez extrém esetben szeleptöréshez is vezethet, olajszivattyús rendszerekben pedig átmeneti kenésszünetet okoz. Ezen problémák enyhítésére, megelőzésére oda kell figyelni a csővezetékek megfelelő méretezésére és nyomvonalára, a lehető legkisebb viszkozitású olajat érdemes használni, állásidőben a kompresszor olajteknőjét fűteni kell és úgynevezett pump-down kapcsolást kell alkalmazni, ami automatikus leszivattyúzást jelent a kompresszor leállításakor. Szükséges beépíteni az olajmennyiség ellenőrzésére szolgáló olajnyomás-szabályzót és olajtisztító berendezést.

A hűtőközegek lehetnek olajat legalább korlátozottan oldó és olajat nem oldó közegek. Az előbbiek esetében az olaj-hűtőközeg keverék együtt halad a rendszerben és visszatér a kiindulási helyére. Ezek a hűtőközegek kisebb, felügyelet nélkül működtethető berendezések esetében használhatók jól. Nagy, ipari berendezésekben a kompresszor után leválasztják az olajat és külön vezetik vissza a kompresszorhoz. Ez értelemszerűen az olajat nem oldó hűtőközegek alkalmazásánál lehetséges. Az olaj és a hűtőközeg közötti oldódás lehet teljes, mint például az R12 és az ásványolaj esetében, vagy korlátozott, amilyen az R22 és a nafténbázisú ásványolajok oldódása.

A hűtőközeg-olaj keveréknél azt is fontos szem előtt tartani, hogy a kétféle alkotórésznek nagyon eltérő a forráspontja: az olajé jóval magasabb. Az olajos hűtőközeg átlagos párolgási hőmérséklete magasabb, mint a tiszta hűtőközegé, de ez az eltérés nem jelentős, ha az olajelhordás kis mértékű, vagy ha olajleválasztót alkalmazunk. A hűtőközeg és az olaj forráspont-különbsége következtében a hűtőberendezések elpárologtatójából szinte teljes mennyiségében tiszta hűtőközeg-gőz távozik, egészen kevés hűtőközeget is tartalmazó olaj kíséretében. Ez az olajban oldott hűtőközeg nem párolgott el az elpárologtatóban, helyette a kompresszorban fog, rontva annak szállítási fokát. Erre a problémára a belső hőcserélő nyújthat megoldást.

3 Hűtőrendszer elemei (Szerk.: Vasáros Zoltán)

Könyvünk első, bevezető fejezetében röviden összefoglaltuk a hűtőkörfolyamatot, és említést tettünk a hűtőberendezések szerkezeti elemeiről. A jelen fejezet célja ezek részletes ismertetése, működésük bemutatása. Elsősorban a kompresszoros hűtőberendezések készülékeivel: a kompresszorral, a kondenzátorral, az elpárolgatóval és az adagolószervvel foglalkozunk, de kitérünk a szerelvényekkel és a csővezetékekkel kapcsolatos tudnivalókra is.

3.1 Kompresszor

A kompresszor feladata a hűtőberendezésben, hogy az elpárolgatóból elszívott hűtőközeg gőzt cseppfolyósítható állapotba hozva továbbítsa, mechanikai energiát felhasználva. Alapvető követelmények ezzel a készülékkel szemben: jó energetikai hatásfokkal működjön (üzemeltetési és ökológiai szempontból is fontos), hosszú élettartamú legyen és minél kisebb zajt keltsen.

3.1.1 Kompresszorok csoportosítása

1. Működési elvük alapján

Ebből a szempontból két nagy csoportra oszthatók: dugattyús és turbókompresszorokra. A dugattyús kompresszorok térfogat-kiszorítással működnek, hűtőközeg-szállításuk szakaszos, de egy fokozatban is jelentős nyomásviszonyt lehet elérni velük. Ezzel szemben az áramlási elveken működő turbókompresszorok folytonos szállításúak, nagy térfogatáramok esetén is alkalmazhatók, viszont kisebb nyomásviszonyt tudunk elérni a használatukkal.

A dugattyús kompresszorok között megkülönböztetünk alternáló dugattyús és forgódugattyús típusokat. Az előbbihez tartoznak a tárcsadugattyús, a merülődugattyús, a membrán és a lengő kompresszorok. A forgódugattyús (vagy más néven rotációs) dugattyúk csoportját a gördülődugattyús, a forgólapátos készülékek, valamint a csavar- és a spirálkompresszorok alkotják.

A turbókompresszorok az áramlási irány alapján megkülönböztetve lehetnek radiál vagy axiál kompresszorok.

2. A hajtómotor elhelyezése szerint

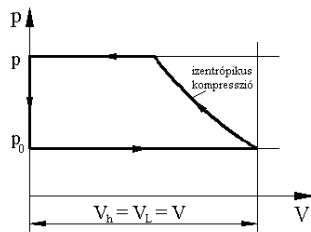
Attól függően, hogy a meghajtómotor és a kompresszor egymástól el van-e különítve, beszélhetünk nyitott, félhermetikus és hermetikus kompresszorokról. A nyitott hűtőkompresszorok szabadba kivezetett tengelycsontokkal rendelkeznek, mely a hajtómotorhoz csatlakoztatható. A félhermetikus kompresszorok esetében a meghajtómotor és a kompresszor egybe van szerelve, de a burkolata bontható. A hermetikus kompresszorok motorja a gáztérben helyezkedik el, a kompresszorral egy tengelyen, lehegesztett burkolatban.

A továbbiakban a működési elvnek megfelelő csoportosítás alapján áttekintjük az egyes kompresszortípusok jellemzőit, működésmódját, felépítését, szabályozását.

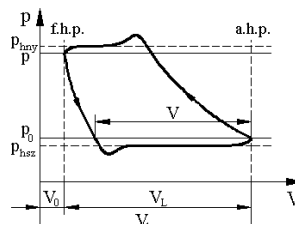
3.1.2 Alternáló dugattyús kompresszorok

Bár a korábbi csoportosításnál négy különböző kompresszortípust is az alternáló dugattyús kompresszorok közé soroltunk, a gyakorlati életben csak egy van, ami igazán elterjedt: a merülődugattyús kompresszor, ezzel foglalkozunk részletesebben.

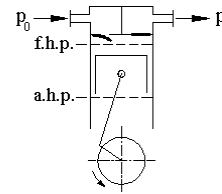
A legelterjedtebben alkalmazott kompresszor típusa. A kompresszor hengerében a két holtpont között váltakozva mozgó dugattyú (3.1 1. ábra) ideális esetben a henger ($V_h = V_L = V$) lökettérfogatával azonos térfogatú ($p_{sz} = p_o$ elpárolgási nyomású) hűtőközeget szív be a hengerbe. A dugattyú a (f.h.p.) felső holtpont felé haladva izentropikusan a ($p_{ny} = p_c$ kondenzációs) nyomásra komprimálja a hűtőközeget, majd ezen a nyomáson teljes mennyiségében kitolja a hengerből.



3.1.1. ábra



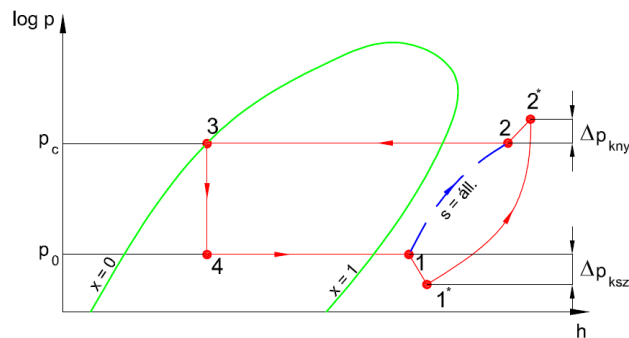
3.1.2. ábra



3.1.3. ábra

Indikátor diagram p_{sz} , p_{ny} – elméleti és valóságos kompresszió

A kompresszorban végbemenő valóságos folyamat eltér az ideálistól, ahogy azt a 3.1.4. ábra is mutatja.



3.1.4. ábra. A kompresszorban végbemenő valóságos folyamat

1.) A kitolás ütem végén a V_0 káros tér tartalma nem kerül kitolásra. A szívólöket kezdeténél először a káros térben található maradék gőz expandál, amíg el nem éri a szívóoldali nyomását és az alá nem csökken, majd a szívószelep nyitása révén megkezdődik a szívási folyamat. A V_k tényleges szállított térfogat, ezért, valamint a meleg hengerfalnak a hideg beszívott gázra való hatása és a dugattyú és a henger közti tömörtelenségek miatt λ szállítási fokkal kisebb, mint a V_{geo} geometriai szállított térfogat.

Az alternáló dugattyús kompresszor V_{geo} elméleti szállítóteljesítménye:

$$\dot{V}_{geo} = d^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot L \cdot Z \cdot n \cdot 60 \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (3-10)$$

Ahol: Z [m] a hengerek száma
 d [m] a hengerek belső átmérője
 L a dugattyú lökete
 n [1/min] a fordulatszám

2.) Áramlási ellenállások jönnek létre mind a beszívás és a kitolás során. A szívó- és nyomó csatornában, az (nyomáskülönbség hatására) automatikusan működő szívó- és a nyomószelepeken keletkező nyomásvesztések a szelepek és a gőztömeg gyorsításához szükséges többletmunka következtében a hengerben kialakuló szívás alatti nyomás közepes értéke Δp_{sz} -szel alacsonyabb, a kitolás alatt Δp_{ny} -nyel magasabb a szívó-, illetve a nyomócsontokban levőnél.

3.1.2.1 Alternáló merülődugattyús kompresszor működésmódja

A merülődugattyús kompresszorban egy forgattyús tengely mozgatja a dugattyút oda-vissza. A szívószelep és a nyomószelep egymáshoz viszonyított helyzete alapján megkülönböztetünk egyenáramú és váltakozó áramlású kompresszorokat. Az egyenáramú kompresszoroknál a két szelep különböző helyen van, ez lehetővé teszi, hogy a hűtőközeg egy irányba haladjon, míg a másik rendszerben a szívó- és a nyomószelep a hengert lezáró közdarabra van építve. Itt a gőz a dugattyú mozgását követve váltakozó irányban halad. Ettől függetlenül a kétféle kompresszornál a munkafázisok azonosak: a forgótengely egy fordulata alatt a következő fázisok játszódnak le:

1. Szívás

A dugattyú a felső holtponthoz állásból visszafelé halad, a nyomáscsökkenés miatt nyílik a szívószelep, a hengerbe kisnyomású hűtőközeggőz áramlik. Az alsó holtponthoz a dugattyú megáll, a szívószelep bezárul. Az ellennyomás miatt a nyomószelep is zárva van.

2. Kompresszió

A dugattyú összenyomja a hűtőközeggőzt.

3. Áttolás

A hengertérben létrejövő nyomás hatására kinyílik a nyomószelep, a dugattyú kitolja a hűtőközeggőzt a hengerből. A felső holtponthoz a dugattyú megáll, a nyomás kiegyenlítődik, a nyomószelep bezárul. A szívószelep is zárva van. Ennek a fázisnak a végén a hűtőközeg egy része az úgynevezett káróstérben marad.

4. Expanzió

A dugattyú mozgása a káróstérben maradó hűtőközeggőz nyomását lecsökkenti a szívótér nyomására, vagy kevéssel az alá.

3.1.2.2 A merülődugattyús kompresszor elemei

A merülődugattyús kompresszor példáján kövessük végig, milyen elemekből épül fel egy kompresszor. A további kompresszortípusoknál erre már nem fogunk részletesen kitérni. A következő elemekkel foglalkozunk ebben a részben: kompresszorház, hajtóműrendszer és munkaszelepek.

Kompresszorház

Itt térjünk vissza egy kicsit a korábban már említett csoportosításra: léteznek nyitott, félhermetikus és hermetikus kompresszorok. Ezeknek különböző kivitelű a háza.

Nyitott kompresszorok

A kompresszorház lehet öntött vagy hegesztett kivitelű. Öntött kivitelben a kompresszorház anyaga szürkeöntvény vagy könnyűfém-öntvétel (ez utóbbi a járműhűtésnél célszerű megoldás). A hegesztett kivitel a nagyteljesítményű hűtőkompresszoroknál használják. Mindkét esetben alapkövetelmény a gáztömörtség és a nyomásállóság. Régebben a hengeröntvények hűtési célú külső bordázattal készültek. A mai, korszerűbb hűtőkompresszorok kompaktabbak, ezeknél a hengerfedelek bordázottak a gázjáratok hűtése érdekében. Előnyük, hogy hűtőközeg-függetlenek, tág elpárolgási hőmérsékleti határok között használhatók, a motor hűtése megoldott, meghibásodása nem okoz problémát a hűtőközeg oldalon. Hátrányuk a nagy helyigény, a hűtőközeg oldal helyszíni szerelése, a hűtőközegszökés lehetősége és a karbantartási igény. A kompresszor tengelyének kivezetésénél szivárgási lehetőség van, amelyet a tömszelence folyamatos karbantartásával lehet megakadályozni.

Félhermetikus és hermetikus kompresszorok

A kompresszorház magába foglalja a hajtómotort is, de szerkezetiileg független tőle. Anyaga acél, részeit hegesztéssel hermetikusan rögzítik egymáshoz. A félhermetikus és hermetikus kompresszor előnye a nyitott kompresszorral szemben, hogy kevesebb az alkatrész, kisebb a helyigénye, jobb a mechanikai hatásfoka, hűtőközeg nem kerülhet a környezetbe és kevesebb zajjal üzemel. Hátránya, hogy megfelelő hűtőközeget és kenőolajat kell használni, korlátozottabb az alkalmazási tartomány, kevesebb hibát lehet a helyszínen javítani, a motor anyagának, szerelésének, szervizelésének szigorúbb elvárásoknak kell megfelelnie, egyes üzemi körülmények között a motor hűtéséről is gondoskodni kell.

Hajtóműrendszer

A hajtómű feladata a forgást egyenes vonalú mozgássá alakítani. Ezt a feladatot többféle kialakítással is meg lehet oldani:

- Régebbi, ma már ritkán használt megoldás a keresztfejű hajtómű, ahol egy külön gépelem, a keresztfej kapcsolja össze a dugattyúrúdat és a forgattyús tengelyt.
- Napjainkban a keresztfej nélküli megoldás használatos, ahol a dugattyú maga alkalmas a mozgás átalakítására. A hajtómű zárt forgattyúházban működik.
- Az excenteres hajtóműnél egy körtárcsa segíti az egyenes vonalú mozgás létrejöttét, melyet a tengelyre rögzítenek. Ez általában kis teljesítményű félhermetikus kompresszoroknál alkalmazott kialakítás.

- Háztartási hűtőkben találkozhatunk a kulisszás hajtóművel. A kulissza itt nem más, mint egy csúszka, mely a dugattyú aljához rögzített csőben mozog, merőlegesen a dugattyú mozgásirányára.
- A bolygótárcsás megoldást elsősorban autóklimáknál alkalmazzák.

A kompresszorok működése közben keletkező tömegeket a rezgés csillapítása érdekében ki kell egyensúlyozni. Az egyhengeres kompresszoroknál ezt csak részben lehet megvalósítani, oly módon, hogy a kompresszort egy zárt tokban rugalmasan felfüggesztik és a házat is rugalmasan alátámasztják. A többhengeres kompresszorok esetében a kiegyensúlyozás viszonylag jól megoldható. Soros elrendezésű hengereknél a forgattyúcsapok tengely- és hosszirányú szimmetrikus elhelyezésével tudják biztosítani a tömegkiegyenlítést. A legyezőszerű vagy a boxer elrendezések is kedvezőek lehetnek. A tömegek függnek a fordulatszámától, a mozgó tömegek nagyságától, a löket hosszúságától és a hajtókar hosszától. Mivel a fejlesztések iránya a fordulatszám növelése, a tömegeket a lökethossz és a mozgó tömeg csökkentésével lehet mérsékelni. Ezért az alkatrészeket könnyűfémekből készítik és a sokhengeres konstrukciókat részesítik előnyben. Ehhez megfelelően kell kialakítani a hajtómű elemeit: a főtengelyt, a dugattyút és a hajtókart.

Főtengely

Egyhengeres kompresszorok esetében öntött vagy kovácsolt a főtengely és végforgattyúval van ellátva. Többhengeres kompresszoroknál a könyökös főtengelyt szénacélból vagy ötvözt acélból kovácsolással készítik. A kopásállóság növelésére különböző eljárásokkal (edzés, nitridálás, foszfátózás) kezelik a felületet. Csapágyazásuk leggyakrabban siklócsapágyakkal van megoldva, ez alól kivételt képeznek a nagy fordulatszámú kompresszorok.

Dugattyú

A dugattyú mozgó, komoly igénybevételnek kitett alkatrész. A tömegek szempontjából kedvező, ha minél kisebb tömegű, és minél rövidebb az úgynevezett szoknyarésze. Általában szürkeöntvényből vagy alumíniumból készül; előbbinek a kisebb hőtágulás, az utóbbinak a kisebb tömeg az előnye. Egyenáramú kompresszoroknál a dugattyúfedélbe van beépítve a szívószelep, emiatt kettős harang kialakításúnak kell lennie, ez nagyobb tömeget és hosszabb méretet jelent. Váltakozó áramlású kompresszoroknál a dugattyú magasságának közepén helyezkedik el a csapszeg, itt a dugattyú anyagát megerősítik. A csapszeg nagy szilárdságú acélból készül, a jelentős szilárdsági igénybevétel elviselésére. Illesztése, rögzítése nagy odafigyelést követelő feladat.

Hajtókar

A hajtókar egy rúd, melynek mindkét vége csapágyapersellyel van ellátva. Szilárdnak, ugyanakkor könnyűnek kell lennie. Anyaga általában öntvény vagy alumínium. A felső csapágyapersely osztatlan, ennek kenését kiegészítő módszerekkel segíteni kell. Az alsó csapágyapersely könyökös főtengely esetén osztott kell hogy legyen. Az alsó csapágyazást járműhűtésnél (bolygótárcsás hajtóműnél) gyakran gömbcsuklós kialakítással oldják meg. Az excenteres hajtóművek osztatlan hajtókarokkal vannak ellátva, a kulisszás hajtóműveknél pedig hajtókar nélküli a működésmód.

Tömítés

Ha a kompresszor hajtóművéről beszélünk, mindenképpen említést kell tennünk a főtengely tömítéséről, ami megakadályozza a hűtőközeg környezetbe jutását a nyitott rendszerű kompresszornál. Korábban tömszelencével oldották meg ezt a feladatot. A mai, korszerű tömítés a hosszabb élettartammal bíró és jóval ritkább karbantartást igénylő csúszógyűrűs tömítés, ahol két gyűrű: a tengellyel együtt forgó és a házhoz rögzített között alakul ki a tömítőfelület. A csúszógyűrűs tömítés lehet csőmembrános vagy O-gyűrűs, az utóbbi előnyösebb megoldást jelent. Fontos, hogy a gyűrűanyag kellő mértékben ellenálljon a hűtőközegnek és az olajnak, biztosított legyen a megfelelő olajozása és a gáztömörséget rendszeresen ellenőrizni kell.

Munkaszelepek

A dugattyús kompresszorok működéséhez nélkülözhetetlen alkatrészek a szelepek: minden hengerhez tartozik egy-egy szívó- és nyomószelep, melyeket a nyomáskülönbség nyit és zár. A szelepek akkor működnek jól, ha könnyen nyílnak és azonnal képesek zárni, valamint, ha a szeleppenállás minél kisebb. A szívó- és a nyomószelep keresztmetszetének arányát a nyomásviszonyok alapján határozzák meg. A teljesítmény szempontjából alapvetően kétféle szeleprendszerrel találkozhatunk: az önrugózó szelepekkel és a lapszelepekkel, az utóbbiak alkalmazhatók a nagyobb teljesítmények esetében. Az önrugózó szelepek hosszú élettartamúak, kicsi a mozgó tömeg és a károsító, csendesek, előállításuk nem költséges, viszont az átömlő keresztmetszet mérete

korlátozott. A lapszelepek koncentrikus gyűrűs kivitelűek, nagyobb átömlő keresztmetszetek kialakítását teszik lehetővé, használatukkal szimmetrikus áramlási viszonyok keletkeznek a hengerben és lehetőséget adnak a teljesítményszabályozásra. Ugyanakkor zajosabbak és a több mozgó alkatrész miatt gyakoribb ellenőrzést, cserét igényelnek. Ezek mellett speciális alkalmazásokhoz más szelepkonstrukciók is készülnek, mint például a discusszelep vagy a golyós szelepek.

A kompresszorok olajozása

Ahogy a második fejezetben a kenőolajok feladatával, tulajdonságaival foglalkoztunk részletesen, itt még az olajozás módjaira térünk ki, hiszen a kompresszor kifogástalan működéséhez alapvető fontosságú a megfelelő minőségű és mennyiségű kenőolaj jelenléte az egyes szerkezeti elemeknél. Ilyen kenési módszerek a szóróolajozás, a centrifugál-olajozás és a kényszerolajozás.

Szóróolajozás

Legegyszerűbb módja, ha a működő hajtókarok szórják szét a forgattyúházban található olajat. Ugyanakkor fontos tudni, hogy az olajsztint változásával a kenési mennyiség is ingadozik, ráadásul az olajsztint növekedése megnöveli a mechanikai teljesítményigényt is. A módszer alkalmazhatóságát javítja, ha nem a hajtókarok, hanem egy szórótárcsa végzi az olajszórást.

Centrifugál-olajozás

Hermetikus kompresszoroknál alkalmazható módszer. Lényege az olajsztint alá nyúló főtengely nyílásában fölfelé haladó, majd a kialakított furatokon és a tengely felső végén szétszóródó olaj munkája. Üzembiztos, az olajelhordást sem növelő megoldás.

Kényszerolajozás

A nagyobb nyitott és a félhermetikus kompresszoroknál olajszivattyút kell használni a kenéshez, melyet a főtengely hajt. A szivattyú az olajteknőből felszívott, megszűrt olajat juttatja el a kenési helyekre. Az olajteknőnek az indulás előtti felfűtése (ezt nevezzük karterfűtésnek) megakadályozza az olaj felhabzását. Az olajszivattyú működését a differenciálynomás kapcsoló ellenőrzi, valamint a legtöbb kompresszor olajsztintjelző ablakkal is el van látva, hogy az olajozás biztosítottága egyszerű észleléssel is ellenőrizhető legyen.

3.1.2.3 A dugattyús kompresszorok felépítése

Nyitott kivitel

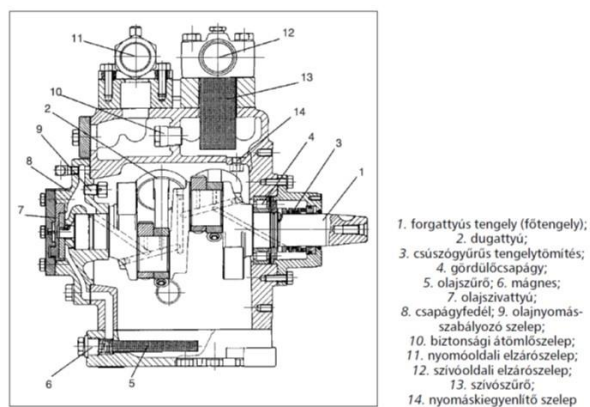
Azt már korábban taglaltuk, hogy ezeknél a berendezéseknél a kompresszor a hajtómotortól elkülönül. Ha a hajtómotor meghibásodik, akkor javítható és cserélhető a hűtőközegszivárgás veszélye nélkül. A nyitott kompresszorok számtalan felhasználási területen alkalmazhatók, különböző hűtőközegekkel és szinte minden nyomás- és hőmérséklettartományban használhatók. Hajtásukat villamos, hidraulikus vagy belsőégésű motor végzi. Korábban szinte minden területen nyitott kivitelű kompresszorokat használtak, ám mára felhasználásuk visszaszorult, mert a légtérbe kivezető tengelycsonkjuk és a forgattyúház közötti csúszó tömítés nem nyújt kielégítő biztonságot a gáztömörség tekintetében. Ennek ellenére alkalmazzák napjainkban is, például ammónia hűtőközeggel üzemelő kompresszorok vagy járműhűtés, -klimatizálás terén.

A következő ábrákon egy nyitott kompresszor felépítését, működését szemléltetjük.

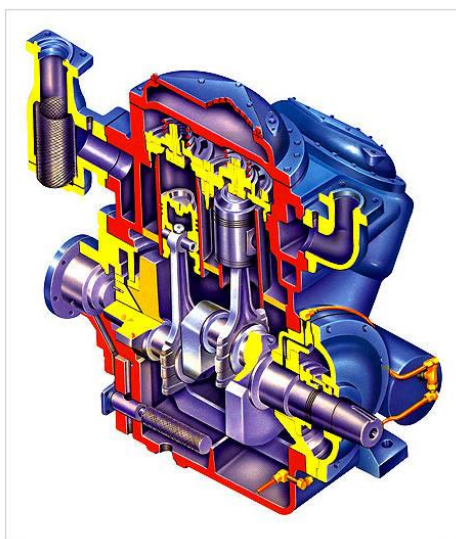
A 3.1.5. ábra egy nyitott kialakítású berendezést mutat, ahol a kompresszor és a hajtása (villanymotor vagy belső égésű motor) külön-külön egységet képez. A kompresszort hajtó tengelyt a kompresszor házából ki kell vezetni, így a belső és a külső környezettől való elzárást csúszógyűrűs tömszelencével lehet megoldani, ahogy az a 3.1.5 ábrán látható. A nyitott kompresszorok elméleti szállítóteljesítményének V_{geo} jellemző értéke $5 \text{ m}^3/\text{h}$ -tól $2000 \text{ m}^3/\text{h}$ -ig terjed.



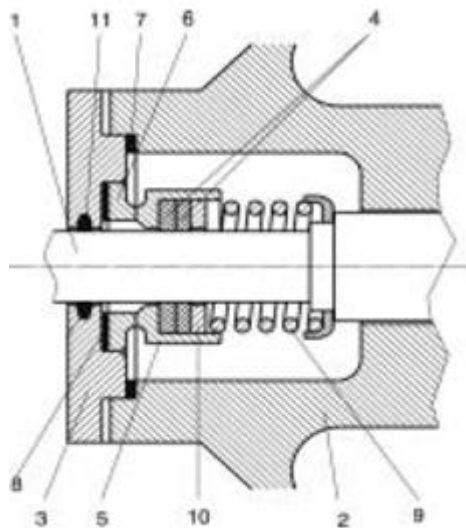
3.1.5. ábra. V elrendezésű 4 hengeres nyitott kompresszor



3.1.6. ábra. V elrendezésű 4 hengeres nyitott kompresszor felépítése



3.1.7. ábra. A nyitott kompresszor keresztmetszete



3.1.8. ábra. Csúszógyűrűs tömszelence felépítése

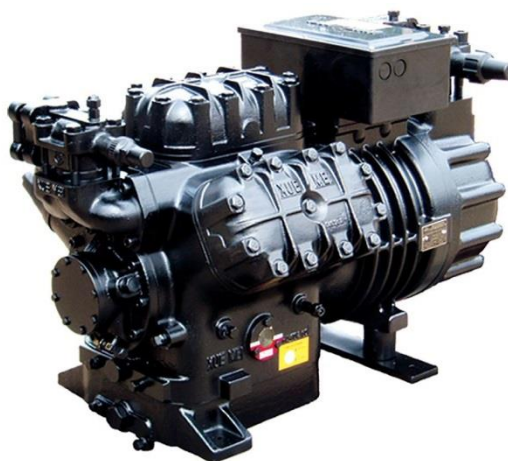
Félhermetikus kompresszorok

A hajtómotor és a kompresszor itt nem képez külön egységet, de a motor helye a kompresszorházban van, ami bonthatóan csatlakozó fedéllel van lezárva. A félhermetikus kompresszor kivitele hasonló a nyitottakéhoz, ám nincs benne a kritikus alkatrész és a csúszó tengelytömítés, ezért jóval kevésbé veszélyezteti a környezetet. Ugyanakkor megvan az az előnye, hogy a motor meghibásodás esetén könnyen hozzáférhető, javítható. Sokféle hűtési célra használható, de nagyteljesítményű változatait leginkább klímaberendezéseknél alkalmazzák.

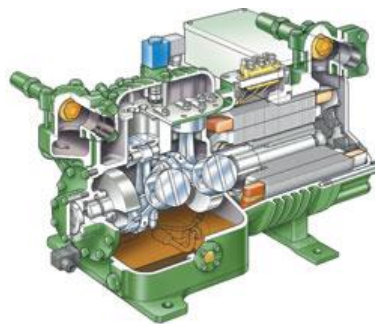
Előnyei a nyitott rendszerrel összehasonlítva: kisebb a hűtőközegszivárgás veszélye, a helyszükséglet, a zajszint és a karbantartási igény, egyszerűbb a helyszíni szerelés. Hátránya a betétmotorok teljesítményfokozatainak kisebb száma és a költségesebb javítás a motor tekerceselésének meghibásodásakor.

Ismét álljon itt néhány ábra, melyek segítségével könnyen értelmezhető egy félhermetikus kompresszor felépítése, működése.

A 3.1.9. ábrán látható kompresszor félhermetikus kialakítású, ahol a kompresszor és a hajtása, a villanymotor egy egységet képeznek, de oldható kötéssel lezárt térben vannak elhelyezve. A jellemző méret $V_{geo} = 3 - 500 \text{ m}^3/\text{h}$.



3.1.9. ábra. 6 hengeres félhermetikus kompresszor



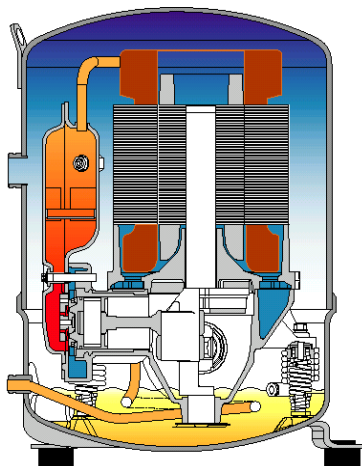
3.1.10. ábra. Félhermetikus kompresszor felépítése

Hermetikus kompresszorok

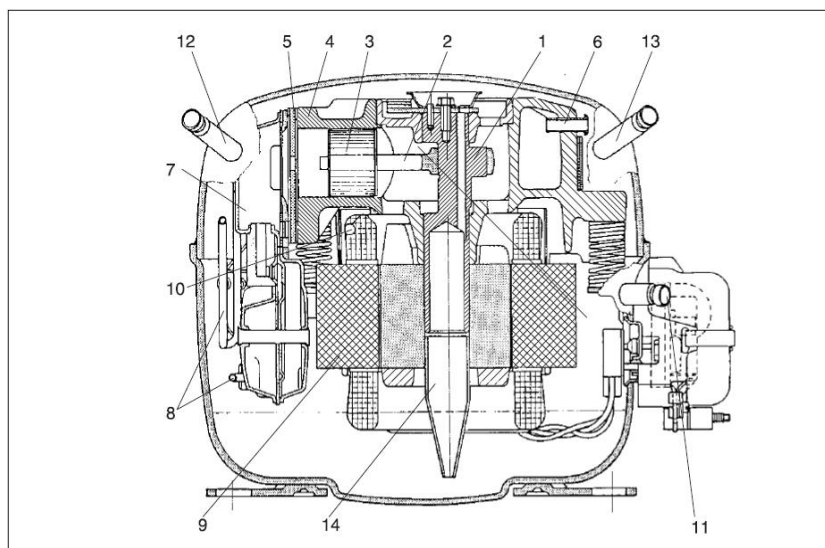
Az előzőekhez képest jóval nagyobb üzembiztonságú, általában kis- és középteljesítményű hűtőberendezéseknél alkalmazott kivitelű kompresszorok. Ugyanakkor gyártásuk minőségi anyagok felhasználását és precíz megmunkálást követel, ezért automatizált gyártást és ellenőrzést igényelnek, melyből adódóan csak tömeggyártásban gazdaságos az előállításuk. Jellemzőjük, hogy a motor és a kompresszor egy közös, összehegesztett, tömören lezárt házban van elhelyezve; rezgéscsillapító rugókra állítva vagy függesztve szerelik be. A tengely legtöbbször függőleges, a motor váltakozva helyezkedik el felül vagy alul. Üzem közben a kompresszor a burkolatból szív. A kompresszor és a ház falán rögzített nyomócsontot egy spirális, rugalmas csőszakasz kapcsolja össze. A motor hűtéséhez a belső olajforgalom és a tokba jutó hűtőközegforgalom is hozzájárul. Kisebb kompresszorokon három, nagyobbaknál ennél több csont is található (szívó-, nyomó-, töltő-, olajhűtő vagy -leeresztő, olajszint-kiegyenlítő csontok), ezekre új rendszer kiépítésénél különösen oda kell figyelni.

A következő ábrák egy hermetikus kompresszor felépítését, működésmódját szemléltetik.

A 3.1.11. ábrán egy egyhengeres hermetikus kompresszor felépítése látható. Az előző kialakítástól eltérően, a kompresszor és a villanymotor oldhatatlan (hegesztett) kötéssel lezárt térben van elhelyezve. Jellemző méret $V_h = 0,5 - 50 \text{ m}^3/\text{h}$.



3.1.11. a. ábra. Hermetikus kompresszor felépítése

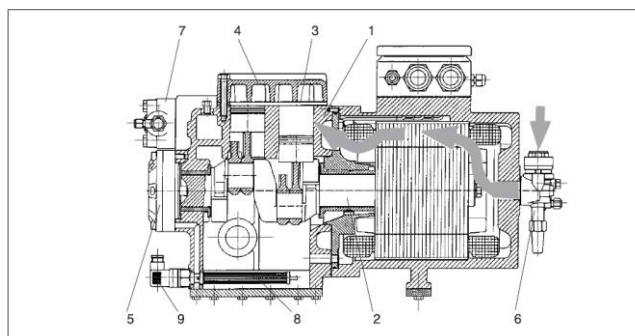


1. főtengely (excenteres); 2. hajtókar; 3. dugattyú; 4. öntött állvány (csapággal, hengerrel);
 5. közdarab; 6. belső szívócső és szívóoldali hangtompító; 7. nyomótér és nyomóoldali
 hangtompító; 8. belső nyomócső; 9. betétmotor; 10. tekercshőfok-érzékelő; 11. szívócsonk;
 12. nyomócsonk; 13. töltőcsonk; 14. olajszívócső

3.1.11. b. ábra. Hermetikus kompresszor felépítése

A hermetikus és félhermetikus kompresszor előnye, hogy a hajtótengely nincsen kivezetve, ennek következtében kisebb a szivárgás mértéke, a helyigénye is kisebb, továbbá állandó felügyeletet nem igényel. Hátránya, csak adott hűtőközeggel, adott hőmérséklet-tartományban alkalmazható. Mivel kötött a motorteljesítmény, a motor veszteség-hő-elvezetési módja az üzembiztos alkalmazhatóság tartományát a nyitottnál szűkebbé teszi.

A villanymotor hűtése a külső levegővel vagy a hűtőközeggel történik. Az úgynevezett átszívós rendszerű kompresszoroknál ez a beszívott gőzzel történik. Ilyenkor csökken a fajlagos hűtőteljesítmény.



1. házöntvény; 2. főtengely; 3. közdarab; 4. hengerfedél; 5. olajszivattyú; 6. szívóoldali elzárószelep
 (csak az a) ábrán látszik); 7. nyomóoldali elzárószelep; 8. olajszűrő; 9. olajteknő-fűtés; 10. ventilátor
 (csak a b) ábrán); 11. légtérelő burkolat (csak a b) ábrán)

3.1.12. ábra. Félhermetikus, átszívós rendszerű kompresszor felépítése

Az alternáló dugattyús kompresszorok kisebb egységteljesítményeknél váltakozó áramlásúak. Ezek kis tömegű, egyszerű dugattyúkkal készülnek. Közepes és nagy egységteljesítményeknél egyenáramlású kialakítást is alkalmaznak, ahol a szívószelep a dugattyúba van beépítve. Ez a megoldás jelentősen megnöveli az alternáló mozgást végző tömeget. Olajozásuk a kisteljesítményeknél szóróolajozás, a nagyobbaknál pedig szivattyús.

3.1.2.4 Alternáló dugattyús kompresszorok szabályozása

A bevezető fejezetben néhány mondattal utaltunk már arra, hogy a hűtőberendezések gazdaságos és hosszútávú működtetése, a hűtési igényhez való igazítása megköveteli a hűtőtéljesítmény szabályozását. Ennek módjai röviden összefoglalva a következők:

1. A kompresszor hengereinek tehermentesítése
2. A kompresszor fordulatszámának módosítása
3. Szívó-nyomó nyomás értékének szabályozása
4. By-pass szabályozás

Ezek közül a kompresszor elemeivel függ össze a fordulatszám-szabályozás (állásos vagy fokozatmentes), a hengerek tehermentesítése és a visszaáramoltatással történő szabályozás.

Az állásos fordulatszám-szabályozás vagy más néven megszakításos üzem egyszerűen alkalmazható kisebb gépek esetén. Nagyobb berendezések esetén is használják, de ott a túl gyakori ki-bekapcsolás elkerülése érdekében automatikus indítási késleltetést kell alkalmazni. Párhuzamosan kapcsolt gépek, csoportaggregátok működtetésénél ugyanezen okból oda kell figyelni a gépnagyság és a kapcsolási sorrend helyes megválasztására.

A fokozatmentes szabályozás alternáló dugattyús kompresszorok esetén akkor alkalmazható, ha a névlegesnél kisebb fordulatszámon is biztosított a gép olajozása és a motor hűtése. Jó hatásfokú, de költséges szabályozási mód nyitott kompresszorok és direkt szívású félhermetikus kompresszorok esetében.

A visszaáramoltatást a szívószelep kitámasztásával lehet megoldani, az adott henger szállítását megszüntetve. Ezáltal a hengerszámnak megfelelő fokozatban állásos szabályozást lehet megvalósítani és a gép tehermentesen indítható, ha az összes hengert kiiktatjuk. Többhengeres váltakozó áramú kompresszoroknál alkalmazott módszer.

A szívócsatorna elzárása szintén a hengereket tehermentesíti. Állásos szabályozás megvalósítására alkalmazható módszer, nagyon jó hatásfokkal működik olyan berendezéseknél, ahol külön szívócsatorna vezet minden hengerhez, amit szabályozni kívánunk. A gép tehermentes indítására is lehetőséget ad.

3.1.3 Forgódugattyús vagy más néven rotációs kompresszorok

Ezek a kompresszorok a térfogatkiszorítás elvén működnek. Az alternáló mozgást végző henger helyett a hengerben forgó, ill. körpályán haladó mozgást végző elemek hozzák létre egy vagy több térrészben a beszíváshoz, komprimáláshoz és kitoláshoz szükséges, periodikusan ismétlődő térfogatváltozást. Ide tartoznak a gördülődugattyús és a forgólapátos változatok, valamint a csavar- és a spirálkompresszorok.

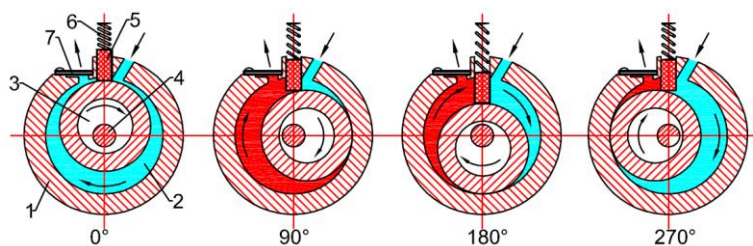
3.1.3.1 Gördülődugattyús kompresszorok

Régóta alkalmazott kompresszortípus, korábban elsősorban háztartási hűtők kompresszoraként volt használatos. Kifogástalan megmunkálást igényelnek, ezért előállításuk csak sorozatgyártásban gazdaságos. Kis egységtéljesítményű, hermetikus kompresszorként a hűtő- és hőszivattyú rendszerekben alkalmazzák.

A gördülődugattyús kompresszor működésmódja

A gördülődugattyús kompresszorok működését a 3.1.13. ábra szemlélteti. A hengerpaláston legördülő dugattyú és a felületének állandóan nekifeszülő, a hengerben elhelyezett – alternáló mozgást végző – záróelem a henger és a benne legördülő hengeres dugattyú közötti teret két térrészre osztja. Az egyik a dugattyú mozgásakor csökkenő (sarló alakú) nyomó-, a másik az ugyanakkor növekvő szívótér.

A munkaciklus két teljes fordulatot igényel.



1. henger; 2. gördülődugattyú; 3. excenter; 4. főtengely; 5. elválasztó tolattyú; 6. rugó; 7. visszacsapó szelep

3.1.13. ábra. gördülődugattyús kompresszor elvi működése

Előnyei az alternáló dugattyús kompresszorral szemben, hogy egyszerűbb a szerkezete, kevesebb az alkatész, kisebb a tömege és a helyigénye, jobban kiegyensúlyozható, ezért rezgésmentesebben üzemel és csendesebb. Komfort klímákban is alkalmazható, a fordulatszáma 3000f/min fölé növelhető. Működésében a legnagyobb eltérés az alternáló dugattyús rendszerhez képest az, hogy nincs szívószelep, ezáltal káros tere és káros tér-visszexpánziója sem. Ez csökkenti az áramlási veszteségeket és megnöveli a hatásfokot. Nyomószelep helyett csak visszacsapó szelep található, energetika megfontolásokról. Hermetikus kivitelben készül, de jó kiegyensúlyozhatóságának köszönhetően a kompresszort nem kell rugókra állítani, a burkolatra lehet rögzíteni. Ezáltal – a motor állórészét a hengeres burkolatba préselve – a motor keletkező hőjét nem az olaj közvetíti, hanem közvetlenül a környezetnek adódik át. A szívócső a hengerhez csatlakozik és a burkolaton belüli tér nyomóoldali nyomás alá kerül, ezáltal olajleválasztóként is működik.

Hátrányaként meg lehet említeni a tömítések miatti méretpontos és kiváló minőségű megmunkálási igényt, valamint a nagyobb mennyiségű kenőolaj szükségességét.

Gördülődugattyús kompresszorok szabályozása

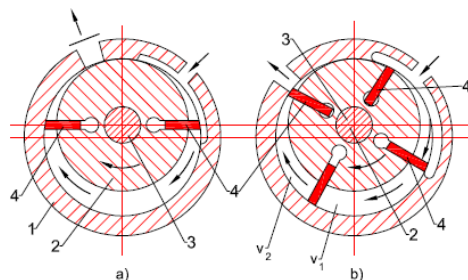
A teljesítményszabályozása elsősorban fordulatszám szabályozással, inverteres frekvenciaszabályozással működik. Kéthengeres kivitelnél a közös tengelyen egymás alatt két gördülődugattyús egység dolgozik. A hengereket by-pass vezeték köti össze, amelybe mágnesszelep van építve. Teljes záraskor a két henger egymástól elválasztva, mint két független kompresszor, párhuzamosan üzemel. Az 50%-os szállítást a szelep nyitásával lehet elérni. Ekkor a dugattyúk egy teljes munkaciklus alatt, csak a sarló alakú tér 50%-át kitevő hengertér fogatot szállítanak a nyomótérbe.

3.1.3.2 Forgólapátos kompresszorok

A forgólapátos kompresszorokat (szokták cellás kompresszornak is nevezni) a hűtő- és hőszivattyús technika mélyelpárolgási hőmérséklet esetén, illetve a vákuumtechnikában is alkalmazzák. Általában 2, 4, 6, 8 cellás változatai léteznek, a cellák száma mindig páros, hogy a tömegkiegyenlítést biztosítsa. A nyomáskülönbség növekedésével érdemes a lapátok számát növelni, de a helyigényt is figyelembe kell venni.

A forgólapátos kompresszor működésmódja

Működési elvének megértéséhez a 3.1.14. ábra adhat segítséget. Az ábrán jól látható, hogy a hengerben levő forgattyú (rotor) középvonala (egyben forgástengelye) nem esik egybe a henger középvonalával. A rotor és a henger közötti teret a rotorban elhelyezett mozgó záróelemek a centrifugális erő hatására nekifeszülve a henger palástjának több térrésze, cellára osztják. Ennek az az előnye, hogy a záróelemek kisebb nyomáskülönbség ellenében kell tömör zárást biztosítaniuk.



1. henger; 2. dugattyú; 3. tengely; 4. lamella
 3.1.14. ábra. A forgólapátos kompresszor elvi működése

Szívószelepre nincsen szükség, de a nyomóoldalon visszacsapó szelepet építenek be, hogy a visszaáramlást és visszafelé forgást akadályozzák meg. A forgólapátos kompresszorokat a résveszteségek korlátai miatt csak $V_{geo} = 100 \text{ m}^3/\text{h}$ -nál nagyobb térfogat szállítással gyártják, nyitott kivitelben, közvetlen hajtással. Olyan gépekben alkalmazható jól, melyeknél az üzemi nyomásviszony változása nem jelentős. A létesített nyomáskülönbség 3 - 4 bar.

A cellás kompresszorok kedvező tulajdonsága a kevés alkatrész, a kis tömeg és helyigény, a jó kiegyensúlyozhatóság, valamint a lamellák működésének köszönhető automatikus tehermentes indulás. Nehézséget okozhat a lamella kenésének és hűtésének megoldása, ennek megoldása érdekében túlolajozást alkalmaznak. Az intenzív olajozás biztosításához nagyteljesítményű olajszivattyúra, a kompresszor nyomócsonkjá utáni olajleválasztóra és olajvisszahűtőre van szükség.

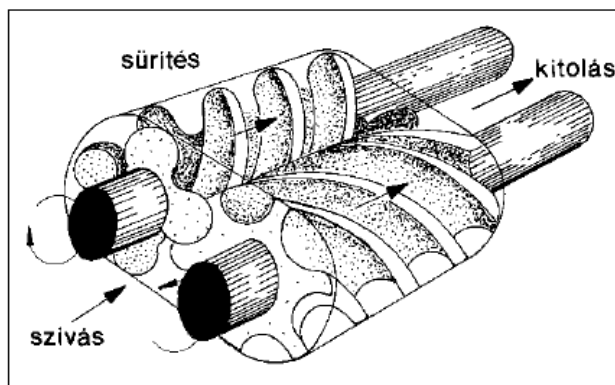
Forgólapátos kompresszorok szabályozása

A teljesítményszabályozását külső módszerekkel, szívóoldali fojtással és megkerülő (by-pass) technikával oldják meg.

3.1.3.3 Csavarkompresszorok

A más néven Screw-kompresszornak is nevezett berendezések egyenletesen szállító, sem szívó-, sem nyomószeleppel nem rendelkező, csak nagyobb méretben készülő gépek. Alkalmazásuk az 50-es években kezdődött, azóta a hűtő- és hőszivattyú berendezésekben egyre elterjedtebben, V_{geo} 760 és 5000 m^3/h közötti tartományban alkalmazzák. Komoly előnye a viszonylag kis helyigény és a nagy üzembiztonság.

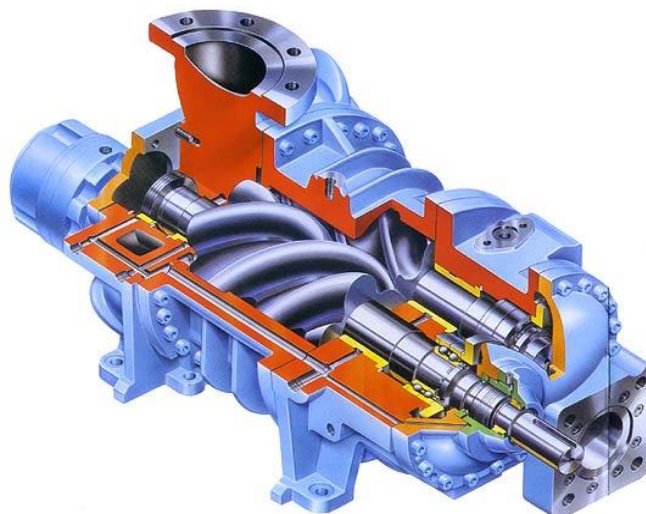
A 3.1.15. ábrán bemutatjuk egy kétrotoros csavarkompresszor működését. A két, egymással szemben forgó, speciális ívelt fogazású rotor (fő- és mellékrotor) foghézagjai közötti teret a hézagokba behatoló fogak csökkentik, így komprimálják a bennük lévő közeget. A főrotor fogainak száma általában négy, a mellékrotoré hat. A kompresszió (térfogatcsökkenés) akkor kezdődik, amikor a rotorok foghézagjai közötti teret a fogak és a ház fala bezárják. A térfogatcsökkenés mértéke a konstrukcióval meghatározott, az adott gépre jellemző. A kompresszió kezdetén bezárt és a kompresszió után lecsökkent, bezárt térfogatok viszonya, az előző kompresszorhoz hasonlóan, az úgynevezett beépített térfogat viszony, ettől függ a munkatérben létrejövő kompresszió nagysága.



3.1.15. ábra. Csavarkompresszor elvi működése

A kompresszornak munkaszelepei nincsenek, egy nyíláson beszívja a gőzt, egy másikon kitolja összesűrítés után. Ennek köszönhetően nincs károster, a hatásfok nagyobb.

A csavarkompresszorok nyitott, hermetikus és félhermetikus kivitelben is készülhetnek. A 3.1.16. ábrán egy félhermetikus átszívós kompresszort láthatunk.



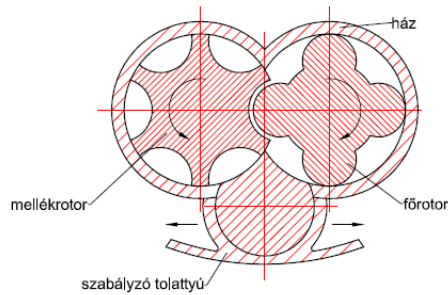
3.1.16. ábra. Átszívós rendszerű csavarkompresszor

A csavarkompresszorok szállítási foka kedvezőbb az alternáló dugattyús kompresszorokénál. Az η_i indikált (belső) és a η_m mechanikai hatásfokok szorzataként értelmezett η_e effektív hatásfoka általában kisebb az alternáló kompresszorokénál, különösen részterheléseknél. A résveszteségek csökkentése érdekében bőséges olajozást igényelnek. Az olaj a kenésen, a szerkezeti elemek közötti zárás elősegítésén kívül hűtési célú és segédenergia-hordozó is. A kompresszorok külön olajrendszerrel rendelkeznek, ez oldja meg a szállított közegből való olajleválasztást, az olaj szűrését, hűtését és állítja elő a szükséges nyomású olajáramot. A jó hűtés következtében a kompresszió vég hőmérséklete kisebb, mint az azonos feltételekkel üzemelő alternáló dugattyús kompresszorban. Kialakításuk lehetőséget adhat elszívásra a közbenső nyomáson is, ami által csökkenthetők a folyadék állapotú hűtőközeg fojtásakor fellépő veszteségek. Az üzembiztosan létesíthető maximális nyomásviszony meghaladhatja a 15-öt. Mivel nincsen szívószelep, az elérhető minimális szívónyomás alacsonyabb az alternáló dugattyús kompresszorral elérhetőnél. A Screw-kompresszorok kedvező tulajdonságai a hőszivattyús berendezésekben való felhasználáskor is előnyösen jelentkeznek.

Csavarkompresszorok szabályozása

A csavarkompresszorok felépítésüknek, működésüknek köszönhetően egyetlen fokozatban is jelentős nyomásviszony és nyomáskülönbség elérésére alkalmasak, ezért nagy berendezések kompresszoraiként alkalmazzák őket. A hűtőteljesítmény gazdaságos szabályozása érdekében általában több csavarkompresszort párhuzamosan összekapcsolva működtetnek.

A fordulatszám-szabályozást frekvencia-átalakítók vagy pólusváltós motorok segítségével lehet megoldani. Megbízható, jó hatásfokú fokozatmentes szabályozást tesz lehetővé az úgynevezett tolattyús szabályozás, ami kifejezetten a csavarkompresszorok szabályozásának módja. A szabályozótolattyú ide-oda mozgása (3.1.17. ábra) teszi lehetővé a kompresszor volumetrikus szállításának változtatását. A tolattyú a rotorral mozogva a beszívott gőz egy részét visszaengedi a szívótérbe és csökkenti a hengerfal és a foghézagok közötti térfogatot. Ugyanakkor mozgásával biztosítja, hogy a beépített térfogatviszony állandóságát. Ha üzem közben az elpárolgási és a kondenzációs hőmérséklet viszonya is jelentősen változhat, akkor egy hosszirányban megosztott tolattyú segítségével oldják meg a szabályozást.



3.1.17. ábra. A tolattyú helyzete

3.1.3.4 Spirálkompresszorok

A spirál- vagy idegen szóval Scroll-kompresszorok működési elvének ismerete százéves múltra tekint vissza, ám alkalmazásukat gátolta a gyártáshoz megfelelő technológia hiánya. A 70-es években érte utol a technikai fejlődés az elvet, azóta egyre szélesebb körben alkalmazzák ezt a kompresszortípust, különösen hermetikus kivitelben. Fő felhasználási területüket a kis és közepes hűtőtéljesítményű berendezések jelentik.

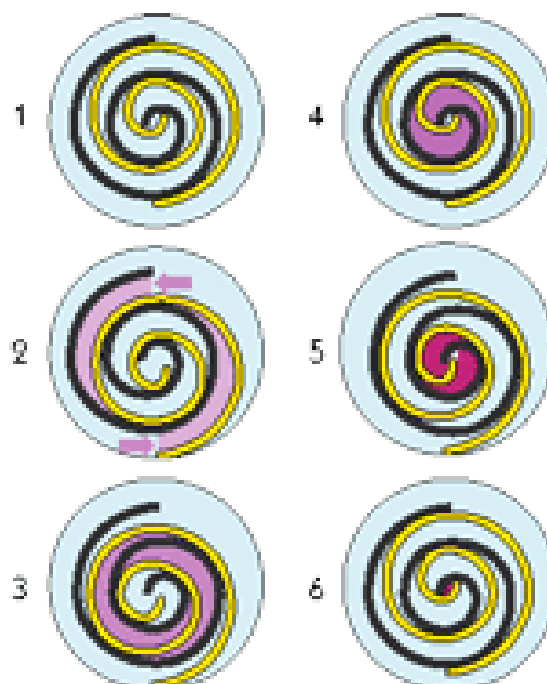
A spirálkompresszor működésmódja

Az úgynevezett archimédeszi spirálra, erre a geometriai görbére jellemző, hogy a menetei közötti távolság azonos, ha sugárirányban haladunk. Ezt a jellegzetességet alkalmazzák a spirálkompresszorban, ami egy álló és egy vele szemben levő „beletolt” mozgó archimédeszi spirálból (csigavonalból) áll (3.1.18. ábra). Az alsó spirált egy excenteres tengely forgatja. A forgórész úgynevezett „orbitális” mozgást végez; a középpontja körül forgó spirál maga is körpályán mozog.



3.1.18. ábra. Az álló és a mozgóspirálok

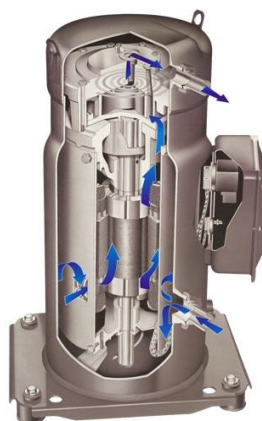
A működést a 3.1.19. ábrán vázolt ábrasorozat mutatja. Az ábrákon a kompresszor metszete és a forgattyú helyzete van feltüntetve.



3.1.19. ábra. A Scroll-kompresszor elvi működése

A teljes munkafolyamat a főtengely három teljes körülfordulása alatt zajlik le.

- Az első körülfordulás ($0-2\pi$, 1,2,3 részlet) közben a mozgó csigavonal két teret nyit meg, ezek a terek az első kör megtételének végére bezárulnak.
- A második körfordulás ($2\pi-4\pi$, 3,4,5 részlet) közben a bezárt tér szűkül, a gőz komprimálódik. A külső térben újabb szívási ütem kezdődik.
- A harmadik körülfordulás ($4\pi-6\pi$, 5,6,1 részlet) alatt a legbelső térből történik a komprimált hűtőközeg kitolása. A harmadik körülfordulás végére ismét az alaphelyzet áll elő, a gőztér fogat kiürül, a külső szélén a szívás befejeződik, a középső térben befejeződik a kompresszió.

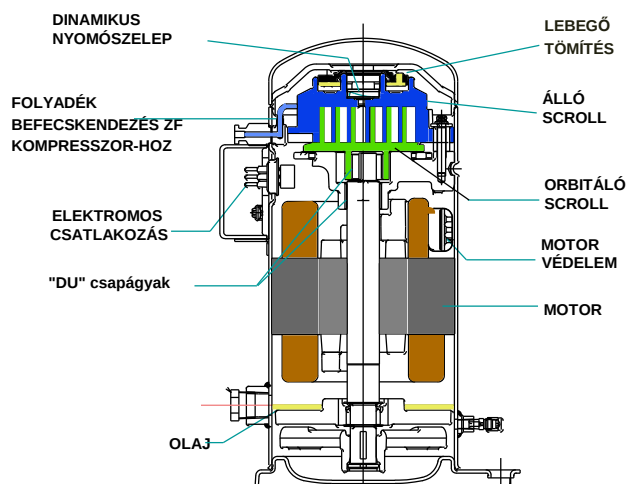


3.1.20. ábra. Scroll-kompresszor működése

A szívóvezetéken érkező gőz a ház alsó részénél áramlik be, majd a motoron áthaladva, azt hűtve, a spirál külső részén lép be a csigavonalba. Az összesűrített gőz az állórész középpontjában levő kiömlőnyíláson át a burkolat nyomócsonkján távozik.

A 3.1.21. ábra egy Scroll-kompresszor felépítését mutatja be.

Scroll kompresszor felépítése

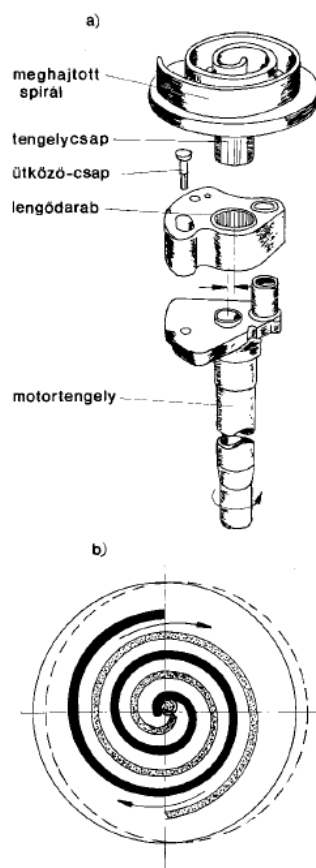


3.1.21. ábra. Scroll-kompresszor felépítése

A kompresszió úgy jön létre, hogy forgás közben az állórész és a forgórész nemcsak a spirálok élén felfekve érintkezik és tömít csúszás közben egymáson, hanem a két spirál minden menete egy-egy külső és belső pontban (illetve a tengellyel párhuzamosan vonalak mentén) is mindig érintkezik, vagyis a radiális találkozási pontok (illetve élek) forgás közben kívülről befelé vándorolnak. Az így bezárt tér a forgás előrehaladásával egyre kisebb lesz, ezáltal benne kompresszió megy végbe, amíg egyik radiális tömítőél a kiömlőcsatornát el nem éri, és az összesűrített közeg ezen át el nem távozik.

Az alacsony hőmérsékletre tervezett spirálkompresszoroknál a gőzáram nem tudná megfelelően hűteni a motort, ezért a motor állórészét a burkolattal fémes érintkezésbe hozták, ezzel léghűtésessé alakították.

A spirálkompresszor hajtása a 3.1.22. ábrán látható. Ez biztosítja az orbitális mozgást. A hajtómű tartalmaz egy speciális elemet, a lengődarabot, ami a kompresszor tehermentes indítását és folyadékütés elkerülését teszi lehetővé. A lengődarab egy csappal határolt pálya mentén elfordulhat, a pálya átmérője változhat. Ezzel elérhető, hogy induláskor a spirálok nem érnek össze, a gépek tehermentesen indulnak. Nagyobb fordulatszámon a lengődarab a nagyobb centrifugális erő hatására kimozdul, a spirálok összeérnek.



3.1.22. ábra. A Scroll-kompresszor tengelyének kialakítása

A spirálkompresszornak nincsenek munkaszelepei, csak a nyomócsőnkba van építve visszacsapó szelep, hogy visszafele ne tudjon forogni. A kenést az olajteknőbe merülő, a tengely végén kialakított centrifugál szivattyú biztosítja. A felesleges olaj visszacsurog az olajteknőbe. A spirálok kenése a gőzáramban levő olajjal történik.

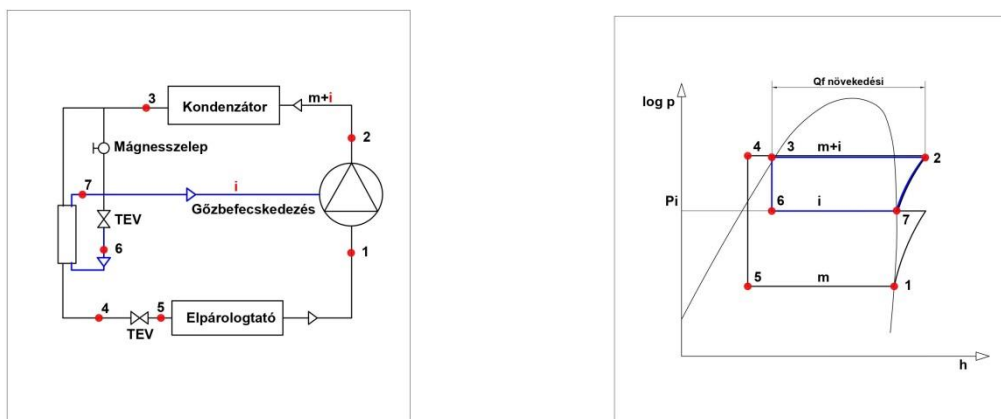
A spirálkompresszor konstrukciós adottsága, a forgólapátos, a csavar-, valamint a forgódugattyús kompresszorokhoz hasonlóan a beépített térfogatviszony, ennek változtatása nem lehetséges. A Scroll-kompresszor előnye, hogy alternáló elemeket nem tartalmaz, ezért rezgés- és zajmentes az üzeme, ami környezetvédelmi szempontból jelentős. Kevés alkatrészből áll, nincsenek munkaszelepei, károstere sincsen, ezért mind a szállítási foka, mind az indikált hatásfoka az alternáló dugattyús kompresszorénál kedvezőbb. Folyadékütéssel szemben nem érzékeny. Az üzem közben legördülő érintkező alkatrészei kevésbé kopnak, mint az alternáló dugattyús vagy a forgattyús cellás gépek mozgó részei, ezért élettartama hosszabb.

Az utóbbi időben nemcsak fűtési feladatok ellátásához, hanem használati melegvíz (HMV) előállításához is alkalmaznak hőszivattyúkat. Ilyen esetekben, mivel a hőforrás hőmérséklete adott, a hőleadás magas hőmérsékleten történik. Ez óhatatlan nagyobb nyomásviszonyt és magas kompresszió vég hőmérsékletet okoz, ami energiafogyasztás-növekedéssel jár és veszélyezteti a kompresszor működését. Indokolt lenne tehát többfokozatú kompresszió alkalmazása. Ilyen feladatok ellátására a csavar- és a spirálkompresszorok úgy kínálnak lehetőséget, hogy egyfokozatú kompresszort alkalmaznak és beépítenek egy úgynevezett economisert. Ezzel a gép hengerének közepe táján a spirálok közé folyékony vagy gőz hűtőközeget fecskendeznek be (3.1.23. ábra), így ezzel a megoldással a kompresszió vég hőmérsékletét lehet csökkenteni, a fajlagos hűtőteljesítmény pedig nő.



3.1.23. ábra. A spirálkompresszor álló- (fekete) és forgórésze (kék). Pirossal jelölve a befecskendezés helye.

A leggyakoribb, száraz expanziós economiser kapcsolási vázlatát és a vele módosított körfolyamatot mutatjuk be a 3.1.24. ábrán. A gép hengerének középső szakaszán egy szívónyílást képeznek ki, amely egy elpárolgatót működtet az itt uralkodó p_k közbenső nyomásnak megfelelő t_0 elpárolgási hőmérsékleten, és ez az elpárolgató a kondenzátorból érkező hűtőközeg folyadékot intenzíven utóhűti. Ezzel a megoldással a q_0 fajlagos hőelvonás q_0^* -ra nő és a fajlagos hűtőteljesítmény is javul.



3.1.24. ábra. Gőzbefecskendezés (economiser) alkalmazása

Spirálkompresszorok szabályozása

Hűtőteljesítményüket belülről az egyik spiráljárat lezárásával lehetne szabályozni, de ez nem egyszerű feladat. Fordulatszám-szabályozásra frekvenciaváltó használata ad lehetőséget. Gyakori szabályozási mód a csoportaggregát összeállítása (összecsövezése) és többállású szabályozása.

3.1.3.5 Turbókompresszorok

Amint a téma tárgyalásának elején jeleztük, a kompresszoroknak két nagy csoportját lehet megkülönböztetni. Az eddig tárgyalt dugattyús kompresszorok, melyek a térfogatkiszorítás elvén működnek, míg a másik csoport, az úgynevezett turbókompresszorok, melyek az áramlási elvek alapján működnek. Ezekben a gépekben a gáz nyomásának növelését úgy oldják meg, hogy egy lapátokkal ellátott forgórész segítségével a befektetett mechanikai energiát nyomási energiává alakítják. Ahhoz, hogy a gáz sebessége ne nőjön túl nagyra, egy diffúzor építenek be, ami segíti az egyenletesen lassuló áramlás kialakulását. A komprimáláshoz befektetett energia először járókeréken a közeg sebességi energiáját növeli meg, majd a diffúzorban a sebességi energia nyomási energiává alakul át.

Az áramlás fő iránya szerint axiál és radiál kompresszorokról beszélhetünk, melyek közül a hűtéstechikában csak a radiál kompresszorokat alkalmazzák. Bár a turbókompresszorok egyfokozatban megvalósítható nyomásviszonya korlátozott. Ennek ellenére kis helyigényük, rezgésmentes üzemük, kis karbantartási igényük,

nagy térfogatáramok folytonos szállítására való képességük miatt nagy teljesítményű hűtőberendezésekben, klímákban jól alkalmazhatók.

A turbókompresszor működésmódja

A hűtéstechnikában alkalmazott turbókompresszorok nyitott vagy klíma-vízhűtőknél félhermetikus kivitelben készülnek. Kenésük külön odafigyelést kíván a nagy fordulatszám miatt. Ennek megoldása érdekében leggyakrabban olajszivattyús olajellátó-rendszerrel készülnek. Úgynevezett száraz üzemben működnek, a hűtőközeg-rendszerbe nem kerülhet kenőolaj. Hajtásukra elektromotort, dízelmotort vagy gőzturbinát használnak.

Turbókompresszorok szabályozása

A turbókompresszorok esetében a szívóvezetékbe épített fojtást, mint szabályozási módot nem nagyon alkalmazzák. Jellegzetes szabályozási mód az előperdület-szabályozás, melyhez igen fontos szerkezeti elem a terelőlapátsor, ami a lapát belépő nyílása előtt található. Ez a módszer lehetőséget biztosít a turbókompresszor tág teljesítményhatárok közötti szabályozására. Ritkán használt szabályozási módok még a fordulatszám fokozatmentes szabályozása, valamint a by-pass szabályozás.

3.1.4 Hűtőkompresszorok kiválasztása

Mint láhattuk, a hűtőberendezések széles típusválasztéka áll rendelkezésünkre, nem is beszélve a gyártó cégek által kínált számtalan modellről. Ám egyáltalán nem könnyű eldönteni, hogy egy adott hűtési feladat ellátására melyik kompresszor a legalkalmasabb. Végig kell gondolni a hűtés célját, ki kell választani a legmegfelelőbb hűtőközeget és ismerni kell a berendezés következő jellemzőit:

- maximális elpárolgató-teljesítmény
- elpárolgási hőmérséklet
- az elpárolgatóban keletkező túlhevítés
- az elpárolgató és a kondenzátor közötti nyomáscsökkenés és túlhevülés
- kondenzációs hőmérséklet a maximális hűtőtéljesítménynél
- a kompresszor és a kondenzátor közötti nyomáscsökkenés
- az utóhűtés mértéke

A környezettudatosság szempontjait sem szabad figyelmen kívül hagyni. Ez azt jelenti, hogy lehetőség szerint félhermetikus vagy hermetikus kivitelű kompresszort kell választani. Kivételt jelentenek azok az esetek, ahol a nagy gépméret, a hűtőközeg fajtája vagy a hajtás módja nyitott kompresszor alkalmazását teszi indokolttá. Ha az alaptípust meghatároztuk, a konkrét gép kiválasztásához tudnunk kell még az elpárolgási és a kondenzációs hőmérsékletek üzemi határértékeit, a szabályozás lehetséges módjait is, és természetesen a helyigényt is össze kell vetni a lehetőségekkel.

Nyitott kompresszorok kiválasztása

A gépméret és a hajtótéljesítmény meghatározására két lehetőség kínálkozik: számításokkal vagy a gyártó katalógusainak adataival tudunk dolgozni.

A számításokkal kapott adatok esetében különös figyelmet érdemel, hogy a számított értékek nem érik-e el az alkalmazhatóság határait:

- a szilárdsági szempontból megengedett legnagyobb üzemi nyomást
- a tengelytömítés és a csapágyazás szempontjából megengedett legnagyobb szívóoldali üzemi nyomást
- a csapágyazás és a hajtómű szilárdsági szempontjából megengedett legnagyobb nyomáskülönbséget a szívó- és a nyomóoldal között
- a kenés szempontjából megengedett legnagyobb kompresszió vég hőmérsékletet
- A katalógusadatok esetében pedig fontos, hogy a hűtőtéljesítményt pontosítani kell a tényleges berendezés követelményeinek megfelelően.

A kompresszort az adatok ismeretében a következő módon választjuk:

Meghatározzuk a hűtőtéljesítményt utóhűtés nélküli, a katalógus szerinti szívócsonk-hőmérséklettel működő üzemre. Ha a tényleges szívócsonk-hőmérséklet nem egyezik meg a katalógusban szereplő adattal, korrigáljuk a

hűtőteltjesítményt. Figyelembe kell venni azt is, hogy az üzemi szívócsonk-hőmérséklet a szállítási fokot is befolyásolja. Végül az ezek alapján számolt bruttó elpárologtatató hűtőteltjesítményt összevetjük a célkitűzéssel és az alkalmazhatóság korlátaival.

Hermetikus és félhermetikus kompresszorok kiválasztása

Ezeknél a gépeknél a számítási módszer nehézkes és nem kellőképpen pontos, így itt a katalógusadatokra hagyatkozunk, még a szívócsonk-hőmérséklettel kapcsolatos korrekciók esetében is. Még az előbb ismertetett kiválasztási módhoz képest is jelentős az alkalmazhatóság korlátaival való összevetés, különösen a betétmotor teljesítménye, a maximálisan megengedett kompresszió véghőmérséklet és a motorhűtés megfelelősége szempontjából.

3.1.5 Csoportaggregátok

A gyakorlat sűrűn megköveteli, hogy a hűtési feladatot ne egyetlen kompresszorral, hanem több egység együttes működésével oldjuk meg. Ilyenkor általában közös alapkeretre építik a kompresszorokat, az összekötő csövezetéseket, az olajleválasztó- és visszavezető rendszert, a hajtás, a szabályozás és a védelem szerelvényeit. Az így elkészülő gépcsoportot nevezzük csoportaggregátnak.

Alkalmazásának előnyei:

- költséghatékony, sorozatgyártásban készülő gépeket lehet alkalmazni
- nagyobb hűtőteltjesítmények kiszolgálására is képes
- jól szabályozható
- nagy az üzembiztonság
- viszonylag egyszerű lehet a csövezeték-hálózat
- egyszerűbb a helyszíni szerelés, kevesebb a hibalehetőség.

A csoportaggregátokban legtöbbször alternáló, gördülődugattyús vagy spirálkompresszorokat használnak, de elterjedően vannak a csavarkompresszoros megoldások is. A csoportaggregát mindig automatikus üzemű. Ez azt is jelenti, hogy gondoskodni kell a kompresszor egységekbe visszatérő olaj megfelelő mennyiségéről. Erre a legjobb megoldás az olaj szabályozott visszavezetése mágnesszeleppel kombinált szintszabályozóval. A csoportaggregátok felhasználási területe az élelmiszer áruházak hűtése, a hűtőház építés, a konténerhajók hűtése és a klímatechnika.

Csoportaggregátok szabályozása

A hűtőteltjesítmény szabályozásának leggyakoribb módja a közös szívóvezeték nyomásának szabályozása. Ehhez mechanikus vagy elektromechanikus szabályozó elemeket használnak. Ha szükséges, ezt kiegészítik egy folytonos működésű elpárolgási nyomás szabályozóval, amit a szívóvezetékbe építenek. Egyre inkább elterjednek az elektromos szabályozó rendszerek is, melyek a szabályozás mellett vezérlési, védelmi funkciók ellátására is képesek, valamint összeköthetők távfelügyeleti rendszerrel.

Amennyiben folyadékűtők csoportaggregátjáról van szó, a szabályozás nem a nyomást, hanem a hűtött folyadék hőmérsékletét veszi alapul. Itt jelentős kiegészítő feladat a fagyvédelem, ami a hőfokvédelmet és az áramlás folytonosságának biztosítását is magába foglalja.

Érdemes megemlítenünk még a védelmi funkciókat: ide soroljuk a túlnyomásvédelmet, a szívóoldali nyomásvédelmet, az olajnyomás kimaradása elleni védelmet és a túlhőmérséklet-védelmet.

3.2 Elpárolgató

Az elpárolgatók felületi hőcserélők, ahol a rendelkezésre álló viszonylag alacsony hőmérsékletű hűtött közegből a hűtőközeg által hőelvonást hozunk létre. Ennek következtében a hűtőközeg elpárolog és a hőforrás közeg hőmérséklete csökken.

Az elpárolgatók kialakítását a hőforrás minősége (vagy másképpen fogalmazva a hűtött közeg fajtája) és az elpárolgás folyamata határozza meg.

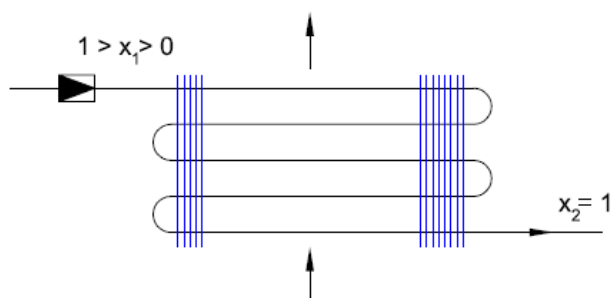
A hőforrás szempontjából a berendezés lehet léghűtő, folyadékűtő vagy fagyasztó berendezés. A léghűtés célja, hogy zárt légtérben adott hőmérsékletet biztosítson vagy légcsatornában hűtse az ott átáramló levegőt. Ebben az esetben a hűtött közeg a nedves levegő, az elpárolgatót pedig levegőt hűtő elpárolgatónak nevezzük. A léghűtés lehet közvetlen vagy közvetett elpárolgatói rendszerű. Közvetett elpárolgatói rendszerű elpárolgató a közvetítőközeget hűti. A folyadékűtők egy folyadékmennyiség vagy folyadékáram hőmérsékletét csökkentik, vagy tartják az előírt szinten. A hűtőberendezés elpárolgatóját folyadékot hűtő elpárolgatónak nevezzük. A fagyasztó berendezésekben adott mennyiségű és minőségű anyag hőmérsékletének csökkentése, az áru fagyasztása és kismértékű túlűtése a cél.

Az elpárolgás folyamata alapján megkülönböztetünk száraz rendszerű és elárasztott rendszerű elpárolgatókat. Kialakításuknál szem előtt kell tartani a következő követelményeket: legyen nagy a hőátbocsátási tényező kis hűtőközegoldali nyomásesés mellett, valamint az elpárolgatóban lévő hűtőközeg tömege legyen kicsi.

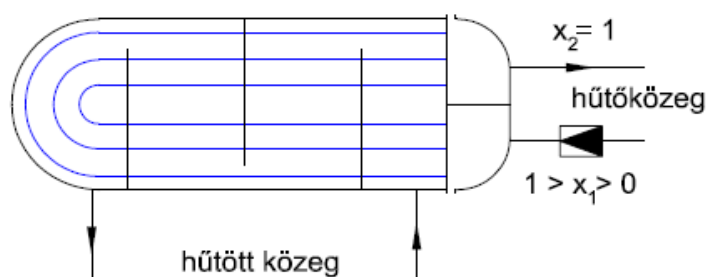
3.2.1 Száraz rendszerű elpárolgató

A száraz rendszerű párolgatókat levegő és folyadék hűtésére alkalmazzák. Bennük a hűtőközeg csatornában halad. A hőátadó felület mentén végigáramló hűtőközeg teljesen elpárolog, sőt a kilépésnél az állapota már kis mértékben túlhevítetté is válhat. Az elpárolgás egy vagy több csővezetékben kényszerített átáramlásnál történik meg. Csak annyi hűtőközeget vezetünk be, amennyi az átáramlás során el tud párologni. A szabályozást termikus és elektronikus expanziós szelepek biztosítják.

A 3.2.1. és 3.2.2. ábra levegő, illetve folyadék hőforrás szerinti kialakítású elpárolgató sematikus vázlatát szemlélteti.



3.2.1. ábra. Száraz rendszerű elpárolgató levegő hőforrás esetén



3.2.2. ábra. Száraz rendszerű elpárolgató folyadék hűtött közeg esetén

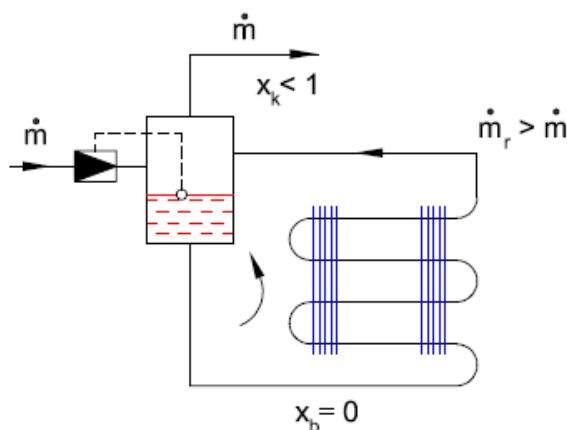
A száraz rendszerű elpárolgató átlagos hőátadási tényezője kisebb az elárasztott rendszerű elpárolgatókéénál, mivel a kilépés előtti szakaszban romlik a felületnedvesítés és ez rontja a hőátadási tényezőt. Előnye viszonyt a kisebb hűtőközegtöltet, valamint az, hogy az olajban oldódó hűtőközegek esetében biztos olajvisszavezetésre ad

lehetőséget. Ezen kedvező tulajdonságai alapján gyakran alkalmazzák szakfelügyeletet nem igénylő, automatikus üzemű berendezésekben. Mind hőtechnikai, mind üzemi viselkedés szempontjából egyaránt kedvező a kisebb (12-20 mm-es) belső átmérőjű csövek alkalmazása, a gyakran használt nagyobb csőméretek helyett.

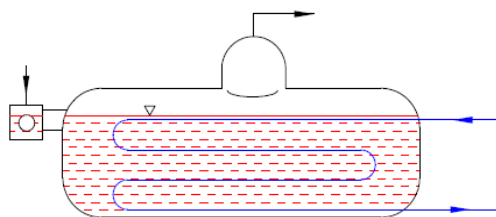
3.2.2 Elárasztott rendszerű elpárolgató

Ezeket az elpárolgatókat a hűtőközegoldali hőátadó felület folyadék fázisú hűtőközeggel való jó ellátottsága jellemzi. A hőátadás a hűtőközeg felé intenzívebb, mint a száraz rendszerű elpárolgatóknál, mivel a belső fal teljes felülete érintkezik a folyadékkal. Az elpárolgatóban a hűtőközeg szintjének szabályozását úszószelep végzi. Az elárasztott rendszerű elpárolgatóknak két típusát különböztetjük meg: az egyikben részleges elpárolgás történik, a másikban nagyterű forrást valósítunk meg. A részleges elpárolgással működő elpárolgatónál a nyomáscsökkenés (fojtás) után a nedves gőzből a gőzfázis közvetlenül a kompresszorba kerül, a folyadékfázisú hűtőközeg az elpárolgatóba lép be és nedves gőzként távozik. Így a hűtőközeg oldali átlagos hőátadási tényező szempontjából kedvezőbb érték érhető el, mint a száraz rendszerűeknél.

A 3.2.3. és 3.2.4. ábra levegő, illetve folyadék állapotú hűtött közeg szerinti kialakítású elpárolgató sématisztázatát szemlélteti.



3.2.3. ábra. Elárasztott rendszerű elpárolgató levegő hőforrás esetén



3.2.4. ábra. Elárasztott rendszerű elpárolgató folyadék hőforrás esetén

A nagyterű forrást megvalósító elpárolgatóknál a hűtött közeg a csövekben áramlik, a csövek és a köpeny között pedig a folyadék fázisú hűtőközeg helyezkedik el. Hőbevezetés hatására a csövek felületén gőz képződik, és azonnal távozik is, helyére folyadék fázisú közeg lép. Ez biztosítja a megfelelő nedvesítést és ezzel együtt a jó hőátadási tényezőt is.

Az elárasztott rendszerű elpárolgatóknak előnyös a felület-kihasználása, jó a hőátadási tényezője. Hátrányuk viszont a nagy hűtőközegtöltet, valamint működésükből következően problémát jelent az olajvisszavezetés. Alkalmazási területük ezért jellemzően a szakfelügyelet mellett üzemelő ipari hűtőberendezések és a hőszivattyúk.

3.2.3 Levegőt hűtő elpárologtató

A levegőt hűtő elpárologtatók vagy rövidebb nevükön léghűtők általában száraz rendszerűek, bár nagy ipari hűtőrendszereknél előfordul az elárasztott rendszer is. A levegőoldali hőátadási tényező kis értéke miatt a kedvezőtlen, nagy méretek (beépítendő nagy csőhossz) csökkentésére általában elterjedt a levegőoldalon felületnövelő bordázattal ellátott úgynevezett bordáscsöves léghűtők alkalmazása.

A levegőoldalt tekintve megkülönböztetünk természetes és kényszerített áramoltatású léghűtőket.

3.2.3.1 Természetes áramoltatású léghűtő

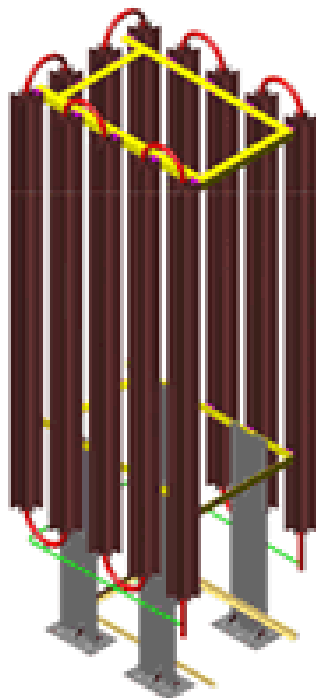
A természetes áramoltatású léghűtőknek több típusa van, melyeknek felhasználása a hűtési feladattól függ. Mindegyiknél alapkövetelmény, hogy az elhelyezés megfelelő légáramlást biztosítson.

A csőjáratos lemez-elpárologtatókat háztartási és egyes kereskedelmi hűtőberendezésekben használják. Ezekben az alumínium lemezeket hengerlés és felfűtés után járatok alakulnak ki, melyek növelik a hőátadó felületet. Beépítésnél ilyen csőjáratos lemezből különböző alakú elpárologtatókat tudnak kialakítani.

Simacsöves léghűtők hűtőközegoldalon lehetnek száraz vagy elárasztott rendszerűek is. Falra vagy mennyezetre lehet elhelyezni őket. A léghűtő része a tartó, és a felerősítéshez és a felületen kicsapódó víz felfogására szolgáló csepptálca is.

A felületnövelő bordázattal ellátott léghűtőknél a csövekre 10 mm távolságban drótokat hegesztenek, ezek szolgálnak a felület növelésére. A drótok egyben a 60 - 80 mm csőtávolságú csőígyót is összefogják. Alkalmazási területük többféle lehet. A fagyasztókészülékek esetében használatos elpárologtatót köpeny-elpárologtatónak nevezik. A lamellás, közvetlen elpárologtatású felületi léghűtőket nagyobb hűtőteltjesítmények elérésére használják. Ezeket mennyezetre vagy oldalfalra szerelik (oldalfali szerelés esetében az alacsonyabb hőmérsékletű szomszédos helyiséggel közös oldalfalat célszerű választani).

A 3.2.5. ábrán természetes áramoltatású léghűtő látható, amelyben a magcső és a bordák alumíniumból készülnek. A 2 vagy 4 db bordát a csőhossz mentén hegesztik a cső felületére. A berendezést a szabadba telepítik, így a környezeti levegővel érintkezik az elpárologtatója. A levegő oldali hőátbocsátási tényezője 6-9 $[W/m^2.K]$. A nyomásvesztés csökkentése érdekében a hűtőközeg oldalon a léghűtőt több járatból készítik.



3.2.5. ábra. Természetes áramoltatású léghűtő

A természetes áramoltatású léghűtők kifejezetten csendes üzemmódúak, kis hőtermelésű hűtőhelyiségekben, már hűtött és fagyasztott áruk tárolásakor jól alkalmazhatók.

3.2.3.2 Kényszerített áramoltatású léghűtők

A legelterjedtebben alkalmazott léghűtő a kényszerített áramoltatású léghűtő, amelynél a levegő átáramoltatását saját ventilátor biztosítja. A természetes áramoltatású berendezésekhez képest nagyobb a hőátbocsátási tényező és a légforgalom, de működtetésük több energiát is igényel. A levegőoldali felület növelésére általában lamellákat alkalmaznak.

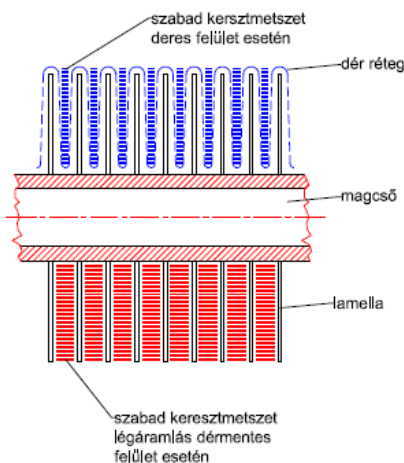
A kényszerített áramoltatású léghűtő kialakítása szerint lehet szívott vagy nyomott kivitelű, a ventilátor elhelyezésétől függően. A szívott kialakításnál a hőcserélőtömb belépő homlok-keresztmetszetében a sebességeloszlás egyenletesebb, kedvezőbb a légoldali felület-kihasználás és zajossága is kisebb. A levegősebesség növekedésével levegőoldalnál javul a hőátadási tényező, de a légoldali ellenállás és ezzel a ventilátor teljesítményfelvétele is megnő.

A 3.2.6. ábrán egy kényszerített áramoltatású léghűtőt láthatunk.



3.2.6. ábra. Kényszerített áramoltatású léghűtő

Ezek a léghűtők általában hűtőközeg minőségétől függően 10-18mm átmérőjű vörösréz, alumínium vagy acél csőből készült bordás csöves rendszerből állnak. Alumínium vagy acél bordákkal vannak kialakítva, 4-16 mm-es bordák közti távolsággal (3.2.7. ábra).



3.2.7. ábra. Bordás csöves rendszer

Az elpárolgató lehet száraz vagy elárasztott rendszerű, ez utóbbit ammónia hűtőközegnél, illetve nagy ipari készülékeknél használják. A hőszivattyúknál száraz rendszerű elpárolgató használata az elterjedt megoldás. A léghűtőn a nyomásesés csökkentése érdekében a hűtőcsövek közti egyenletes hűtőközeg-elosztást egy hűtőközegosztó végzi, amely az adagoló után kerül beépítésre. Ez kis átmérőjű rézcsövek alkalmazásával egyenletesen szétosztja a hűtőcsövek között az adagolóból kilépő (folyadék-gőz) hűtőközeget, ahogy ez a 3.2.8. ábrán látható.

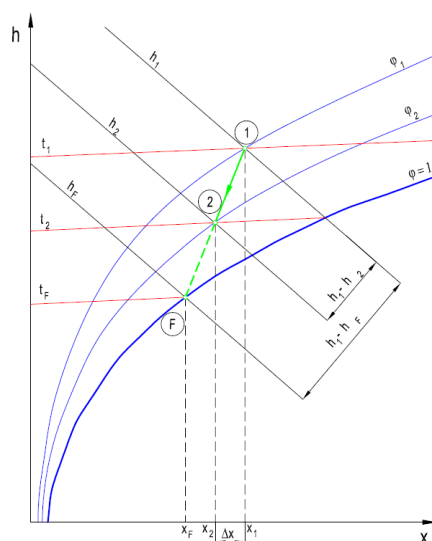


3.2.8. ábra. Léghűtő (hőcserélőtömb) belső része

A fenti ábrán nagyobb hűtőteljesítmény esetén alkalmazandó, két hűtőkörből kialakított elpárolgató látható két osztóval. Ezeknek a csöveknek az egységes áramlási ellenállás miatt pontosan azonos átmérővel és azonos hosszal kell rendelkezniük.

3.2.3.3 Felületi léghűtők leolvasztása

Mielőtt áttérnénk a folyadék-hűtők tárgyalására, ki kell térnünk a deresedés problémájára és annak kezelésére. A levegő állapotváltozását a 3.2.9. ábrán követhetjük.



3.2.9. ábra. A levegő állapotváltozása a léghűtőn

A levegő hűtött közegű hőforrású elpárolgatók esetében a levegő a léghűtőn halad keresztül, amelynek t_f felületi hőmérséklete alacsonyabb a levegő t_h harmatpontjánál ($t_f < t_h$), ezért a hideg felületre nedvesség fog lecsapódni, a levegő pedig hűl és szárad, vagyis az eredeténél hidegebb és kevesebb nedvességet tartalmazó levegő halad tovább. Ha a felületi hőmérséklet $t_f < 0^\circ\text{C}$, a nedvesség szilárd formában (dér) válik ki a felületen és ott is marad. A lerakódott dér rontja a hőátadást, növeli a légoldali áramlási ellenállást, emiatt a léghűtő, illetve a hőszivattyú teljesítménytényezője romlik. A zavartalan üzem érdekében a lerakódott deret rendszeresen el kell távolítani. Ennek módszere minden esetben a leolvasztás, mechanikai behatással eltávolítani (lekaparni) nem célszerű. Mivel a leolvasztás ideje alatt a hűtés funkció nem működik, a leolvasztás többletenergiát igényel, ezért minél rövidebb idejű leolvasztás javasolt. Ezt az időtartamot a dérréteg vastagsága, a felmelegítendő felület

tömege, a leolvasztó áram fajlagos értéke, valamint a leolvasztandó felület és a környezete közötti hőmérséklet-különbség és a hőátadási tényező határozza meg.

A leolvasztás lehetséges módjai a következők:

1. Leolvasztás a hűtött tér levegőjével

Amikor a hűtött térben +2 fokonál magasabb a hőmérséklet, akkor a hűtőüzemet leállítva, a ventilátor üzemeltetésével a keringtetett levegő olvasztja le a deret. Az olvadákvíz a csepptálcában gyűlik össze, onnan eltávozik vagy eltávolítható. Ennél a leolvasztási módnál fontos betartani a kellő gyakoriságot.

2. Folyadékkal történő leolvasztás

Nagyipari hűtőberendezéseknél alkalmazott módszer. Ha a hűtőfelületeket rendszeresen tisztítani kell, akkor kétszeresen hasznos megoldás a vízzel való leolvasztás. Fontos követelmény, hogy elegendő mennyiségű és egyenletes terítésű legyen a vízáram. Elvégezhető kézívezérléssel, a hűtőüzem és a ventilátor leállításával. Az olvadákvíz a csepptálcából az ürítővezetékbe kerül, majd távozik. Egyes berendezéseknél automatikus leolvasztás is lehetséges. A hűtőüzem leállása után a mágnesszelep nyitása indítja, és annak zárása fejezi be a leolvasztást. Az olvadákvíz távozása után újra indul a hűtés. Fagypont alatti hőmérsékletű térben nem javasolt megoldás, mert a visszamaradó víz megfagyva problémákat, meghibásodást okozhat.

Nagy nedvességterhelésű fagyasztógépek esetében használatos megoldás a propilén-glikolos öblítés. Célja nem a leolvasztás, hanem a deresedés megakadályozása.

3. Elektromos leolvasztás

A villamos fűtés nem a dérréteget, hanem közvetlenül a lamellákat éri, belülről kezdve az olvasztást. Lassú leolvasztási mód, célszerű gyakran alkalmazni, hogy a dérréteg ne tudjon túlságosan megvastagodni. Ilyenkor gyors, költséghatékony, megbízható módszer. A leolvasztás folyamatát általában egy programkapcsoló vezérli. Egy mágnesszelep zárásával megszűnik a hűtőközeg adagolása, majd a kompresszor működése mellett leszívják az elpárologtatót. A kompresszor leállítása után bekapcsol a leolvasztó fűtés és leáll a ventilátor. A fűtést egy termosztát kapcsolja ki, ezután indul újra a hűtés.

4. Meleggázos leolvasztás

Külső energiahordozó nélküli, a kompresszorból kilépő hűtőközegáram hőjét felhasználó módszer. Több elpárologtatóval rendelkező, nagyobb gépeknél alkalmazható gazdaságosan. A hűtőközeg-adagolás megszüntetése után az elpárologtatót leválasztják a szívóoldalról és a berendezés nagynyomású oldalára kapcsolják. A beáramló hűtőközeggőz biztosítja a leolvasztáshoz szükséges hőt. A folyadékfázisú hűtőközeget és az olvadákvizet folyamatosan el kell vezetni.

Ha egy berendezésnek csak egyetlen elpárologtatója van, akkor a hűtőközeg áramlási irányának megfordításával lesz kivitelezhető a meleggázos leolvasztás. Ilyenkor az elpárologtató és a kondenzátor szerepet cserélve üzemel a leolvasztás ideje alatt.

Az úgynevezett termo-bank rendszer hasonlóképpen működik. A léghűtővel párhuzamosan kapcsolt vízhűtésű kondenzátor elpárologtatóként üzemelve a felmelegített víztömeg hőjét felhasználva végzi a leolvasztást.

Ide soroljuk még a kondenzációs hőt felhasználó közvetett leolvasztást, ahol nem víz, hanem glikol oldat melegíti a deres felületet és a csepptálcát.

3.2.4 Folyadékot hűtő elpárologtató

A folyadék-hűtő elpárologtatókat általában indirekt hűtési rendszerek hűtőberendezésbe építik be. Ezek korábban csak csöves, újabb lemezes változatban is készülő elpárologtatók. A hőcserélőkkel szemben megfogalmazott követelmények a következők: nagy fajlagos felület, minél nagyobb hőátbocsátási tényező, kis nyomásesés, költséghatékony működtetés, nagy üzembiztonság, könnyű tisztíthatóság és korrózióállóság, hosszú élettartam.

A folyadékot hűtő elpárologtatók általában sima csöves kivitelűek, mivel a hőcserében résztvevő közegek hőátadási tényezői közel azonosak, de már bordás csöves konstrukciójút is alkalmaznak, ha jelentős különbség van a hőátadási tényezők között. Három alaptípust különböztetünk meg közöttük: a nyalábcsőves, a merített és a lemezes elpárologtatót. Tekintsük át most ezeket röviden!

3.2.4.1 Nyalábcsovés elpárolgató

A folyadékot hűtő elpárolgatók egyik jellegzetes típusa a csőköteges, vagy más néven nyalábcsovés konstrukció.

A 3.2.10. ábra egy nyalábcsovés elpárolgatót mutat be.

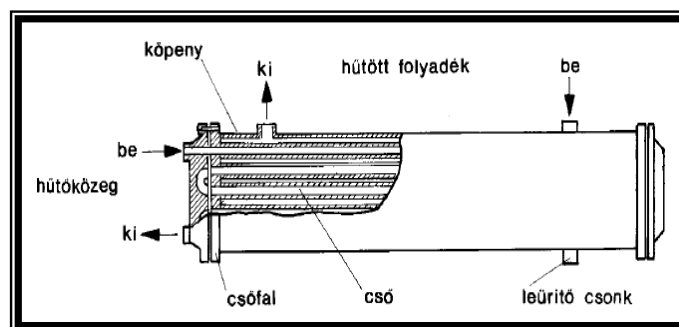


3.2.10. ábra. Nyalábcsovés elpárolgató

Hűtési céltól függően száraz és elárasztott kivitelben is készülhet. A száraz rendszerű elpárolgatóknál a hűtőközeg acélból vagy rézből készült csőjáratokban, a hőt leadó folyadék az acél köpeny és a csövek közötti térben áramlik. A csöveket a köpeny végfalába hengerlik, rögzítésük biztosítására gyakran hegesztést is alkalmaznak. A csövek megszabott osztásban (háromszög, négyzet vagy akár hexagonális csőkiosztás) tömören illeszkedve helyezkednek el a csőfalban. A hőátadási tényező megfelelő értékének eléréséhez szükséges 0,5-0,8 m/s áramlási sebesség a beépített terelőlemezekkel állítható be.



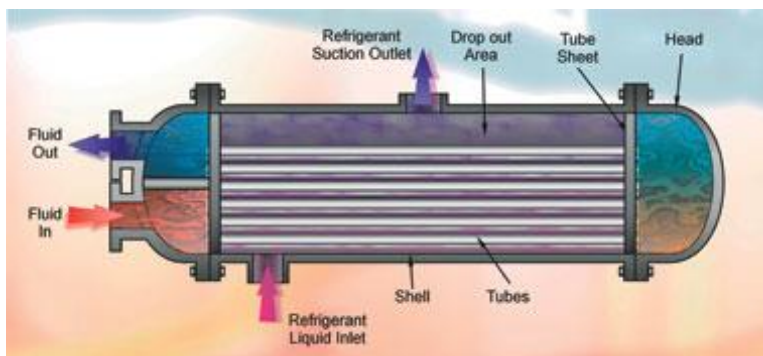
3.2.11. ábra. Csőköteges elpárolgató



3.2.12. ábra. Csőköteges elpárolgató szerkezeti rajza

Elárasztott rendszerű elpárolgatóra láthatunk példát a 3.2.13. ábrán. Ezeknél az elpárolgatóknál a hőt leadó folyadék a csövekben halad. Több járatban is áthalad a készüléken, mert a fenekekben úgynevezett fordítókamrák vannak kialakítva. A folyadékoldali járatok számát ennél a kialakításnál is a megfelelő hőátadási tényezőhöz szükséges (1,5 m/s-nál kisebb) áramlási sebesség határozza meg. Természetesen a sebesség megválasztásakor tekintetbe kell venni a nyomásvesztés következtében jelentkező szivattyúzási teljesítményszükségletet is. A hűtőközeg a csövek és a köpeny közötti térbe kerül, a csövek külső felületén

párolog el. Amennyiben a hűtőközeg oldja az olajat, a sima helyett bordáscsöveket célszerű alkalmazni. Az elárasztott rendszerű elpárologtatókat nagyobb hűtőberendezésekbe vagy hőszivattyúba építik be.



3.2.13. ábra. Elárasztott rendszerű kialakítás

Általánosságban elmondható, hogy a csőköteges elpárologtatóknál $\Delta t=5-6$ K átlagos hőmérsékletkülönbség esetén a hőáramsűrűség $q=2900-4800$ W/m², és a hőátbocsátási tényező 400-800 W/m² K közötti érték. Megjegyzendő még, hogy a konkrét konstrukcióknál gondoskodni kell a hűtött folyadék minősége szerint szükséges tisztítás, leürítés és légtelenítés egyszerű és biztos lehetőségéről is.

3.2.4.2 Merített elpárologtató

Abban az esetben, ha a hűtendő folyadék (víz, sólé vagy egyéb, kisdermedési hőmérsékletű folyadék) hőszigetelt, nyitott tartályban van, merített elpárologtatót használnak. Ez egy, a tartályba helyezett csőspirál vagy csőkígyó. Hátránya, hogy a cső belül nehezen tisztítható, és aránylag nagy a helyszükséglete a felülethez viszonyítva, valamint, hogy hőátadása gyenge, mert a csőkígyót körülvevő folyadék csak igen lassan áramlik. A merített elpárologtató lehet száraz és elárasztott rendszerű is. Az elárasztott rendszerű elpárologtatók két jól használható típusa a meredekcsöves és a hajtúcsöves elpárologtató. Az előbbinek kedvezőbb a hőátbocsátási tényezője, az utóbbi pedig kevésbé érzékeny a hirtelen hőmérsékletváltozásokra. A hőátadás javítása és a folyadék egyenletes hőmérséklet-eloszlása érdekében a hűtött folyadékot mozgatni érdemes, ennek eszköze a tartályban elhelyezett keverőszелеp.

3.2.4.3 Lemezes elpárologtató

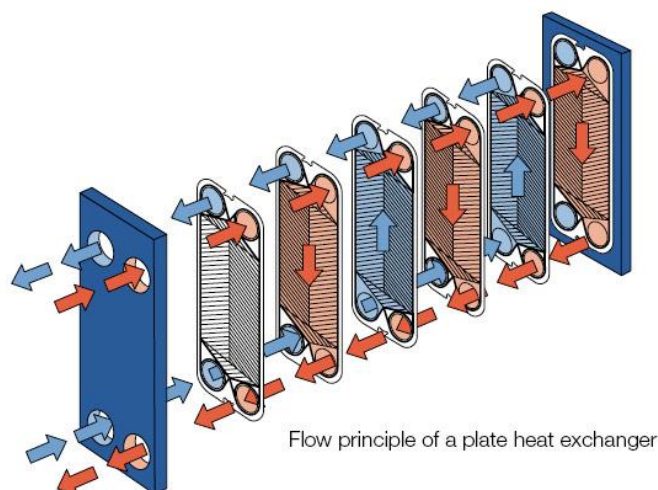
A hűtő- és hőszivattyúknál a folyadékot hűtése esetén legelterjedtebben lemezes hőcserélőt alkalmaznak. Ezeket korábban már az élelmiszeripar is használta. Általában téglalap alakú, azonos nagyságú, leginkább nemesacélból készülő, hullámosított lemezekből épülnek fel. A hűtőközeg elpárolgása az egymás mellett elhelyezkedő lemezek által kialakított csatornában történik. A lemez egyik oldalán az elpárolgó hűtőközeg áramlik, a másik oldalán pedig a hűtött hűtőközeg. A zárólemezek zárják le az elpárologtatót. A tömítéssel ellátott lemezeket keretszerkezet fogja össze. Amennyiben a készülék bontható elemekből áll, könnyű tisztíthatósága is az előnyei közé tartozik.

Nem bontható, forrasztott lemezes hőcserélőt mutat a 3.2.14. ábra.



3.2.14. ábra. Lemezes hőcserélő

A hőcserélőben a profilozott lemezek forrasztása után kialakított két egymástól elválasztott csatornában a közegek ellenáramban áramolnak, ahogy azt a 3.2.15. ábrán láthatjuk.



3.2.15. ábra. Lemezes hőcserélő

A lemezes hőcserélők esetében azonos hőtéljesítmény mellett a hőátadó-felület 30-50%-a a csőkeges hőcserélőkének, térfogatuk pedig 10-20%-a. Előnyük tehát a csőves hőcserélőkhöz hasonlítva a kedvezőbb hőátbocsátási tényező, a kis belső térfogat és helyszükséglet. Hátrányuk, hogy a folyadékvesztés elkerülésére nagyon pontos összeillesztést igényel. Ezzel együtt jó hőátbocsátási tényezőjük, valamint a kisebb igényelt hűtőközeg-mennyiség kedvezővé teszi alkalmazásukat gazdasági és környezetvédelmi szempontból is.

3.2.5 Elpárologtatók kiválasztása

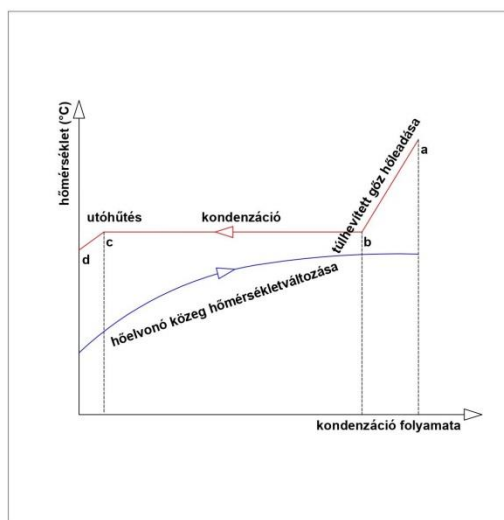
Az elpárologtató kiválasztásánál, ahogy a hűtőberendezés egyéb elemeinél is, első szempont a hűtési feladat meghatározása.

Folyadékűtők kiválasztásához ismerni kell a hűtött és a hűtőközeg fajtáját, a hűtött közeg belépő hőmérsékletét és térfogatáramát, az igényelt hűtőtéljesítményt és természetesen a tervezett hűtési rendszer jellemzőit. A konkrét készülék kiválasztásához pedig érdemes figyelembe venni a hűtőközegoldali térfogatot és nyomásesést, a hűtött folyadék oldali áramlási ellenállást és a fajlagos hűtőtéljesítményt. Mindezek mellett ellenőrizni kell, hogy a választott készülékkel a rendszer gazdaságosan és biztonságosan üzemeltethető-e.

Légűtőknél kiemelt figyelmet kell fordítanunk a deresedés kérdésére. Emellett ismerni kell a hűtőközeg fajtáját, az igényelt hűtőtéljesítményt, a hűtött tér hőmérsékletigényét, a relatív nedvességtartalom tartományát és a tervezett elpárologtatói rendszer milyenségét. Kényszerített légáramoltatású űtőknél fontos még a tér átöblítéséhez szükséges légáram ismerete is. A konkrét készülék jellemzői közül a méretek és a tömeg, a belső űrtartalom és a hőátadó felület nagysága, a hűtőközeg fajtája és a töltetnagyság és a hűtőtéljesítmény, valamint a ventilátor és a motor műszaki adatainak és a hangnyomásszintnek ismerete indokolt.

3.3 Kondenzátor

A kompresszoros hűtőberendezés harmadik nagy eleme a kondenzátor. Feladata a kompresszor felől érkező túlhevített gőz cseppfolyósítása és a kondenzátor oldalon hasznos hőáram átvitele a hűtőközegből a hőt felvevő (a fűtendő) közegbe. A kondenzátorba érkező túlhevített állapotú hűtőközeg először a túlhevített hőjét leadva a telítési hőmérsékletre lehűl, ezt követően a kondenzációs hőt leadva telített folyadékká változik, majd a kondenzációs hőmérséklet alá hűl, illetve utóhűtés történik. A 3.3.1. ábra mutatja a hőleadás folyamatát.



3.3.1. ábra. A hőleadás folyamata

A hőcsere a berendezés teljesítményétől függően külön-külön vagy egy hőcserélőben történik. Az ipari berendezésekben például a túlhevítési hőt külön hőcserélőben, a gőzhűtőben vonják el. A hőszivattyúknál a gőzhűtő a hőt felvevő közeg hőmérsékletének emelésére, a kondenzációs hőmérséklettel korlátozottan magasabb értékre való növelésére ad lehetőséget.

Az utóhűtéssel javítható a berendezés teljesítménytényezője, csökken a létesítendő fűtőteljesítmény elérése érdekében a kompresszorral szállítandó hűtőközegáram, valamint, gőzt nem tartalmazó, folyadék fázisú hűtőközeg az adagolószervezetig érkezik. Az utóhűtés a megfelelően kialakított kondenzátorokban is megvalósítható, azonban az ellenáramúként kialakított külön utóhűtő jobb felület-kihasználást adhat, valamint – mivel a kondenzátumot összegyűjtő, a változó üzemi viszonyok mellett szükséges tárolókapacitást biztosító folyadéktartály után kerül beépítésre – az utóhűtő kedvező hatása is így használható biztosabban. Az utóhűtés egy speciális változatának is tekinthető a kondenzátumnak az elpárologtatót elhagyó, kis nyomású gőz fázisú hűtőközeggel való utóhűtése.

3.3.1 Természetes hűtőközegek kiválasztási szempontjai

Általában a kondenzátorok az elpárologtatókhoz hasonlóan felületi hőcserélők. A hőt felvevő természetes hűtőközeg fajtájától függően levegő- vagy vízű kondenzátorokat különböztetünk meg.

Ha azt mondjuk, természetes hűtőközeg, mindenki azonnal a levegőre és a vízre gondol, és valóban: a környezeti levegő és a friss víz kiváló hűtőközegeként szolgál. Ugyanakkor nem hagyható figyelmen kívül az a jellemzőjük, hogy hőmérsékletük nem állandó, térben és időben is változik.

A környezeti levegő természetes hűtőközegeként való felhasználásakor az adott telepítési hely klímaviszonyait érdemes feltérképezni, így az átlagos hőmérséklet és relatív páratartalom értékeit a leghidegebb és a legmelegebb időszakokban. Még e tudás birtokában is számolni kell az átlagtól való, gyakran nem csekély mértékű eltérésekkel is.

A kútból, folyókból, tavakból, vagy éppen a vízvezetékben nyert víz hőmérséklete kisebb mértékben változik, de semmiképpen nem tekinthető állandónak. Itt a talaj hőmérsékletével, illetve a talajszint alatti mélységgel kell számolnunk. Nem szabad megfeledkezni arról sem, hogy a felszín feletti vizek tisztításáról, szűréséről is gondoskodni kell a lerakódások elkerülése érdekében.

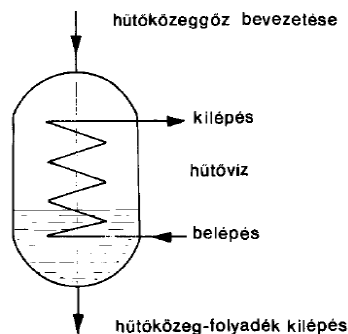
A környezeti levegő ingyen rendelkezésünkre áll, de magasabb hőmérséklete a nyári időszakban – éppen akkor, amikor a hűtési igény is nagyobb – magasabb energiafogyasztást okoz és nagyobb teljesítményű motor működtetését is igényli. A friss víz felhasználása ezekből a szempontokból sokkal kedvezőbb, ám nem áll rendelkezésre ingyenesen és korlátlanul, valamint a felhasznált víz elvezetése is költséges lehet. Ahhoz, hogy egy adott telepítési helyen eldöntsük, melyik természetes hűtőközeg alkalmazása célszerű, komoly gazdasági és műszaki elemzésre van szükség. Ezzel párhuzamosan a kondenzátor nagyságát és működési feltételeit is jól kell meghatározni ahhoz, hogy gazdaságosan telepíthető és üzemeltethető berendezésünk legyen.

3.3.2 Vízhűtésű kondenzátorok

A vízhűtésű kondenzátorok számos változatát használják. Hőátadó felületeiket jellemzően csövek képezik, kialakításuk, felépítésük azonban különböző lehet. Egyes típusoknál a csövekben áramlik a víz, a hűtőközeg pedig azok külső felületén csapódik le. Akad olyan megoldás is, ahol a cső belsejében halad a hűtőközeg és a belső felületen kondenzálódik. Minden típusnál követelmény, hogy a vízfalalon megfelelő áramlási sebesség legyen a jó hőátbocsátás érdekében, és a kondenzátor felépítése lehetővé tegye a hűtött felületen képződő kondenzátum gyors eltávolítását. A következőkben vázlatosan áttekintjük a kondenzátorok egyes típusait.

3.3.2.1 Csőkígyós kondenzátor

A kisebb teljesítményű berendezésekhez úgynevezett csőkígyós kondenzátort alkalmaznak, ahogy azt a 3.3.2. ábra mutatja.

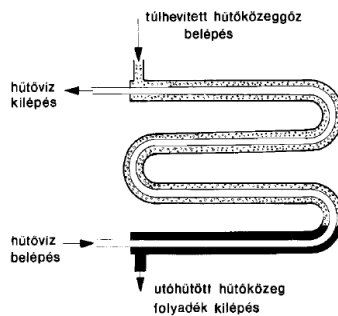


3.3.2. ábra. Csőkígyós hőcserélő

Ennél a konstrukciónál a víz a rézből készült csőkígyóban áramlik, melyet egy hengeres köpenybe helyeztek. A felül bevezetett túlhevített gőz állapotú hűtőközeg a csőkígyó külső felületén kondenzálódik, miközben a folyadék állapotú hűtőközeg összegyűlik az alsó részben és onnan az adagolóhoz vezethető. Kialakításánál fogva folyadékgyűjtőként is működik. A csőkígyó belemerül a folyadékfázisú hűtőközegbe, ezáltal kismértékű utóhűtést is biztosít. A hűtővíz oldalon 1-1,25 m/s az ajánlott áramlási sebesség a lerakódás megakadályozására.

3.3.2.2 Kettőscsőví ellenáramú kondenzátor

Hőszivattyúknál alkalmazott kondenzátortípus a kettőscsőví ellenáramú kondenzátor. Ennél a típusnál a hűtővíz és a hűtőközeg ellenáramban halad: a víz a belső csőben alulról felfelé, a két cső közötti gyűrű keresztmetszetű térben felül bevezetett túlhevített gőz pedig lefelé. A köpenycső külső felületén keresztül a levegő is hozzájárul a kondenzációs hő elszállításához. A felépítése kismértékű utóhűtést biztosít, melynek megnövelésére nincs gazdaságos módszer.



3.3.3. ábra. Kettőscsőű kondenzátor kialakítása

Nagyobb hőteljesítményt lehet elérni több, hűtőközeg és vízdalon sorba kapcsolt, kettőscsőű, illetve csoportcsöves egység alkalmazásával, ahogy a 3.3.4. ábrán láthatjuk.



3.3.4. ábra. Sorba kapcsolt kettőscsőű kondenzátor

E típus előnye, hogy jó a hőátadása, egyszerű a szerkezete, valamint a vízdal könnyen, mechanikus úton tisztítható. Hátránya, hogy nagy a fajlagos anyagszükséglete, és nem kedvező az sem, hogy a felső részben képződött kondenzátum is az alsó egységeket terheli.

Néhány mondat erejéig térjünk még ki a hőszivattyús alkalmazások kondenzátoraira is! A hőszivattyúkban jellemzően kétfajta hőcserélőt alkalmaznak, gyakrabban a lemezes kivitel, jóval kevesebb szer az úgynevezett koaxiális ellenáramú hőcserélőt. Hőátadási tényezője mindkettőnek megfelelő. A lemezes hőcserélő előnye a kedvezőbb ár, a koaxiális hőcserélő viszont nem érzékeny a szennyeződésekre, nem romlik a hatásfoka a szennyeződések lerakódása miatt, ezért hosszabb élettartamot, megbízhatóbb üzemet biztosíthat.

A 3.3.5. ábrán a hőszivattyúknál alkalmazható koaxiális hőcserélő látható.



3.3.5. ábra. Koaxiális hőcserélő

A kettős cső spirális alakba van összecsavarva. A magcső jó hatásfokú bordáscső, rendszerint külső-belső bordázattal ellátva, amely nagy fajlagos hőteljesítményt biztosít. A hőforrás (víz vagy fagyálló) közegoldalon csak kémiai úton tisztítható.

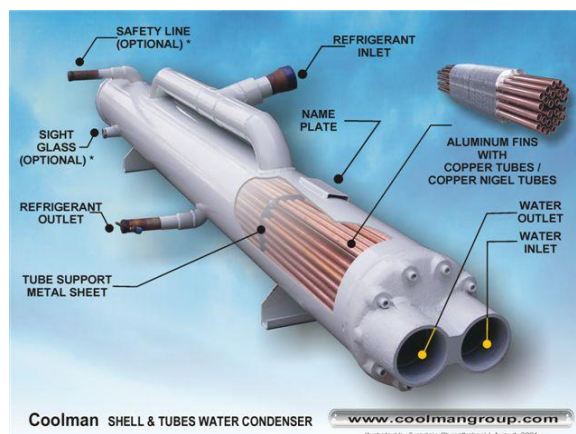


3.3.6. ábra. Koaxiális hőcserélő bordázott csövei

A tartály és a hőcserélő kiképzése miatt a bejutó szennyeződés leülepszik a tartály alján, ami nem zavarja a hőcserét, nem okoz dugulást vagy keresztmetszet- csökkenést. Egy koaxiális hőcserélő akár 10 év múlva is megfelelően képes ellátni a feladatát. Kis- és közepes teljesítményű berendezésekben használják leggyakrabban.

3.3.2.3 Csőköteges kondenzátor

A közepes és nagyteljesítményre általánosan elterjedt a fekvő elrendezésű csőköteges (nyalábscsöves) kondenzátorok alkalmazása (3.3.7. ábra)



3.3.7. ábra. Csőköteges kondenzátor

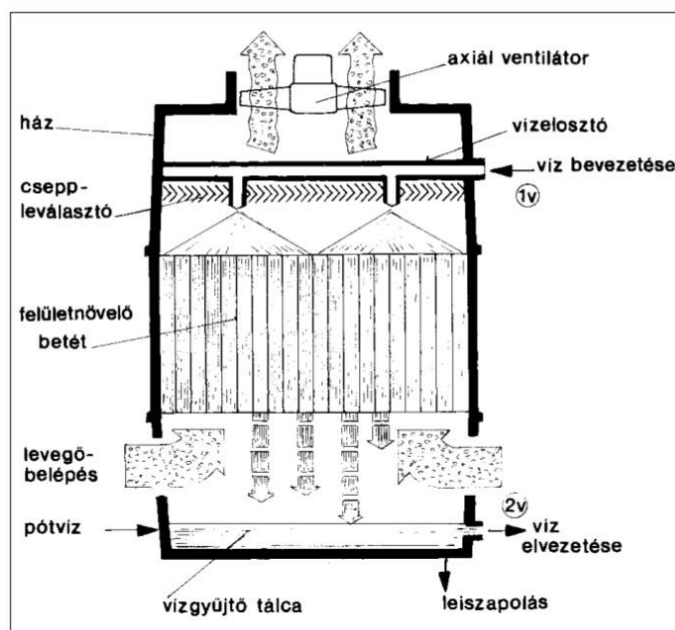
Ahogy az ábrán is látható, a víz a csövekben áramlik, a hűtőközeg a csövek és a köpeny közötti térben foglal helyet. A csövek külső felületén képződött kondenzátum onnan lecsorogva a köpeny aljára kerül, ahonnan távozik. A beépített hőátadó felület jó kihasználása érdekében a képződött kondenzátum folyamatos elvezetéséről gondoskodni kell. A köpenytérben felgyülemelő kondenzátum elérve a csöveket, csökkenti a kondenzátor hőátadó felületét, ezzel a hőteljesítményét. Az ez esetben elérhető utóhűtés kismértékű és az is igen kedvezőtlen felületkihasználás mellett valósul meg. Meg kell említeni, hogy egyes kiviteleknel külön utóhűtés céljára kialakított szakasz is található.

A hőt felvevő víz egy vagy több úgynevezett járatban halad át a kondenzátoron. A 3.3.7. ábrán két járat látható. A járatok számától függően a beépített csövek különböző számban kapcsolhatók vízdalon sorba, illetve párhuzamosan. Ez ad módot a vízdali hőátadási tényező megfelelő értékének eléréséhez szükséges 1-1,5 m/s áramlási sebesség beállítására. Konstrukciója jó lehetőséget nyújt – a hűtőközegoldal megbontása nélkül – a vízdali hőátadó felület mechanikai tisztítására is.

3.3.2.4 Víztakarékos kondenzátorok

Ezekkel a berendezésekkel a frissvíz szükséglet nagymértékben csökkenthető. Egy rövid bemutatás erejéig foglalkozunk két jellegzetes képviselőjükkel, a hűtőtoronnyal és az úgynevezett evaporatív kondenzátorral.

Hűtőtorony



3.3.8. ábra. Szívott kivitelű hűtőtorony

A hűtőtorony házának tetején egy ventilátor egy felületnövelő betéten szívja át a ház alsó részén belépő levegőt. Ugyanezen a betéten ellenáramban halad át a vízelosztó által terített melegvíz. A levegő és a víz érintkezése során a levegő nedvességtartalma megnő, a víz pedig lehűlve összegyűlik egy vízgyűjtő tálcában, innen vezethető a vízhűtésű kondenzátorba. A ventilátor előtt egy cseppleválasztó, a ház alján egy pótvíz bevezető szelep, a vízelvezetésnél pedig egy szűrő van beépítve, ami visszatartja a szennyeződéseket.

Hűtőtorony telepítéskor oda kell figyelni a friss légáram és a kellő méretű szabad tér biztosítására. Általában nyitott vízkörnél alkalmazzák, ezért gondoskodni kell a megfelelő vízkezelésről is, az algásodás, a vízkövesedés és a korrózió elkerülése érdekében. Amennyiben télen is üzemel, akkor a fagyvédelem is megoldandó feladat.

Evaporatív kondenzátor

A vízhűtésű kondenzátor és a hűtőtorony egyesítése. Felépítése hasonló a hűtőtoronyéhoz, de benne a felületnövelő betét helyett csőregisztert találunk, melyben a túlhevített gőzállapotú hűtőközeg kondenzálódik. A ventilátor a beszívórácsan áthaladó levegőt átnyomja a kondenzátoron, ahol az hő és nedvességet vesz fel. A kompresszorból érkező túlhevített gőz a csőkégyőkon halad keresztül; a kondenzátum a kilépőcsokon át távozik. A víztálcából szivattyú szállítja a vizet a vízelosztóhoz. A pótvíz bevezetéséről úszós szintszabályozó, a túltöltés elleni védelemről a túlfolyó gondoskodik.

Telepítésénél hasonló dolgokra kell odafigyelni, mint a hűtőtoronynál, azzal az eltéréssel, hogy télen víztelenítve léghűtésű kondenzátorként működtethető, ezt nevezzük száraz üzemmódnak. Általában nagyteljesítményű ipari hűtőknél alkalmazzák.

3.3.3 Léghűtésű kondenzátorok

Általában a szénhidrogén alapú hűtőközeggel működő hűtőberendezések elemei. Kisteljesítményű hűtőkészülékeknel régóta használják őket, de a levegő természetes hűtőközeggként való alkalmazása révén egyre inkább előfordulnak nagyteljesítményű berendezésekben is. Kis teljesítménynél természetes légáramlásúak, drót-bordás kivitelűek, nagyobbánál kényszerített légáramlásúak és lemezbordákkal, lamellákkal készülnek. Kialakításuk és működésük a léghűtő elpárologtatókhoz hasonló, bordás csövekből készítik, csak itt a bordázottság sűrűbb, a bordák távolság kisebb, valamint ellentétes a hő áramlási iránya.

A hűtőközeg oldalán a csövek megfelelő számban sorba és párhuzamosan vannak kötve; a gőzáram párhuzamos ágak közötti elosztására és a kondenzátum összegyűjtésére külön elosztó és gyűjtőcső használatos, amint azt a 3.3.9. ábra is mutatja. A levegő áramlási irányára merőlegesen elhelyezett csősorok száma a ventilációs teljesítményszükséglet mérsékelt értéken való tartása érdekében kicsi.



3.3.9. ábra. A levegőt fűtő léghűtésű kondenzátor

A természetes légáramlású kondenzátorok elsősorban háztartási és kisteljesítményű kereskedelmi hűtőközgépeknél kerülnek beépítésre. Kialakításuk többféle lehet: előfordul drótbordás, bordázott lemez és lamellás kivitelben is. A kényszerített légáramoltatású kondenzátorokat igen széles körbe alkalmazzák.

3.3.4 Kondenzátor és folyadékgyűjtő

Egy kondenzátor akkor működik optimálisan, ha folyamatosan ürül. Ha nem így történik, akkor a kondenzáló felület csökkenése miatt nő a kondenzátornyomás és az energia-felhasználás, csökken a hűtőtelijsítmény, sőt az elpárologtatóban hűtőközeghiány alakulhat ki. Ennek oka lehet a kondenzátor és a folyadékgyűjtő tartály kapcsolatának hibás kialakítása. Ilyen gondot okozhat például az ürítővezeték rossz méretezése vagy hibás nyomvonala, a kondenzációsnál magasabb hőmérsékletű folyadékgyűjtő vagy párhuzamosan kapcsolt kondenzátorok esetén az eltérő ellenállás, terhelés. Ha a kondenzátorból távozó folyadék utóhűtési hőmérséklete 4 K fölé növekszik, az biztosan efféle problémát jelez. Ahhoz, hogy ez ne fordulhasson elő, a következőkre kell odafigyelni:

- A folyadékgyűjtő tartály kerüljön a kondenzátor alá, vagy ha ez nem megoldható, akkor helyezzük intenzív légáramba.
- Az ürítővezetékben az áramlási sebesség 0,5 m/s-nál kisebb legyen.
- A folyadékdali kilépőcsonk és a folyadékgyűjtő között kiépítve egy függőleges csőszakasz, ami legalább 30 cm hosszú. Az is jó megoldás, ha a kondenzátor és a folyadékgyűjtő közé egy kiegyenlítővezeték kerül.

3.3.5 A kondenzációs nyomás szabályozása

A kondenzációs nyomás megfelelő értéken tartása a hűtőközeg-adagoló problémamentes működésének alapfeltétele. Ha a nyomás csökken, az elpárologtatóban hűtőközeghiány léphet fel, csökken a hűtőtelijsítmény. A kondenzációs nyomás változása a hőtelijsítmény változásával van összefüggésben, így annak szabályozása alapvető feladat. A következőkben ennek megoldási módjaira mutatunk be néhány példát.

3.3.5.1 Frissvíz-hűtésű kondenzátor

A természetes víz hőmérséklete kisebb mértékben, a hűtési igény azonban erőteljesebben változik az év folyamán. Ahhoz, hogy a kondenzációs nyomás, illetve a hőmérséklet ne kövesse ezt a változást, a hűtővízáram szabályozása szükséges. A kondenzátor elé beépített automatikus vízszelep a kondenzátornyomás vagy a távozó hűtővíz hőmérséklete alapján módosítja a vízáramot. Ezzel a módszer gazdaságos, alkalmazásával egyúttal a vízfogyasztás is csökken.

3.3.5.2 Visszahűtött vízzel hűtött kondenzátor

Ennél a konstrukciónál a keringtető szivattyú által szállított vízárám nem változik. Bizonyos hányada (amit a pillanatnyi igény határoz meg) a szivattyú szívóvezetékébe kerül, a többi a hűtőtoronyba jutva visszahűl. E kettő keverésével állítható be megfelelő értékre a kondenzátorba belépő víz hőmérséklete, illetve a kondenzátornyomás.

3.3.5.3 Evaporatív kondenzátor

Ezeknél a kondenzátoroknál a keringtetett vízárám vagy a légáram csökkentése biztosítja a kondenzátornyomás, avagy a hőteljesítmény előírt értékét.

3.3.5.4 Léghűtésű kondenzátorok

A természetes hűtőközeg ezeknél a készülékeknél a környezeti levegő, melynek hőmérséklete gyakrabban és nagyobb mértékben változik, mint a vízé. A szabályozást a levegő- vagy a hűtőközeg oldalon lehet megoldani, szükség esetén, mindkettőn egyszerre.

A levegőoldali szabályozás levegővel hűtött kondenzátorok esetében a légáram változtatásával kivitelezhető. Többventilátoros kondenzátoroknál az egyes ventilátorokat kondenzátornyomásról vezérelve kell működtetni. Ahogy a ventilátorok száma növekszik, úgy kell a kondenzátornyomás növekvő ingadozásával számolni. Ha az egyik ventilátor fordulatszámát szabályozzuk, a szállított légáram fokozatmentesen változtatható. Téli időszakban automatikusan működő zsaluval lehet védekezni túl nagy és alacsony hőmérsékletű légáram áthaladása ellen.

A hűtőközeg oldalon az aktív felület csökkentése ad lehetőséget a hőteljesítmény mérséklésére. A kondenzátum egy részének torlasztásos visszatartásával lehet ezt megoldani. Így a kondenzátummal kitöltött csövek már csak az utóhűtés biztosításában vesznek részt. Ennek a módszernek az alkalmazásához nagyobb hűtőközegtöltet szükséges és nagyobb folyadékgyűjtőt kell beépíteni.

3.3.6 Kondenzátorok kiválasztása

Minden esetben szükséges a gyártó által megadott műszaki paraméterek ismerete. A katalógusokban a hűtőközeg és a természetes hűtőközeg fajtája mellett szerepel a névleges teljesítmény is, a természetes hűtőközeg adott belépő hőmérsékletére, meghatározott tömeg- vagy térfogatáramra és adott kondenzációs hőmérsékletre kiszámolva. Az ezektől eltérő feltételekhez a gyártók korrekciós faktorok megadásával segítik a megfelelő típus kiválasztását.

3.4 Adagolók

Az adagolók vagy más néven expanziós készülékek a hűtő körfolyamatban a kondenzátor és az elpárologtató között helyezkednek el, a nyomást értékét csökkentik a kondenzációs nyomásról az elpárolgási nyomásra.

Az expanziós szelepeknek, amelyet gyakran fojtószelepek is neveznek, a következő feladatokat kell ellátnia:

- a hűtőközeg nyomásának csökkentése p_c kondenzációs nyomásról p_o elpárolgási nyomásra,
- az elpárologtatónak helyes üzeméhez szükséges hűtőközegáram átengedése a berendezés rendeltetés szerinti üzemi körülményeinek teljes tartományában; valamint a kompresszor úgynevezett nedves üzemének megakadályozása,
- és az üzemszünetben az elpárologtató hűtőközeg-ellátásának megszüntetése.

A három feladat egyidejű megoldására az egyszerűbb adagolószervek nem alkalmasak. A kézi szabályozású szelepeken időnként állítani kell, az automatikus adagolóknál a terhelés változása esetén nem változik a

hűtőközeg mennyisége, a kapilláriscső pedig nem zárható még üzemszünetben sem. A biztonságos és gazdaságos megoldás az automatikus működtetésű szabályozó-adagolószervek használata.

3.4.1 Az adagolók csoportosítása

A folyékony hűtőközeggel működő berendezések adagolóit két nagy csoportra oszthatjuk: az állandó és a változtatható keresztmetszetű adagolókra.

Az állandó keresztmetszetű adagolóknál az üzemi körülmények határozzák meg az átáramló hűtőközeg mennyiségét és a fojtás mértékét. Ide tartoznak például a fojtótárcsa, a spirális horony és a kondenzátor utáni hűtőközeg-vezetékbe épített egyéb nyomáscsökkentők. Háztartási hűtőknél, kisteljesítményű klímáknál és kereskedelmi hűtőberendezéseknél általánosan elterjedt a kapilláriscsővek használata adagolóként.

Köztes típusnak tekinthetjük a kézzel állítható szabályozószelepeket, hiszen ezek keresztmetszetét kézzel lehet változtatni, de üzemi viselkedésük alapján az állandó keresztmetszetű adagolók közé sorolandók.

A változó keresztmetszetű szabályozók szinte kivétel nélkül automatikus működésűek. Ha az adagolás az elpárologtató nyomásváltozásának hatására történik, akkor automatikus szabályozószelepről beszélünk. Termosztatikus expanziós szelepek esetében a fojtást az elpárologtatóból érkező gőz túlhevítettsége váltja ki. Az elpárologtató megfelelő folyadékszintjét az úszós szintszabályozók biztosítják.

A fejezet következő részében az adagolók különböző típusait fogjuk áttekinteni. Szóba kerül majd a kapilláriscső, az automatikus adagolószelep, a termosztatikus és az elektronikus adagolók, valamint a szintszabályozók.

3.4.2 Kapilláriscső

A háztartási és a kisteljesítményű kereskedelmi hűtőberendezéseknél, kis teljesítményű klímaberendezéseknél alkalmazott fojtószerv. Bizonyos esetekben akár 20 kW hőteljesítményű hőszivattyús klímakészülékeknek is alkalmazható.

A kapilláris fojtócső egyetlen szál vékony, általában 0,6-2,5 mm belső átmérőjű vörösréz vagy alumínium cső. Egyszerű és olcsó, nincsen mozgó alkatrésze, ezért üzembiztos, de a kis belső átmérő miatt hajlamos eldugulni, így a szerelésnél fokozottan oda kell figyelni a tisztasági követelmények betartására. Nagyobb átmérő alkalmazását indokolhatja a dugulásveszély elkerülése, az átáramló hűtőközeg nagyobb mennyisége és a pontosabb méret sorozatgyártás esetén.

A kapilláriscső áteresztőképességét a csőhossza, a belső átmérője és az érdessége, a hűtőközeg minősége és az üzemi viszonyok (nyomáskülönbségek, utóhűtés) határozzák meg.

Az expanziós szelep fent említett feladatai közül azt, hogy üzemszünetben zárjon le, a kapilláriscső természetesen nem tudja kielégíteni, azonban ez sok esetben, főleg kisteljesítményű rendszereknél előnyös. Állásidőben a kondenzátor és az elpárologtató között kiegyenlítődik a nyomás, ennek következtében a kompresszor hajtómotorjának kisebb lehet az indítónyomatéka. Ezáltal a kis, hermetikus kompresszorok betétmotorjai a kompresszorhoz kedvezőbben illeszthetők. Ugyanakkor ez hátrányt is jelenthet, mivel állásidőben a nyomás kiegyenlítődése miatt a kondenzátorból az elpárologtatóba hűtőközeg áramlik. Az ott összegyűlt folyadék az induláskor felhabzik, és kompresszor működését veszélyezteti. Ezért gondoskodni kell arról, hogy az elpárologtató megfelelő kialakítású legyen és csak pontosan meghatározott hűtőközeg mennyiséget szabad betölteni a berendezésbe. Ez a nagyobb hűtőtechnikai rendszerek esetében korlátozza a kapilláriscső alkalmazását.

A kapilláriscső két funkciót lát el a hűtőberendezésekben: részben a folyadék állapotú hűtőközeget juttatja el az elpárologtatóba, miközben fojtással csökkenti a nyomás értékét, részben pedig a kompresszor leállítása után kiegyenlíti a nyomást a hűtőberendezés két oldala között. Adagoló, nyomáscsökkentő és szabályozó szerepet is betölt a rendszerben.

3.4.2.1 A kapilláriscső működése

A kapilláriscső egyszerű kis eszköz, ám a működésének magyarázata egyáltalán nem az. Itt most néhány fontosabb mozzanatot emelünk ki ebből. A kis átmérőjű csővön áthaladó folyadék sűrűsödése hozza létre a fojtást. A kapilláriscsővel működő hűtőberendezésekbe nem építenek be folyadékgyűjtőt. Kisebb berendezéseknél a kapilláriscsövet a szívócső belsejében vezetik vagy összeforrasztják azzal, így növelhető a hűtőteljesítmény. A kapilláriscső önszabályozásra is képes, melynek alapja, hogy a hűtőközeg-tömegáramot nemcsak a nyomáskülönbség, hanem az utóhűtés hőmérséklete is befolyásolja: nagyobb mértékű utóhűtés esetén megnő az átáramló hűtőközeg mennyisége. Ez a tulajdonsága alkalmassá teszi a hűtőkészülékkel való jó együttműködésre, aminek előfeltétele a pontos hűtőközeg-mennyiség.

A kapilláriscső méretezéséhez a gyártók adnak segítséget. A cső hosszát a számítások bizonytalansága miatt kísérletekkel határozzák meg. Ezek alapján az igényelt hűtőteljesítményekhez és nyomás- illetve hőmérsékletértékekhez tudnak csőhosszakat és átmérőket javasolni. Egy adott készülékben azonos fojtóhatású, de különböző méretű kapilláriscsövek is alkalmazhatók, de ezek befolyásolják a készülék működési tulajdonságait, így például az energiafogyasztást is.

3.4.3 Automatikus expanziós szelep

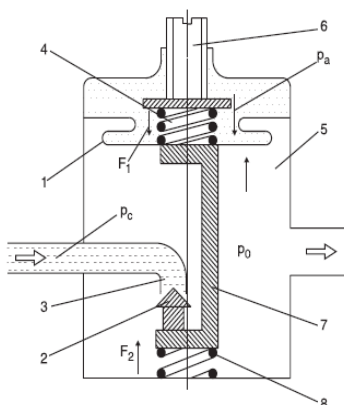


3.4.1. ábra. Automatikus expanziós szelep

Az állandó nyomású adagolószelep, más szóval automatikus expanziós/befecskendező/fojtó szelep (mindhárom elnevezés használatban van) egyszerű készülék, olyan segédenergia nélkül működő mechanikus szabályozó, amelynek segítségével az elpárolgatósi nyomást, illetve a hőmérsékletet közel állandó, meghatározott értéken lehet tartani. A hűtőközeg adagolását a belépő oldalról érkező közeg áramlási keresztmetszetének változtatásával biztosítja. Egyre ritkábban alkalmazzák, bár kisteljesítményű kereskedelmi és italhűtőkben még használatos.

3.4.3.1 Az automatikus fojtószelep működése

Az automatikus expanziós szelep működési vázlata a 3.4.2. ábrán látható.



3.4.2. ábra. Automatikus expanziós szelep felépítése

1. membrán; 2. kúpos szelep; 3. szeleptülés; szabályozó rugó; 5. szabályozott tér; 6. szabályozó csavar; 7. szeleptartó rúd; 8. ellenrugó

A szelep közelítőleg állandó nyomást biztosít. Az elpárolgási nyomás (hőmérséklet) alapértéke az F_1 rugóerővel, azaz a szabályozócsavarral állítható be. Ha az elpárolgási nyomás csökken, a szelep nyit, ha pedig növekszik, a szelep zár. A nyitást segíti a rugóerő mellett a membrán feletti tér külső légnyomása, a zárást pedig az ellenrugó ereje és a membrán felületére ható nyomás. Működését jellemzi: a nyitás kezdetéhez tartozó úgynevezett statikus szívóoldali nyomás (p_{ost}), az alapértéknek megfelelő p_u üzemi nyomás, a nyitási nyomáskülönbség, $p_{onyit} = p_{ost} -$

p_{0u} . A kompresszor üzeme alatt a szelepen mindig az elpárolgató nyomásának közel állandó értéken tartásához szükséges hűtőközeg-mennyiség halad át. A berendezés leálláskor az adagoló biztos zárásának feltétele, hogy a kisnyomású oldalon a leállás után a nyomásnövekedés a p_{onyit} értékét meghaladja. A szabályozó rugó által kifejtett erő, vagyis az általa okozott szelepemelkedés és az elpárolgási nyomás arányos egymással, ezért az automatikus expanziós szelep az úgynevezett arányos szabályozók közé tartozik.

Ilyen fojtószelepeket kisteljesítményű rendszereknél alkalmaznak, csak egy elpárolgatóval rendelkező hűtőberendezéseknél, ahol a hőt leadó közeg (a hőforrás) hőmérséklete csak szűk tartományon belül változik. Ha több elpárolgató lenne a rendszerben párhuzamosan kapcsolva, az egyikben úgynevezett nedves üzem alakulna ki. Ennek következtében az elpárolgató növekvő hőterhelésekor a hűtőközeg-ellátás elégtelenné válna, csökkenő hőterheléskor viszont túltöltés következne be, ami a kompresszort veszélyeztetné.

Az automatikus fojtószelep előnye az egyszerűség, az alacsony előállítási költség és a megbízhatóság. Az alkalmazási területe egyre szűkül, kizárólag száraz rendszerű elpárolgatókhoz használják. Funkcióit egyszerű üzemben a kapilláriscső, változó terhelés mellett pedig a termosztatikus szabályozószelep veszi át.

3.4.3.2 Az automatikus fojtószelep kiválasztása, beszállítása

Az automatikus fojtószelep olyan berendezéseknél alkalmazható jól, ahol a hűtőtéljesítmény kevésbé változik. Kiválasztásának a szükséges hűtőtéljesítmény, valamint a kondenzációs és elpárolgási hőmérséklet meghatározása az alapja. A beépítésnél nagy gondot kell fordítani a szívóvezeték kialakítására. Ezután a várható átlagos teljesítményre kell beállítani. Az elpárolgató kilépő oldalánál az elpárolgási nyomás mérésére nyomásmérőt, valamint tapintóhőmérőt kell felszerelni. A telítési hőmérsékletnél 4-7 K-nel nagyobb túlhevítést kell beállítani.

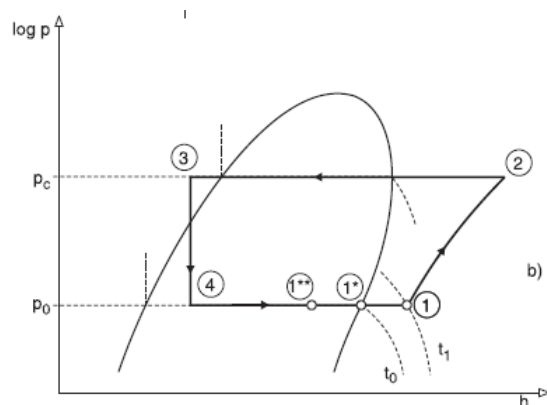
3.4.4 Termosztatikus expanziós szelepek

A termosztatikus adagoló a száraz rendszerű elpárolgatók leggyakrabban használt adagolószerve, egy segédenergia nélkül működő mechanikus szabályozó.



3.4.3. ábra. Termosztatikus adagoló

Rövidebben termoszelepnek is nevezik. Feladatát tekintve túlhevítés-szabályozó. Az elpárolgató hűtőközeg-ellátását az elpárolgatót elhagyó hűtőközeg-gőz túlhevítése mértékének ($\Delta t = t_1 - t_0$) állandó értéken való tartásával valósítja meg. Ennek diagramját láthatjuk a 3.4.4. ábrán. Az elpárolgató változó hőterhelése esetén is biztosítja a hőátadó felület teljes kihasználásához (elpárolgatótáshoz) szükséges hűtőközegáramot – jó működése esetén éppen annyit, amennyi feltétlenül szükséges –, ugyanakkor véd a túltöltődés ellen.

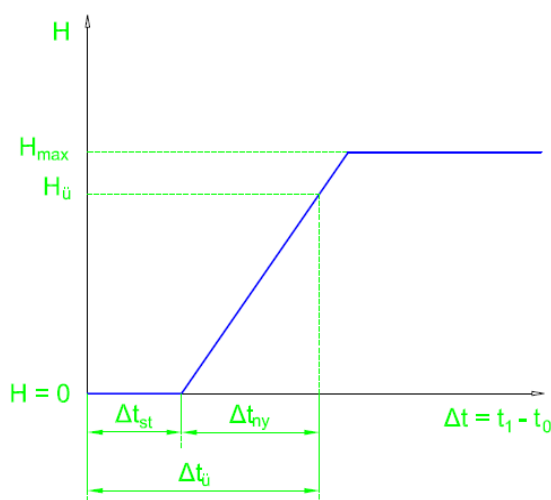


3.4.4. ábra. Hűtőkörfolyamat túlhevítéssel

Belső nyomáskiegyenlítésű termosztatikus adagolószelep

A termosztatikus adagolószelep felépítése az automatikus adagolószelephöz hasonló, de a membrán felett zárt térrel és egy hozzá kapcsolódó hőérzékelő patronnal rendelkezik, amelyet az elpárologtatóból kilépő csővezetékre szerelnek fel, azzal jó hővezetést biztosító fémes kapcsolatba hozva. Az érzékelő így a kilépő hűtőközeg hőmérsékletét veszi fel, és töltete (ami egy könnyen párolgó folyadék vagy gáz) azzal megegyezően t_1 hőmérsékletű lesz. Az érzékelőben (és a membrán feletti térben) az érzékelő töltetének minőségétől függő p_1 nyomás fog kialakulni. Így a $\Delta t = t_1 - t_0$ túlhevítési mértéket a $\Delta p = p_1 - p_0$ nyomásdifferencia határozza meg. A Δt csökkenése, vagyis az elpárologtató hőmérséklet csökkenése vagy az érzékelt hőmérséklet emelkedése a szeleptestet a zárás irányába mozdítja el, míg a növekvő hőmérséklet-különbség esetén a szeleptű nyitja a fűvókát. Ha az elpárologtatóban hűtőközeghiány lép fel, akkor növekszik a túlhevítési hőmérséklet és az érzékelőnyomás, ezért nyílik a szelep, ezáltal nő a belépő hűtőközeg mennyisége. Túlادagolt hűtőközeg esetében a fordított folyamat játszódik le, nő az elárasztás, csökken a túlhevítés, a szelep záródik.

A termosztatikus szelepeknél $\Delta t_{\text{ü}}$ üzemi, Δt_{st} statikus, valamint Δt_{ny} nyitási túlhevítés mértéket különböztetünk meg. Üzemi túlhevítésről akkor beszélünk, ha a túlhevítés mértéke éppen akkora, amekkora a névleges hűtőtéljesítménynek megfelelő hűtőközeg tömegáram áteresztéséhez szükséges. Statikus túlhevítésnél a szelep éppen nyitni kezd, a nyitási túlhevítés pedig a nyitás kezdete és az üzemi nyitás közötti szelepemelkedéshez szükséges. E mennyiségek összefüggéseit a 3. 4.5. ábra mutatja. Az ábrán a függőleges tengelyen H a szelep emelkedését jelenti. Ha a $\Delta t_{\text{ü}} < \Delta t_{\text{st}}$, a szelep zárva van, ha annál nagyobb, a nyitás mértékétől ($H=0$ és H_{max} között) függően, a hűtőközeg az elpárologtatóba áramlik. Az összefüggés a három fajta túlhevítés között: $\Delta t_{\text{ü}} = \Delta t_{\text{st}} + \Delta t_{\text{ny}}$. A szelep nyitása és a hűtőtéljesítmény arányos a nyitási túlhevítéssel, a termoszelep tehát az arányos szabályozók közé tartozik.



3.4.5. ábra. Termosztatikus szelep működési tartománya

A termosztatikus adagoló szelepen található szabályozó csavar kizárólag a Δt_{st} mértéket hivatott módosítani, amelyet gyárilag 4 K körüli értékre állítanak be és nem célszerű változtatni, hiszen a gyári beállításnak

köszönhető, hogy a statikus túlhevítés mértéke közel állandó az alkalmazhatóság teljes tartományában. A $\Delta t_{ny}=2-3$ K, az értéke terheléstől függ.

A hűtőberendezés leállásakor az elpárolgási p_0 nyomás gyors növekedésével a szelep lezár. Azonban, ha a kompresszor leállásakor a $\Delta t_{ü}$ meghaladja Δt_{st} értéket, nyitás következik be, és ez az újraindulásnál a kompresszort veszélyeztetheti. Ennek elkerülése érdekében a termosztatikus szelep elé külön mágnesszelepet építenek be, ami a kompresszor leállásakor zár.

3.4.4.1 Termosztatikus adagolók töltete

Az érzékelő patron töltete, ami esetenként maga a berendezéshez használt hűtőközeg, állapota szerint háromféle lehet: folyadék, gőz (gáz), vagy úgynevezett adszorpciós töltet, ami gázelnyelő anyag és gáztöltet együttese, például aktív szén + szén-dioxid.

Az esetek többségében az érzékelő az első változatnak felel meg, azaz nagy mennyiségű könnyen párolgó folyadékkal töltött, amelynek egy része akkor is megmarad, ha a szelep felső része hidegebb, mint az érzékelő. Így a termosztatikus rendszer nyomását (a membrán fölötti részben) az érzékelő hőmérséklete és a töltetének telítési gőznyomása határozza meg. A folyadéktöltetű érzékelők általában nagy méretűek és hőtehetetlenségűek. Töltetükben a folyadék mellett kis mennyiségű nitrogént és héliumot is tartalmaznak, ami a szivárgásvizsgálatot segíti.

A gőztöltetű érzékelőbe nagy nyomáson és adott hőmérsékleten töltik be a kis mennyiségű, könnyen párolgó gázt. Az ilyen érzékelő térfogata sokkal kisebb, mint a folyadéktöltetűeké, hőtehetetlenségük is kisebb. Üzemi hőmérsékleten a membrán feletti térben gőzállapotú a töltet, az érzékelőbe egy kevés folyadék csapódik le. Ameddig az érzékelőben folyadékká állapotú rész is van, a nyomás változása a töltetre vonatkozó nyomás és a telítési hőmérséklet összefüggése szerint változik, később azonban a töltet teljesen elgőzölög, majd a még nagyobb érzékelő-hőmérsékleténél a gőz túlhevül, de a nyomás gyakorlatilag állandónak tekinthető. Ilyen töltetű szelep az úgynevezett MOP szelep (Maximal Operating Pressure = maximális üzemi nyomás). Ezzel a maximális szívóoldali nyomást határozza be, ami védi a kompresszor motorját a túlterheléstől. A gáztöltetű adagolószelepek felszerelésénél oda kell figyelni arra, hogy az üzemben az érzékelő legyen a legalacsonyabb hőmérsékletű.

A harmadik változat az adszorpciós töltet. Itt a gázelnyelő anyag és a gáztöltet megfelelő párosításával beállítható a membránra felülről ható nyomás, az üzemi hőmérséklet széles tartományában biztosítani lehet a statikus túlhevítés állandó mértékét. Az adszorpciós töltetű érzékelővel ellátott adagolók nem érzékenyek az érzékelő és a kapilláriscső és a szeleptest közötti hőmérsékletkülönbségre, viszont időállandójuk nagyobb, mint a gáz- vagy folyadéktöltetű érzékelővel rendelkező adagolóké.

3.4.4.2 Belső nyomáskiegyenlítés

Termoszelepek működésénél az egyensúlyt a membrán egyik oldalán a hőérzékelő nyitónyomása, a másikon pedig az elpárolgató nyomása és a rugónyomás alakítja ki. Ha az elpárolgató áramlási ellenállása nem számottevő, akkor a belső nyomáskiegyenlítést az adagolószelep kilépő csónkját és a membrán alatti teret összekötő furattal lehet megoldani. Általában azonban az elpárolgatóban kell számolnunk áramlási veszteséggel és az ebből következő nyomáseséssel is. Ennek kompenzálására nagyobb üzemi túlhevítést kell alkalmazni, ami viszont csökkenti az elpárolgató teljesítményét. Összefoglalva azt mondhatjuk, hogy a belső nyomáskiegyenlítés csak a kis áramlási ellenállással működő elpárolgatók esetén célszerű és gazdaságos.

3.4.4.3 Külső nyomáskiegyenlítés

Ha az adagolószelep és az érzékelő közötti szakaszon (az elpárolgatóban) a hűtőközegoldalon a nyomásesés nagyobb a telítési hőmérséklet $1,5^{\circ}\text{C}$ -os változásával meghatározott nyomáskülönbségnél, akkor külső nyomáskiegyenlítést kell alkalmazni. Célja, hogy az elpárolgató nyomásesésének teljesítménycsökkentő hatását kiküszöböljük. Ilyen termosztatikus adagolószelepet láthatunk a 3.4.6. ábrán.



3.4.6. ábra. Külső nyomáskiegyenlítésű termosztatikus adagolószelep

A külső nyomáskiegyenlítésű termosztatikus szelepeknél a szelep tere és a membrán alatti tér el van választva. Az adagolót az elpárologtató végével kötik össze, így az elpárologtató nyomásesését egy kisebb érzékelőnyomás fogja ellensúlyozni. Ez a megoldási mód kisebb túlhevítést igényel, ami a működtetés szempontjából kedvező. Amennyiben a termosztatikus expanziós szelep után folyadékelosztó van beépítve, csak ez a megoldás alkalmazható. Oda kell figyelni arra is, hogy ha az elpárologtató áramlási ellenállása nagyon nagy, akkor periodikus túl- és aluladagolás léphet fel, ami nemcsak a hűtőtéljesítményt rontja, de károsíthatja a kompresszort is. Ebben az esetben a csőhossz megosztása és a járatok párhuzamos kapcsolása jelenti a megfelelő megoldást.

3.4.4.4 MOP-szelep

A MOP a maximális működtetésű nyomás angol megfelelőjének rövidítése. A MOP-szelep olyan termosztatikus adagoló, aminek nyomáshatároló funkciója is van. Amikor az érzékelőben a töltet folyadékfázisa elpárolog, a nyomás értéke állandósul. Azt a pontot, ahol ez megvalósul, MOP-pontnak nevezik.

A hűtőtéljesítmény kívánt növekedése gyakran együtt jár a hajtótéljesítmény növekedésének igényével. Csakhogy ez az alacsony üzemi hőmérsékletekre tervezett hűtőberendezések (mélyhűtők, folyadékűtők) indulásakor a motor túlterhelődését okozhatja, ezért a motor megóvására célszerű egy védő berendezést beépíteni. Ilyen berendezésként használhatók a MOP-szelepek, amik indulásnál zárva maradnak, így a szívónyomás hamar lecsökken a MOP-pontig, ennek köszönhetően a motor nem tud túlterhelődni. Ezek az adagolók tehát a szívónyomás maximális értékének korlátozásával látják el a feladatukat. Beépítésükkor ügyelni kell arra, hogy az érzékelőrendszer legalacsonyabb hőmérsékletű része a patron legyen.

3.4.4.5 Expanziós szelepek kiválasztása

A gyártói katalógusokban az expanziós szelepek üzemi hűtőtéljesítménye az elpárolgási és az utóhűtési hőmérséklet, valamint a szelepre jutó nyomásesés függvényében szerepel. A megfelelő szelep kiválasztásához ezek mellett ismerni kell természetesen a hűtési feladatot, a hűtőközeg fajtáját, a kondenzációs hőmérsékletet és a lehetséges üzemi túlhevítés mértékét is. Ha a szelephez folyadékelosztó és elosztóvezeték is kapcsolódik, szükséges ismerni azok áramlási ellenállását, az elosztócsövek számát, átmérőjét, hosszát. Ellenőrizni kell a szelep előtti utóhűtés meglétét, el kell dönteni, hogy belső vagy külső nyomáskiegyenlítésre van-e szükség és a csatlakozások milyenségéről is dönteni kell. Ezek után lehet a gyári katalógusból a megfelelő szeleptípust kiválasztani.

3.4.4.6 Termosztatikus adagolók beépítése

A termosztatikus expanziós szelepet a folyadékvezetékbe kell beépíteni, az elpárologtató elé, ahhoz a lehető legközelebb. Több elpárologtatóval üzemelő rendszer esetében minden érzékelőt a saját elpárologtatója elé kell elhelyezni. A környezeti hőmérsékletviszonyok esetenként indokoltá teszik egy mágnesszelep beiktatását az adagoló elé, hogy állásidőben is biztosítva legyen a folyadékzárás. Ha folyadékelosztó is lesz a rendszerben, akkor azt a (minden esetben külső nyomáskiegyenlítésű) szelep után úgy kell elhelyezni, hogy az elosztó nyílások lefelé nézzenek, az elosztócsövek pedig azonos hosszúságúak és átmérőjűek legyenek. Ez és a hibátlan forrasztás biztosítja a folyadékelosztó csövek azonos ellenállását. Az érzékelő patronnak a szívócső vízszintes szakaszán kell elhelyezkednie, közel az elpárologtató kilépő csónkjához. Mivel a patron az elpárologtatóból kilépő hűtőközeg hőmérsékletét érzékeli, a pontos működés érdekében fontos odafigyelni a következőkre:

Az érzékelőt tiszta csőfelületre kell rögzíteni, fémszalagokkal vagy -bilinccsel.

Ne érje külső hőmérsékleti hatás.

Ha az érzékelő és a környezete közötti hőmérséklet-különbség nagy, akkor párazáró szigetelésre van szükség.

Nem építhető be az elpárolgató gyűjtőcsővére, függőleges csőszakaszokra, a belső hőcserélő után, nagyméretű szerelvények közelébe.

3.4.4.7 Termosztatikus adagolók beszabályozása

Az elpárolgató és a termoszelep működését össze kell hangolni annak érdekében, hogy a rendszerben minél nagyobb legyen az elárasztás mértéke és emellett minél kisebb a túlhevítés. Egy adott elpárolgató esetében a szabályozáshoz szükséges az úgynevezett minimális stabil jel (MSS) meghatározása. Az MSS-görbe megmutatja a különböző hőteljesítményekhez tartozó legkisebb stabil túlhevítési értékeket. A statikus túlhevítés nagymértékű csökkentése instabilitást, növelése az elpárolgató gazdaságtalan működését okozza, ezért ajánlott úgy beállítani a szelepet, hogy jelleggörbéje a névleges hűtőteljesítmény közelében érintse az MSS-görbét. Ehhez gyárilag általában a 4 K körüli statikus túlhevítést állítják be, amit csak nagyon indokolt esetben szabad változtatni. Ha mégis szükséges, akkor az elpárolgató kilépő csőjének közelébe egy manométert, a patron közelébe pedig egy hőmérőt kell felszerelni. Ezek segítségével kell a szabályozást úgy elvégezni, hogy a túlhevítés mértéke megfelelő legyen, és ne legyen hőmérséklet-ingadozás. Előfordulhat, hogy ennek elérésére a szelep méretét is változtatni kell.

3.4.5 Elektronikus expanziós szelepek (elektronikus adagolók)

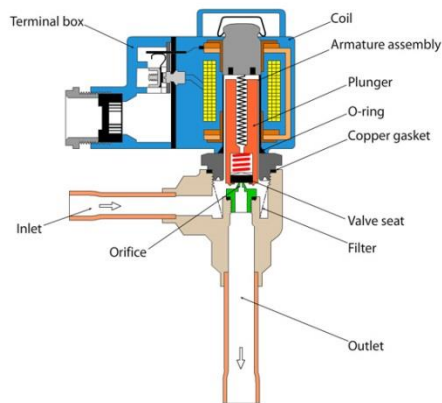
A mechanikus termosztatikus adagolók mellett az elektronikus működtetésű adagolók is egyre elterjedtebbek. Különösen előtérbe kerül az alkalmazásuk a száraz rendszerű elpárolgatóknál. Ezek a szelepek szintén az üzemi túlhevítést szabályozzák, de tökéletesebben, mint mechanikus társaik. Segéd (villamos) energiával működtetett szelepek, önmagukban működésképtelenek, mindig szükséges hozzájuk két, vagy több villamos érzékelő és egy mikroprocesszoros elektronikus szabályozó. Ez a hőmérsékletmérésre és -szabályozásra vonatkozó programot tárolja, és ennek segítségével az érzékelt hőmérsékletek mérése alapján működteti az adagolószelepet.

3.4.5.1 Elektronikus expanziós szelepek felépítése

A 3. 4. 7. ábrán egy elektronikus expanziós szelep látható, a 3. 4.8. ábra pedig a belső felépítését mutatja be.



3.4.7. ábra. Elektronikus expanziós szelep



3.4.8. ábra. Elektronikus expanziós szelep felépítése

Az elektronikus szelepek használata előnyösebb a termosztatikus szelepekénél. Kisebb a túlhevítési mértéke: $\Delta t_{ti} = 1-2 \text{ K}$, mivel a statikus túlhevítési mértéke $\Delta t_{st} = 0$, és kisebb nyomáskülönbség ($p_c - p_o$) mellett is képesek hűtőközeget adagolni, ami éves szinten komoly energia-megtakarítást jelenthet. További előnyük, hogy a változásokra gyorsabban reagálnak és az elpárolgatóban fellépő hűtőközeg oldali nyomásvesztéstől függetlenül működnek.

3.4.5.2 Elektronikus adagoló típusai

Az elektronikus adagolószelepeknek három változata használatos napjainkban, a következőkben ezeket röviden bemutatjuk.

1. Léptetőmotoros adagolószelep

Egy szeleptestből és egy léptetőmotorból álló berendezés, ahol a léptetőmotort egy a szelephez kapcsolódó szabályozó vezérli. Be lehet állítani rajta az üzemi túlhevítés megfelelő értékét, amit kedvezőtlenre váló üzemiállapot esetén a szabályozó korrigál, a léptetőmotort működtetve változtatja a hűtőközegáramot. Így a termosztatikus szelepekkel szemben itt változó terhelés esetén is állandó értéken tartható a túlhevítés. További előnyei a szeleptű pontos helyzete, az állandó forgatónyomaték, a zavartalan működés és a hosszú élettartam. Ezen kívül az elektronikus szabályozó kiegészítő, például védelmi funkciókat is elláthat.

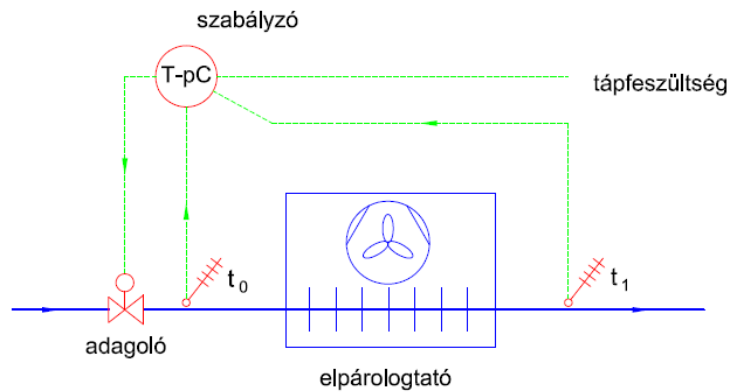
2. Termomotoros szelep

Ezek a szelepek a termosztatikus adagolószelepekhez hasonlóan működnek. Felépítésük annyiban különbözik, hogy a termomotoros szelep esetében a membrán feletti rész az érzékelő patront helyettesítő termomotor, ami egy fűtött folyadéktartály. A hőmérsékletével együtt változó nyomás tudja a membránt elmozdítani. A termomotor használata is igényel egy elektronikus szabályozót és szintén az elpárolgatóban tartja állandó értéken az üzemi túlhevítést.

3. Impulzusszélesség modulált adagolószelep

Működésük a mágnesszelepekéhez hasonló, konstrukciójukban is csak egy fűvóka alkalmazása jelenti a különbséget. Az itt is meglévő elektronikus szabályozótól impulzusszélesség modulált jel érkezik a szelephez, ami vagy nyit, vagy zár. A zárási időtartam alatt mért hőmérsékletek alapján a szabályozó a nyitási időtartamot állítja be.

A 3. 4.9. ábrán egy impulzusszélesség modulált expanziós szelep telepítési vázlatát láthatjuk.



3.4.9. ábra. Elektronikus expanziós szelep telepítése

Az impulzusszélesség modulált adagolószelepek előnyei a következők:

- Az elpárolgató elárasztása mindig optimális.
- Működése hűtőközeg-független.
- Szükségtelen mágnesszelepet alkalmazni.
- Energiahatékony, igen alacsony kondenzációs nyomással is üzemeltethető.

3.4.5.3 Elektronikus expanziós szelepek kiválasztása

A termosttikus szelepek kiválasztásánál felsorolt adatok ismerete itt is szükséges. Mivel az elektronikus adagolók lehetőséget adnak a hűtőközeg-adagolás mellett különféle kiegészítő funkciók ellátására is, érdemes végiggondolni az egyes gyártók által kínált többlétszolgáltatásokat is. Ilyenek például a mágnesszelep funkció, a MOP funkció, a ventilátor, a leolvasztás vagy a páramentesítő fűtés vezérlése, a szabályozó vagy a riasztó termosttát funkció, a hőmérséklet kijelzés vagy akár az adatkommunikáció.

3.4.6 Szintszabályozók

Az elárasztott rendszerű elpárolgatók jellemző szabályozói, amelyek az elpárolgató kellő mértékű elárasztásához szükséges állandó folyadék állapotú hűtőközegetöltést biztosítják. Mivel ezekben a rendszerekben nincs túlhevítés, az elpárolgatóban, a folyadékleválasztóban, illetve a kondenzátorban lévő folyadékszint magassága alapján lehet a hűtőközeg adagolását szabályozni. Az elpárolgató vagy a különálló folyadékleválasztó folyadékszintjét a kisnyomású szintszabályozók szabályozzák, csökkenő szint esetén nyitnak, növekvőnél zárnak.

A nagynyomású úszós adagolószelep a berendezés nagynyomású oldalán, a kondenzátorban, vagy ha van, a folyadéktartályban levő folyadék szintjét tartja állandó értéken. A folyadékszint emelkedésekor nyit, a fölös mennyiséget elengedi a kisnyomású rész felé, süllyedésekor zár. A nagynyomású szintszabályozók érzékelője a kondenzátoroldali, nagynyomású térben van elhelyezve.

3.4.6.1 A szintszabályozók csoportosítása

A szintszabályozóknak két nagy csoportját tudjuk megkülönböztetni aszerint, hogy segédenergiát használnak-e a működésükhöz. Segédenergia nélkül működnek a mechanikus úszós szintszabályozók, villamos energia felhasználásával például a termosttikus szintszabályozó.

3.4.6.2 Úszós szintszabályozók

Amint a nevük is mutatja, az érzékelőjük egy úszó, ami a folyadékszinttel együtt mozdul és egy áttétel révén mozgatja az átömlő keresztmetszetet módosító szeleptűt. A hűtőközeagszintnek az elpárolgatóban az alapérték alá csökkenésekor nyit, e fölé emelkedésekor zár.

A kisnyomású úszós adagolószelep az elpárolgatót kellő mennyiségű folyadék állapotú hűtőközeggel látja el. Egyes konstrukcióknál a szintszabályozó és az elpárolgató közé beépítenek egy csillapító tartályt, ami a folyadékszint-lengéseket hivatott csökkenteni. Más esetekben ezt úgy oldják meg, hogy a hűtőközeget a túszelep után egyenesen az elpárolgató folyadékleválasztó terébe vezetik.

Központi folyadékleválasztóval ellátott szivattyús hűtőberendezéseknél jól alkalmazható a nagynyomású úszós szintszabályozó. A berendezés nagynyomású oldalán, a kondenzátorban, vagy ha van, a folyadéktartályban levő folyadék szintjét tartja állandó értéken. A folyadékszint emelkedésekor nyit, a fölös mennyiséget elengedi a kisnyomású rész felé, süllyedésekor pedig zár.

Ezek az adagolók több kedvező tulajdonsággal is rendelkeznek:

Rendeltetésszerű működtetéskor csaknem a teljes hűtőközeg-mennyiség a kisnyomású oldalán található.

Nincs szükség nagynyomású folyadékgyűjtőre, egyszerűbb a berendezés.

Nincs szükség a folyadék utóhűtésére sem.

Meghibásodásakor sem okozhat folyadékútást.

Leálláskor a nyomás lassan kiegyenlítődik, ennek következtében az újraindulás könnyebb.

3.4.6.3 Villamos segédenergiával működtetett szintszabályozók

A hűtő- és hőszivattyú-berendezések adagolóinak szintérzékelője úszós vagy úgynevezett termosztatikus rendszerű. A termosztatikus szintszabályozó egy villamos energia segítségével működtetett termosztatikus adagolószelep, ami a folyadék és gőz fázisú hűtőközeg jelentősen eltérő nagyságú hőátadási tényezőjét használja fel a szintváltozás hőmérséklet-változássá való átalakítására. Az elektronikus működtetésű úszós szintszabályozó az úszó elmozdulását elektromos jellé alakítja, és a szintváltozásnak megfelelő értelemben egy mágnesszelepet működtet. A mágnesszelep csak nyit és zár, a hűtőközeg fojtása céljából be kell építeni utána egy fojtószelepet is. Korszerűbb változat a kapacitív elven működő elektronikus szintszabályozó, ami egy impulzusszélesség modulált adagolószelepet működtet. Ez a szelep a mágnesszelep és a fojtószelep feladatát együttesen is képes ellátni.

3.4.6.4 Nyomási segédenergiával működtetett szintszabályozók

A legnagyobb teljesítményű hűtőberendezésekben a szintszabályozást olyan szervoműködésű szelepek végzik el, melyeknél a hűtőközeg vagy más külső folyadék nyomási energiája szolgál segédenergiaként. Ezeket az adagolószelepeket kisméretű mágnesszelep, impulzusszélesség modulált adagolószelep vagy egy mechanikus működtetésű úszós szintszabályozó vezérli. Ez utóbbi olyan esetekben használatos, amikor a segédenergia az áramló hűtőközeg nyomási energiája.

3.5 Csővezetékek, szerelvények, segédberendezések

A hűtőrendszer hibátlan működéséhez nem elegendő a megfelelően kiválasztott fő részek együttese, hanem a kiegészítő szerelvények, berendezések, készülékek, valamint a csőrendszer hibátlan méretezésére, kiválasztására és nem utolsósorban kivitelezésére is szükség van. Ezekkel foglalkozunk vázlatosan a következőkben, a csővezetékekkel kezdve.

3.5.1 Csővezetékek

A hűtési vagy hőszivattyús rendszerek különböző szerkezeti elmeit csővezetékek kötik össze, melyek a rajtuk áthaladó közeg fajtájától függően elsősorban acélból vagy vörösréz-ből készülnek. Bennük különböző állapotú, hőmérsékletű és nyomású hűtőközeg, közvetítőközeg áramlik. A jobb áttekinthetőség érdekében külön tárgyaljuk a hűtőközeg-vezetékeket és a közvetítőközegek vezetékeit.

3.5.1.1 Hűtőközeg-vezetékek

Ebben a csoportban a funkció szerint alapvetően szívó és nyomó csővezetékek különböztethetők meg. Leegyszerűsítve azt mondhatjuk, hogy a szívóvezeték az elpárolgotatót és a kompresszort, a nyomóvezeték a kompresszort és a kondenzátort köti össze. A folyadékvezeték a kondenzátort és az adagolószelepet, az adagolóvezeték pedig az adagolószelepet és az elpárolgotatót köti össze.

Szívóvezetékek

A csővezetékekben bekövetkező nyomásesés hat a berendezésben kialakuló körfolyamatra, a berendezés hőtelsítményét és teljesítménytényezőjét is rontja. Ezért a csővezetékek méretezésénél és kialakításánál törekedni kell arra, hogy a csövekben fellépő nyomásesés értéke minimális legyen és ezzel egy időben gondoskodni kell arról is, hogy a kompresszorból (az olajoldó hűtőközeg esetén) a hűtőközeggel elhordott olaj

visszajusson a kompresszorba. Továbbá figyelembe kell venni az erre vonatkozó biztonsági előírásokon kívül a berendezés gazdaságos és üzembiztos működtetésének szempontjait is.

Általában elmondható, hogy a szívóvezetékben a nyomásesésnek az 1K forráspontcsökkenésnek megfelelő értéknél kisebbnek kell lennie. A nyomásesés értéke hűtőközeg fajtájától és hőmérséklet tartománytól függ, így például R134a hűtőközeg esetén a $t_0 = +5$ és $+10^\circ\text{C}$ közötti klímatarományban a megengedhető nyomásesés $0,18 - 0,2$ bar, a $t_0 = -8$ és -12°C közötti normál hűtési tartományban $0,12 - 0,13$ bar. Viszont a korábban említett üzemeltetési szempont miatt olajoldó kezegeknél megengedhető ennél magasabb érték is.

A legtöbb hűtőközegeknél vörösréz cső használható, melynél a nyomvonalvezetéssel kapcsolatban a következő kívánalmaknak kell megfelelni, amelyeket a 3.57-es ábrán szemléltetünk:

A kompresszor várható legkisebb terhelése mellett a vízszintes szakaszon minimálisan $2,5\text{m/s}$, felfelé való áramlásakor legalább 5m/s sebességet kell biztosítani.

A vízszintes vezetéknek a kompresszor felé lejténiük kell, $2 - 5^\circ$ -os lejtéssel.

Az emelővezeték elé, valamint függőleges vezeték esetén $3 - 5$ méterenként

U-alakú folyadékcspadákat kell beépíteni

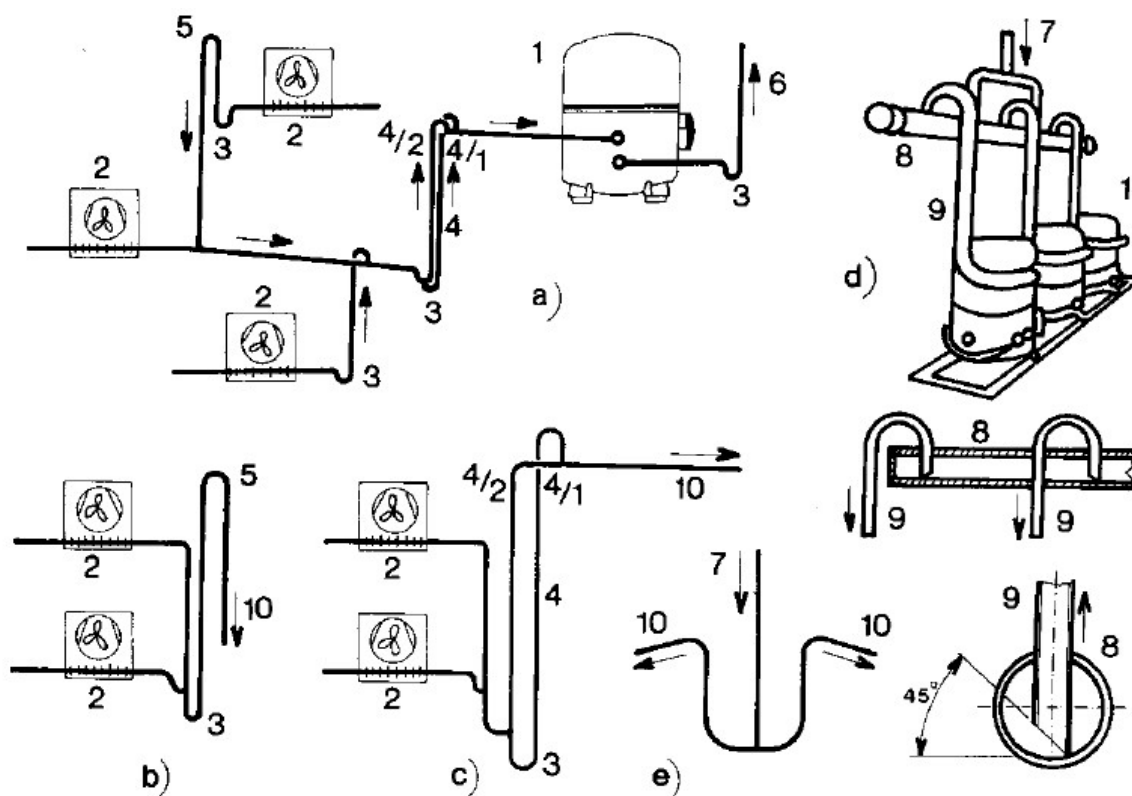
A folyadékcspada sugara a lehető legkisebb legyen, ami még kivitelezhető.

Ha a berendezés teljesítményszabályozással van ellátva, akkor kettős emelővezetékkel kell alkalmazni, teljes terhelés mellett mindkettőben szükséges az $5 - 7\text{m/s}$ sebességet biztosítani.

Amennyiben több párhuzamosan üzemelő elpárologtatót alkalmazunk, azokat a közös szívócső felső alkotója mentén kell csatlakoztatni

Ha több kompresszor működik párhuzamosan üzemben, akkor ügyelni kell arra, hogy az olaj egyenletesen jusson mindegyikbe, viszont ne juthasson olaj az üzemben kívül lévő kompresszor szívócsőjébe

Két párhuzamosan működő kompresszor esetén, az elpárologtatók közös vezetékének kompresszor felőli végén U-alakú folyadékcspada kialakítása elegendő.



3.5.1. ábra

Lehetséges nyomvonalvezetési megoldások

1. kompresszor; 2. léghűtő; 3. olajcsapda; 4. kettős felszálló vezeték; 4/1 a 4/2. vezetékkel együtt működő vezeték teljes terhelésre, 4/2. a legkisebb terheléskor működő vezeték; 5. emelővezeték; 6. kondenzátorhoz; 7. elpárologtatótól; 8. szívóoldali gyűjtőcső; 9. kompresszor-szívóvezeték; 10. kompresszorhoz

Ammónia hűtőközeggel üzemelő berendezéseknél az olajszállítás nem jelentős, az olaj a kompresszorhoz közeli olajleválasztóban elkülöníthető és visszavezethető. Ezek a rendszerek általában acél szívóvezetékkel

készülnek. A szennyeződések elkerülése érdekében a gyűjtőcsőre felülről csatlakoztatják a függőleges szívócsövet.

Nyomóvezetékek

Itt a kompresszor és a kondenzátor közötti vezetékszakasról van szó, melybe az esetek nagy részében az olajleválasztót is beépítik. A nyomásesés szempontjából itt a kondenzációs hőmérséklet emelkedése számít: ez nem lehet 1K-nél nagyobb. A korábban példaként hozott R134a hűtőközeg esetén a $t_c = +50$ és $+55^\circ\text{C}$ közötti tartományban megengedhető nyomásesés értéke 0,33 – 0,42 bar. Ebből következik az, hogy a szívóvezetékben létrejött nyomásesés megengedhető értéke kisebb, mint a nyomóvezetéké, ezért kialakítása fokozott figyelmet kíván.

A nyomóvezetékkel kapcsolatos követelmények:

A minimális gőzsebesség ugyanakkora, mint a szívóvezetékek esetén, tehát vízszintes szakaszokon legalább 2,5, emelővezetékben legalább 5m/s.

Oda kell figyelni a gőzsebesség és a csőméretek viszonyára, a túl nagy sebesség kis csőmérettel párosítva megnöveli a kompresszor teljesítményfelvételét.

Rövid vízszintes vezeték után, illetve legfeljebb 3m-es emelőszakasznál nem kell olajcsapdát beépíteni, függőleges vezetékben is elég 6-8 m-es távolságokra.

Ha a berendezés teljesítményszabályozással van ellátva, akkor kettős emelővezeték vagy osztott nyomócsöveket kell alkalmazni.

Ha több kompresszor működik párhuzamos üzemben, akkor ugyancsak szükséges a kettős emelőcső vagy az osztott nyomócső kialakítása, ezen kívül fontos, hogy a kompresszorok nyomócsövei minél rövidebbek legyenek, felülről legyenek rákötve a közös gyűjtőcsőre, és ahhoz közel elhelyezett visszacsapó szeleppel is rendelkezzenek. (Ez utóbbi alól kivételt jelentenek a tehermentes indítással működő kompresszoros rendszerek, ahol a kondenzátor a kompresszor alatt van elhelyezve.)

A szívó- és a nyomóvezetékek hossza a berendezés telepítésével, elrendezésével általában adott; ezért csupán a vezeték belső átmérőjének változtatása ad módot a nyomásvesztés változtatására. Az átmérő növelésével a közeg sebessége és a nyomásvesztés csökken, viszont olajelhordási problémák következhetnek be, és az átmérőnövelés a csővezetékek és a szerelvények árának növekedésével jár együtt. Az optimális megoldás megtalálása itt is pontos méretezést és kiválasztást igényel.

Folyadékvezeték

Ebbe a csoportba számtalan vezeték tartozik, melyeknek közös jellemzője, hogy bennük a hűtőközeg folyadék állapotú. Ide sorolhatók például:

- a kondenzátort és a nagynyomású folyadékgyűjtővel vagy a nagynyomású úszós adagolószeleppel,
- a hűtőközeg-szivattyút a folyadékleválasztóval vagy a közbenső hűtővel,
- a folyadékgyűjtőt a fojtószeleppel összekötő csőszakaszok.

A folyadékvezetékben bekövetkező nyomásesés, ha az utóhűtés mértéke nem megfelelő, az adagolószelep előtt gőzképződésre vezet, ami gátolja az adagolószelep helyes működését, csökkenti élettartamát. Nagynyomású leszálló folyadékvezetékben hőszigeteléssel, kisnyomású vezetékben pedig a hűtőközeg-szivattyú előtti vezetékbenél a megfelelő hozzáfolyási magasság biztosításával csökkenthető a gőzképződés veszélye. Emellett minden folyadékcső esetében követelmény, hogy a gázképződés elkerülésére a folyadékvezeték nyomásesése nem lehet nagyobb, mint a 0,5 K telítési hőmérséklet csökkenés alatti érték. Ismételt az R134a hűtőközeget hozzuk példaként, ahol ez a $t_c = +40$ és $+60^\circ\text{C}$ közötti hőmérséklettartományban 0,135 – 0,20 bar nyomásesésnek felel meg. A nyomásesés meghatározásakor nem szabad figyelmen kívül hagyni a felfelé haladó vezetékben a folyadékoszlop statikus nyomását sem, az utóhűtés mértékét ennek megfelelően kell megállapítani.

Előremenő és visszatérő vezetékek

Az előremenő vezetékek közé soroljuk a természetes cirkulációs hűtésnél a folyadékleválasztó és az elpárologtató, recirkulációs rendszereknél a hűtőközeg-szivattyú és az elpárologtató, valamint csavarkompresszoros rendszereknél a termoszföntartály és az olajhűtő közötti csőszakaszt. A termoszföntos olajhűtésnél és a természetes cirkulációs hűtésnél oda kell figyelni a vezeték áramlási ellenállásának minimalizálására az áramlási irány fenntartása érdekében.

Az elpárologtatót és a folyadékleválasztót, valamint az olajhűtőt és a termoszföntartályt visszatérő vezeték köti össze. Ezek a vezetékek szívóvezetéknek működnek, a kialakításuknál ugyanazok a követelmények érvényesek rájuk.

Leolvasztó meleggáz- és kondenzátum-vezetékek

Korábban már foglalkoztunk a meleggázos leolvasztás témájával. Itt csupán annyit tennénk hozzá, hogy ennél a leolvasztási módnál a meleggáz a nagynyomású folyadékgyűjtő gőzteréből vagy a nyomócső vízszintes ágának felső részéről szállítjuk a léghűtőhöz. Ennek a szállításnak eszköze a meleggáz-vezeték, a kondenzálódott meleggáz elvezetésére pedig a kondenzátumvezeték alkalmazható.

Kiegyenlítő vezetékek

A kiegyenlítő jellemző szempontjából szolgálhatnak nyomás vagy folyadékszint kiegyenlítésére különböző gépek, készülékek között. Olajszintkiegyenlítő vezetékek köti össze például a párhuzamosan működő kondenzátorokat. Fontos, hogy a kompresszorok olajkiegyenlítő csomajai és a vezetékek egy vízszintes síkban kerüljenek elhelyezésre. A párhuzamosan kapcsolt kondenzátorok esetében a belépő oldali gőznyomásokat kell ilyen vezetékekkel kiegyenlíteni. E kondenzátorok folyadékoldali közös vezetéke is ide sorolható, továbbá a folyadék-szintszabályozók, folyadékállásmutatók gőz- és folyadékoldali csőszakaszai is.

Leszívató és kigőzölgtető-vezeték

Ezek olajleválasztóknál, olajzilipelő edényeknél használt csővezetékek, feladatuk a gőzállapotú hűtőközeg szállítása segédberendezésekből a folyadékleválasztóba és onnan a kompresszorba.

Műszer- és szervizvezetékek

Kisméretű vezetékek, melyeknek két csoportja a fixen beépített és a hordozható vezetékek. Előbbiek nyomásmérőkhöz és -kapcsolókhoz, termosztatikus adagolószelepekhez, folyadékszint szabályozókhoz használatosak, míg az utóbbiakat a hűtőrendszerbe beépített szervizszelepekhez lehet csatlakoztatni.

Lefúvatóvezetékek

A biztonsági lefúvató szeleptől vezet ki a szabadba az esetlegesen oda kerülő hűtőközeget. A szelephez minél közelebb néhány furattal van ellátva a szivárgás kimutatásának elősegítésére. A vezeték minden szakaszának emelkedőnek kell lennie a folyadékzár kialakulásának elkerülésére. Mérgező hűtőközegeknél a szabadba nyíló végnek a környéken levő legmagasabb épület fölé kell emelkednie legalább 2 méterrel, de a nem mérgező közegeknél is alapvető követelmény, hogy emberi szemmagasságba ne kerülhessen. A szabadba nyíló csővéget meg kell óvni a dugulás lehetőségétől.

Légtelenítő vezetékek

Ezek a vezetékek kétféle funkciót tölthetnek be. Egyrészt a levegőt engedik át a légtelenítőbe, ilyenkor nem kondenzálódó gáz és hűtőközeg-gőzkeverék halad bennük. Másrészt a légtelenítőből engedik a szabadba a levegőt, nem kondenzálódó gázok áramlásával.

Olajvezetékek

Mint a nevük is mutatja, ezek a csövek a hűtőrendszerben az olaj szállításának eszközei. Ilyenek a kompresszorok olajleeresztő vezetékei és a kenéshez, valamint az olajnyomásos szabályozáshoz szükséges olajvezetékek, a kompresszorok közötti olajszint-kiegyenlítő vezetékek, az olajleválasztó és a kompresszor közötti csővezetékek.

Befecskendezővezetékek

A befecskendezővezeték az adagoló ki- és az elpárologtató belépő csomajai közötti csőszakasz. A környezettel való hőcsere minimális értéken való tartása érdekében rövid. Követelmény vele szemben, hogy az adagoló átbecskendezőképességének jó kihasználtságához nyomásvesztése kicsi legyen. Ez a cső a folyadékelosztóval együtt az elpárologtató házában telepítve van.

Túlfolyóvezetékek

Ezek a csővezetékek biztonsági célt szolgálnak; a hűtőrendszer egyes elemeiből vezetik át a túlfolyó szelepen átjutott folyadékot egy kisebb nyomású térbe.

3.5.1.2 Víz- és közvetítőközeg-vezetékek

A hűtési rendszereknél nemcsak a hűtőközegek, de a természetes közvetítőközegek szállítása is csővezetékben történik. A hűtővíz-csövek a kondenzátorhoz, a gőzelőhűtőhöz, a kompresszorhoz vagy az olajhűtőhöz vezetnek. Ilyenek például az evaporatív kondenzátorok, melyeknél két vízkört is találhatunk. A fő vízkör vezetékeiben szivattyú keringeti a hűtővizet, míg a mellék vízkör a fő vízkör fojtószelepén elengedett víz pótlásáról gondoskodik egy úszós vízszelap segítségével.

A vezetékek azonban a hűtővíz mellett szállíthatnak például a hűtő berendezések leolvasztásakor keletkező olvadékvizet is. Ezeknél a vezetékeknel vízzárat kell létrehozni, hogy a szennyeződés lehetőségét kiküszöböljük, fagyveszély esetén pedig fűteni kell őket.

Az egyéb közvetítőközegek (alkohol, propilén-glikol) szállításánál fontos, hogy ne kerülhessen levegő a csövekbe, ezért lehetőséget kell teremteni a légtelenítésre. Természetesen ezeknél a közegeknél is szükség van szerviz- és műszervezetésekre.

3.5.1.3 Csőkötések

A különböző csővezetékek ismertetése után ejtsünk néhány szót a csőkötésekről, hiszen hiába vannak jól megválasztva a hűtési rendszerhez szükséges csövek, ha azok illesztése nem megfelelő. A csövek csatlakoztatásának alapvetően két módja van, az oldható és az oldhatatlan kötés. Az oldható kötések sérülés nélkül bonthatók, helyreállíthatók, míg az oldhatatlan kötések csak vágással lehet megbontani.

Hűtőközeg-vezetékek csőkötései

Acélból készült hűtőközeg-vezetékeknel általában karimás vagy menetes csőkötetést alkalmazunk, melyekhez számtalan csőidomot, szűkítő-bővítő vagy végelzáró csőelemet, csőlírát használhatunk a megfelelő nyomvonal kialakítására. Vörösréz csövek esetében is lehet karimás vagy menetes a csatlakozás, de forrasztással oldhatatlan kötések is kialakíthatók. Ehhez ezüst forrasztanyagot kell használni, a lágyforrasztás pedig kerülendő. Újabban kifejlesztett módszer a roppantógyűrűs megoldás, mellyel néhány mozdulattal lehet oldhatatlan kötetést kialakítani. A roppantógyűrűs kötés tömör zárást biztosít és nagy a nyomásállósága. További előnye, hogy különböző átmérőjű vezetékek összekapcsolására is alkalmas, valamint, hogy acél-, vörösréz- és alumíniumcsöveknél egyaránt használható, még robbanásveszélyes hűtőközegekkel is. Mindezeknek köszönhetően széleskörűen alkalmazható a hűtéstechikában.

Víz és közvetítőközegek csőkötései

Acél csővezetékeknel itt is alkalmazhatók a karimás és a menetes csőkötések, előbbi általában a nagy átmérőjű csövek, az utóbbit pedig a normál és annál vastagabb falú vízvezetékek kötésére használják. A menetes kötések közé tartozik belső menetes karmantyúval megoldott, a hosszmenetes, a közcsavaros és a hollandis csőkötés is. Az oldhatatlan kötések hegesztéssel készülnek. A kisebb berendezéseknél beépített rézcsövek kötése a hűtőközeg-vezetékek csőkötéseivel azonos módon készül, a műanyag csővezetékeknel pedig a más tulajdonságokkal bíró anyag miatt speciális csőkötések alkalmaznak.

Fontos tudni, hogy a csővezetéseket beépítés, kötés előtt meg kell tisztítani, még akkor is, ha gyárilag zárósapkával vagy csővégzáró dugóval vannak ellátva. Acélsövek esetén ez mechanikus tisztítást, belső átmosást és vegyszeres külső tisztítást jelent. Vörösrézcső alkalmazásánál a szemmel is látható elszíneződésekre, nedvességnomokra kell odafigyelni. A csőben maradt nedvesség eltávolítása hevítéssel és száraz nitrogén átfúvással történik.

Csővezetékek hőszigetelése

A hűtőberendezések hatékony és biztos üzemű működése érdekében egyes vezetékeket hőszigeteléssel kell ellátni. Ilyenek többek között a szívóvezetékek, az előremenő és a visszatérő hűtőközeg- és közvetítőközeg-vezetékek, a leolvasztásnál használt meleggáz- és kondenzátumvezeték. Szigetelésükhöz kis hővezető és vízfellevő képességű, nagy vízgőzdiffúziós ellenállású, kis sűrűségű, nagy szilárdságú, kémiaiilag ellenálló, nem éghető hőszigetelő anyagokra van szükség. A hőtechnikában legelterjedtebben a polisztirolt és a poliuretán-habokat használják hőszigetelésre. A hőszigetelést sík szigetelőlemezekkel, poliuretán csőhéjfelekkel, helyszíni poliuretán-habosítással vagy lágy szigetelőcsövekkel lehet megoldani, mindenképpen szivárgásvizsgálat után.

Csővezetékek kialakításának szempontjai a szivárgások minimalizálása érdekében:

- A hűtő-körfolyamat minden csővezetéke feleljen meg a vonatkozó szabványoknak.
- A vezetékeket a mechanikai károsodásoktól védeni kell.
- Különböző átmérőjű csöveket csak gyárilag készült átmeneti idomokkal szabad összekapcsolni.
- A meneteket és a csúszófelületeket meg kell kenni az összekötés előtt.

- Lehetőség szerint nem oldható kötések kell alkalmazni.
- Szigetelt csővezetékeken az oldható kötések helyét maradandóan meg kell jelölni.
- A karimás kötések előnyben kell részesíteni a peremes, a csavar- vagy sajtoló kötésekkel szemben.
- Expanziós szelepek csatlakoztatásához tilos peremes kötések használni.
- Felkeményedett anyagú csővezetéken szintén nem ajánlatos.
- Peremes kötések készítésekor gondoskodni kell a perem helyes méretéről.
- A peremes szerelvényeket csak 19 mm-nél kisebb külső átmérőjű lágyított csőveknél lehet használni.
- Csővezeték-kötésekhez lágyforrasztást használni tilos, szerelvények beépítésénél is kerülendő.
- A csővezeték alá kell támasztani a méretének és üzemi tömegének megfelelően.
- A csővezeték nyomvonalát a hőtágulást és a rezgést figyelembe véve kell meghatározni.
- A csővezetékek körül elegendően nagy teret kell hagyni a karbantartáshoz, a csőkötések ellenőrzéséhez és a szivárgások javításához.

3.5.2 Szerelvények, segédszerelvények, segédberendezések és készülékek

Mint korábban már megfogalmaztuk, ahhoz, hogy egy hűtőberendezés üzembiztosan, nagy hatékonysággal működjön, nem csupán a fő részek megfelelő méretezése, kiválasztása, beépítése szükséges, hanem a számtalan kiegészítő szerelvényt és berendezést is hasonló gondossággal kell kiválasztani. Jelen anyagunkban ezeket nagy számuk miatt csak röviden, szinte felsorolásszerűen tudjuk megemlíteni.

3.5.2.1 Elzáró és egyéb szelepek

A hőszivattyú berendezés csővezetékeinek lezárása, nyitása, egyes részeink kiiktathatóságának biztosításához elzáró szerelvényekre van szükség, mint például a kézi működtetésű elzárószelepek, a visszacsapószelepek és az elektromos vezérlésű mágnesszelepek. Ezekkel szemben támasztott alapvető követelmények a tömörzés és az, hogy az áramlási ellenállásuk minimális legyen.

Vörösréz csővezetékeknél a zárást golyósszelepek, kézi működtetésű elzárószelepek vagy villamos működtetésű mágnesszelepek végzik, valamint ide sorolhatjuk a visszacsapó-szelepeket is. Ezek a szelepek R717 hűtőközeghez (ammóniához) nem használhatók. Az acélból készült csővezetékek szelepei viszont éppen ammónia, valamint fluortartalmú hűtőközeghez alkalmazhatók. A kézi működtetésű elzárószelepek és a villamos működtetésű mágnesszelepek mellett az úgynevezett csappantyúknak (csapószelepeknek), a kézi működtetésű fojtószelepeknek, a visszacsapó- és a túlfolyószelepeknek van fontos szerepe a hűtőberendezések működésében. A biztonsági lefúvató szelepek különböző konstrukciókban készülnek, sárgaréz, acél vagy acélöntvényes házzal. Feladatuk a túlnyomás kialakulásának megakadályozása a berendezés védelme érdekében.

3.5.2.2 Segédszerelvények

A hűtőberendezés segédszerelvényei között a különböző szűrőkkel, a nedvesség- és folyadékáramlás-jelzőkkel, a folyadékállás-mutatókkal, a rezgéselnyelőkkel és a kompenzátorokkal foglalkozunk.

Szennyezés-, nedvesség- és savszűrők

A szűrők a gyártás, üzembe helyezés és üzemeltetés, valamint a javítás során a berendezésbe kerülő idegen anyagok vándorlását és az általuk okozott üzemzavarokat akadályozzák meg.

Nedvesség- és savszűrők

A nedvesség- és savszűrők feladata a berendezésben levő hűtőközeg nedvességtartalmának a szabad nedvesség előfordulását kizáró szinten való tartása, az üzemelés közben keletkező savak megkötése. Ezek a szűrők fluorozott hűtőközeggel működő hűtőberendezéseknél használatosak. Ammóniás rendszereknél az alkalmazásuk nem indokolt, mivel a nedvesség 1-2%-os jelenléte még nem okoz problémát, ennél nagyobb mértékű nedvességtartalom eltávolítására pedig más megoldást alkalmaznak. A vízzel oldódó hűtőközeggel üzemelő hűtőrendszereknél előfordulhat, hogy a kompresszor kenőolajába is bekerül a nedvesség, kenési problémát okozva, ezért a nedvességszűrés itt kiemelt feladatot jelent.



3.5.2. ábra. Nedvességszűrő

A berendezésekben nedvesség maradhat vissza a gyártásból, szerelésből következően; nedvességet vihet be a rendszerbe az olaj és maga a hűtőközeg is, betöltéskor és javítás utáni töltés során is. Továbbá nedvességet visz be a berendezésbe kerülő környezeti levegő is. A különböző hűtőközeg folyadék-gőzfázisai telítési állapotban, a telítési hőmérséklettől függően, változó mennyiségű nedvességet tartanak oldott állapotban. Csökkenő hőmérséklet esetén a szabad víz az adagolónál 0°C alatt dugulást okoz, a hűtőközeg áramlása megszűnik; a freon hűtőközegek esetében fokozott korrózióvesztést is jelent.

A szűrőanyagokkal kapcsolatos követelmények a következők:

- sem a vízzel, sem a hűtőközeggel ne lépjen reakcióba
- a szerkezeti anyagokat ne korrodálja
- hatásukat olaj jelenléte ne módosítsa
- ne legyen mérgező, a bőrt irritáló vagy maró
- ne porlódjon
- legyen könnyen beiktatható a rendszerbe.

Ezek alapján általában adszorpciós szárítóanyaggal működő szűrők használatosak, ilyenek a szilikagél (szilícium-dioxid), vagy a molekulaszűrőkben használt zeolitok (alkáli- és alkáliföldfém-alumínium szilikátok), amik a víz mellett a savmolekulák megkötésére is alkalmasak.



3.5.3. ábra. A szűrő keresztmetszete

Nedvesség- és savszűrők kiválasztásánál kiválasztási szempontot jelent a hűtőközeg fajtája és állapota, az elpárolgási és a kondenzációs hőmérséklet, a nyomásesés a szűrőn, valamint a hűtőberendezés összeállítási helye.

A nedvességszűrő folyadékáramba vagy gőzáramba is beépíthető, de a szokásos helye a folyadékvezeték.

Szennyezésszűrők

A szennéyszűrő a berendezésben – különösen a nagyteljesítményű, helyszíni hűtőközegoldali szerelést is igénylő rendszerekben – előforduló szilárd szennyeződések fogja fel. A fojtószelep előtt a folyadék-, a kompresszor előtt a szívóvezetékbe való beépítése kis és nagy berendezésekben egyaránt indokolt. Anyaga sűrű szövésű sárgaréz vagy egyéb anyagú szitászövet, nyitott, dugattyús vagy csavarkompresszoros rendszer esetén perforált acéllemez. Szabad áramlási keresztmetszete a csőkeresztmetszet 1,2 – 1,4 szerese. A szennyezésszűrők a hűtőrendszerbe be vannak építve, rendszeres tisztításukról nem szabad megfeledkezni.

Folyadékáramlás- és nedvességjelzők

Az adagolószelepek megfelelő működésének előfeltétele a folytonos folyadékáramlás. Ezt akadályozhatja hűtőközeghiány, dugulás, gőzképződés vagy a mágnesszelep hibás működése. A folyadékáramlást ezért időnként ellenőrizni kell, ennek eszköze az áramlásjelző, egyszerűbb nevén a nézőüveg.

A nézőüveget az adagolószelep előtt a folyadékvezetékbe telepítik, az adagoló előtti folyadék hűtőközeg mennyiségének megfelelőségét mutatja. A nézőüvegen jelentkező buborék hűtőközeghiányra utalnak. A 3.5.4. ábrán látható, úgynevezett nedvesség-indikátoros vagy más néven víztartalomjelzős nézőüveg ezzel egy időben a nézőüvegben telepített szín-indikátor segítségével tájékoztatást ad a hűtőközeg víztartalmáról is.



3.5.4. ábra. Nedvesség-indikátorral ellátott nézőüveg

Folyadékállás-mutatók

A különböző edények, tartályok folyadékszintjének jelzésére szolgáló segédszerelvények. Egy vagy akár több nézőüveggel is felszerelhetők, így akár a folyadék egy-egy szintje, akár a teljes folyadékállás-tartomány ellenőrizhető a segítségükkel.

Rezgéselnyelők

Dugattyús kompresszorok, szivattyúk indítási löketeinek, üzemi rezgéseinek továbbterjedését akadályozó szerelvények. Szívó- és nyomóvezetékekbe, olajkiegyenlítő vezetékekbe építik be a flexibilis belső membráncsövet, amit szorítógyűrűvel rögzített védőfonattal látnak el.

Kompenzátorok

A kompenzátorok a csövek hőtágulásából fakadó problémákat, valamint a hűtési rendszerbe épített gépek, szivattyúk rezgésének felvételét előzik meg. Kiegyenlítik a csövekben fellépő feszültséget, a szerelés pontatlanságait, és csökkentik a zajszintet is. A kompresszor közelében a szívó- és a nyomóvezetékekbe építik be ezeket a fémből vagy gumiból készülő szerelvényeket.

3.5.2.3 Segédberendezések és készülékek

Ebben a részben vázlatosan ismertetjük a hűtési rendszerek nem fő, de nem kevésbé fontos berendezéseit, amilyenek például az olajleválasztók, a belső hőcserélők, az utóhűtők vagy a légtelenítők.

Olajleválasztók

Az olajleválasztók (3.5.5. ábra) feladata, hogy a hűtőkompresszorból elhordott olajnak a berendezés többi részébe való eljutását meggátolják, ugyanakkor lehetővé tehetik a leválasztott olaj kompresszorba való visszajuttatását is. Alkalmazásuk az olajban kismértékben vagy egyáltalán nem oldódó hűtőközegek esetén különösen jelentős, de az olajjal korlátlan oldódó hűtőközegek esetében is előnyös.



3.5.5. ábra. Olajleválasztó

Különböző elven működő típusaik használatosak; sebességcsökkenéssel, irányeltereléssel, ütköztetéssel, centrifugálással, de akár fűtéssel és hűtéssel is végezhetik feladatukat. Az olaj a hűtőközegben csepp, vékony olajfilm vagy olajgőz formában lehet jelen. Leválasztása akkor a legegyszerűbb, ha az olajgőzt hűtéssel cseppfolyósítani tudjuk.

A fluorozott hűtőközegekre kialakított olajleválasztót a kompresszor és a kondenzátor közötti nyomóvezetékbe építik be, nem közel a kompresszorhoz, lehetőséget adva nagyobb olajcseppek képződésre. A belépő túlhevített gőz a már leválasztott olajat fűti, ezáltal csökken annak hűtőközeg-tartalma. A hűtőközeg hűti a gőzt, így a hűtőközegben csökken az olajgőz-tartalom.

Nagy teljesítményű rendszereknél hasonló elven működő olajleválasztókat alkalmaznak, de az olajnak a kompresszorba való visszavezetését külön olajszivattyúval biztosítják. A nagy felhasznált olajforgalom miatt az olajleválasztás kiemelt feladat az olajbefecskendezéses csavarkompresszorok esetében.

Utóhűtők

Az utóhűtő a kondenzátorban lecsapódott hűtőközeget telítési hőmérséklet alatti értékre hűti le. Az utóhűtés mértéke a kondenzátor hűtési típusától is függ. A hűtést végző közeg fajtája alapján az utóhűtők vízzel hűtött és kisnyomású alacsony hőmérsékletű hűtőközeg gőzével hűtött típusokra oszthatók. A hűtőközeggel működő típust, mivel külső közeget nem használ, belső hőcserélőnek is nevezik.

Vízzel hűtött utóhűtők

A vízzel hűtött utóhűtők ellenáramú, általában kettős csöves koaxiális hőcserélők, melyeket ammónia hűtőközeggel üzemelő nagyteljesítményű kompresszoros hűtőberendezéseknél használnak. Ezekben az utóhűtőkben a belső csőben hűtővíz halad, vele ellenáramban a köpeny- és a belső cső közötti gyűrű alakú térben pedig, a folyékony hűtőközeg.

Belső hőcserélők



3.5.6. ábra. Belső hőcserélő

A hűtőközeg állapotától függően a belső hőcserélők lehetnek hűtőközeggőzzel és hűtőközegfolyadékkal üzemelő berendezések.

A hűtőközeggőzzel működő hőcserélőket elsősorban az olajban nagymértékben vagy korlátlanul oldódó hűtőközeggel üzemelő berendezésekben alkalmazzák. A hőcsere az elpárolgatót elhagyó (hideg) hűtőközeg gőz és a kondenzátort elhagyó (meleg) hűtőközeg folyadék között történik. Ezt a berendezést túlhevítőnek is nevezik, mivel a folyadékállapotú hűtőközeg hőmérsékletének csökkentése mellett az is feladata, hogy az olajból kipárolgassa a hűtőközeget és az elpárolgatóból távozó gőzt tovább hevítse.

Elpárolgó folyadék állapotú hűtőközeggel való utóhűtést lehet megvalósítani csavar- vagy többfokozatú turbókompresszoros hűtőberendezéseknél. Ezzel a hűtőközeggőzzel működő belső hőcserélőkénél jóval alacsonyabb hőmérsékletet lehet elérni.

Nyomástartó edények

A segédberendezések egy nagyobb csoportját jelentik az úgynevezett nyomástartó edények. Ezek merev falú zárt tartályok, melyek a környezeténél nagyobb nyomású anyaggal vannak megtöltve. Ide sorolhatjuk a különböző típusú folyadékleválasztókat, folyadéktartályokat és -gyűjtőket, az olajhűtőket és -zsilipelő edényeket.

Folyadékleválasztók

A kisnyomású oldalhoz tartozó nyomástartó edény feladata a hűtőközeg folyadék-gőz keverékének szétválasztása. Főleg elárasztott elpárolgatókhoz alkalmazzák, de egyéb berendezésekben is alkalmas a hirtelen terhelésváltozáskor a szívóvezetékbe kerülő folyadék leválasztására. A főbb követelmények ezekkel az edényekkel szemben, akár fekvő, akár álló kivitelűről van szó:

A gőzsebességet nem engedheti a megadott érték fölé sem terhelésnél, sem a nyomás vagy a hőmérséklet változásainál.

Biztosítania kell egy minimális biztonsági folyadékállást.

Térfogatát úgy kell meghatározni, hogy alkalmas legyen a hűtőrendszer különböző változásaiból származó hűtőközegmennyiség és emellett a saját folyadékterében a gőzképződés okozta folyadékszint-emelkedés befogadására is.

Természetesen a folyadékleválasztók kiválasztásánál is fontos szempont, hogy milyen hűtési feladatot lát el az adott hűtési rendszer.

Nagynyomású folyadékgyűjtők

Ezek a nyomástartó edények gondoskodnak a kondenzátorban cseppfolyósított hűtőközeg befogadásáról, folyadéktér biztosításáról a hűtési rendszer töltésingadozásához, az elpárolgató hűtőközeg-ellátásáról üzem közben történő terhelésváltozás esetén. Továbbá fogadják a berendezés egyes részeinek hűtőközeg töltetét a megbontáskor, és hűtőközeget tartálékolnak az esetleges szívárgások kompenzálására. A folyadékgyűjtőt a kondenzátor és az adagoló között építik be. A szükséges ürtartalma a berendezés kialakítása, üzemviteli módja alapján határozható meg. Maximális folyadéktöltet mellett is megfelelő gőztérrel kell rendelkeznie.

Ipari méretű berendezéseknél többféle megoldást is alkalmaznak a folyadékgyűjtésre. Csavarkompresszoros hűtőberendezéseknél, ahol a kenőolajat termoszfónos rendszerben folyadék állapotú hűtőközeggel hűtik, előfordul, hogy a kondenzátor és a folyadékgyűjtő közé beépítenek egy külön tartályt. Ez akkor szükséges, ha a folyadékgyűjtő folyadékszintje és a csavarkompresszor olajhűtőjének szintje közötti szintkülönbség kicsi. Más megoldást jelent, ha a kondenzátorban keletkezett folyadék egyenesen a folyadékgyűjtőbe kerül, majd onnan jut részben a leválasztó folyadékadagolójához, részben pedig a kompresszor olajhűtőjéhez.

A folyadékgyűjtőt kis űrtartalmú kondenzátor, például vízhűtésű lemezes kondenzátor esetén is ajánlatos alkalmazni, mert ennek hiányában a kondenzátornak folyadékgyűjtő szerepet is be kell töltenie, így a kondenzátum felgyülemlik és a hasznos hőcserefelületet eltakarja, ami miatt azután a kondenzátornyomás és következésképpen a kompresszor munkaszüksége is megnő. Az kisebb berendezések folyadékgyűjtőit többféleképpen el lehet helyezni: a kompresszorral egybeépítve, hűtőaggregátként a kondenzátorral és a kompresszorral közös alapkeretre szerelve vagy a többi elemtől teljesen külön telepítve.

Olajhűtők

Ezek a készülékek a kompresszor kenőolajának és esetenként vezérlőrendszeri olajának hűtésére szolgálnak. Három típusukat szokás megkülönböztetni aszerint, hogy a hűtés vízzel, hűtőközzel vagy nagynyomású hűtőközegfolyadékkal történik. A vízzel hűtött olajhűtők két gyakran használt változata a dugattyús kompresszoroknál alkalmazott csőkígyós olajhűtő és a csőköteges, ami minden kompresszorfajtához illeszthető. Hűtőközzel száraz rendszerű elpárolgatóban csőköteges olajhűtőt lehet használni, szintén bármelyik kompresszortípusnál. Nagynyomású hűtőközegfolyadékkal termoszfónos rendszerben csőköteges hőcserélőt használunk olajhűtőként. Ha ez valamilyen okból nem kivitelezhető, akkor kényszercirkulációs szivattyús rendszert kell használni.

Olajzsilipelő edények

Ipari hűtőberendezéseknél használják őket, általában olajjal nem oldódó hűtőközegek esetén. Az olajzsilipelő edények egyik, álló kivitelű típusának segítségével a nagynyomású edényekbe jutott olajat lehet biztonságosan leengedni. Az edénybe kerülő hűtőközegfolyadékot is tartalmazó olaj nagynyomású, ezért a zsilipelő felső terét a leválasztóval kell összekötni. Ha a hűtőközeg elpárolog az olajból, a leszívató vezetékét zárják és az olajat leengedik. A másik, a fekvő típus fűtött kivitelben készül. Kis és közepes nyomású edényekhez vagy nagyobb berendezéseknél olajjal korlátozottan oldódó hűtőközegekhez használják.

Légtelenítők

A levegő az egyéb, nem kondenzálódó gázokkal együtt a hűtő- és hőszivattyús berendezésekbe szerelés, javítás, karbantartás során kerülhet be. Az atmoszférikusnál alacsonyabb nyomáson üzemelő részek tömörtelenségén keresztül folyamatosan is érkezik, valamint bejuthat a nyitott kompresszorok tömszelencéjén keresztül is (például olajbetöltéskor). A rendszerbe bekerült levegő a kondenzátorban és a folyadékgyűjtőjében összegyűlik, megnövelve a kondenzációs nyomást, rontva a kondenzátorban a hőátadást. Ezek következtében romlik a berendezés teljesítményteljesítője. Egyes hűtőközegeknél (például R290, propán) a beszívargó levegő robbanásveszélyt is okozhat. Mindezek indokolják a légtelenítő alkalmazását a kondenzátornál és a folyadékgyűjtőnél egyaránt, ammónia hűtőközeget használó berendezéseknél gyakran, egyéb hűtőközegek esetén ritkábban. A kondenzátor, illetve a folyadékgyűjtő gőztereiből a gőzt (ami hűtőközeggőz és levegő keveréke) a légtelenítőbe vezetik, ahol a keverékből a hűtőközeg gőzt cseppfolyósítják és a kondenzátumot a hűtőközeg folyadékkörébe visszavezetik, a minimális hűtőközeg tartalmú levegő pedig az előírt módon a környezetbe távozik. Fontos, hogy a távozó hűtőközeg mennyisége a lehető legkisebb legyen! A légtelenítőt külön adagolóval kiszolgált elpárolgató csőkígyó hűti. Kisebb berendezéseket az első üzembe helyezés során vákuumolással kell légteleníteni, még a hűtőközeg betöltése előtt. Ezután csak javítások után kell ismételt légteleníteni. A nagy rendszereknél szükség lehet üzem közbeni légtelenítésre is, itt gyakran automatikus légtelenítőt alkalmaznak, ami biztosítja, hogy az elvont keverékben a levegő koncentrációja a lehető legnagyobb, a hűtőközeggőz-veszteség pedig minimális legyen. A legkorszerűbb légtelenítőket elektronikus vezérlőegységgel látják el, ezek több hely sorban történő légtelenítésére alkalmasak.

3.6 Szabályozó, vezérlő és védelmi berendezések

Az eddig felsorolt készülékek mellett feltétlenül szükséges szólnunk azokról is, melyek a hűtőteli teljesítménynek az igényekhez való igazítását, valamint a berendezés működésének biztonságát szolgálják.

3.6.1 Szabályozó berendezések

Ide soroljuk azokat a berendezéseket, amelyek egy fizikai jellemzőt mérnek, az eredményt összehasonlítják az adott jellemző előírt értékével, és az eltérés alapján beavatkoznak a megfelelő működés eléréséhez,

fenntartásához. A mért jellemzőt szabályozott jellemzőnek is nevezik, ez mindig számszerűsíthető érték, például hőmérséklet, nyomás, térfogatáram, folyadékszint, és így tovább. Az előírt, elérendő értéket alapértéknek nevezzük, szintén számszerűsíthető. Hűtési rendszereknél ilyen lehet többek között a hűtőtér-hőmérséklet vagy az elpárolgató folyadékszintje. A szabályozott jellemzőt a zavarás téríti el az alapértéktől.

3.6.1.1 A szabályozás minősége

A szabályozó berendezések kiválasztásához érdemes foglalkozni néhány alapvető fogalommal.

A szabályozás nem mindig biztosítja folytonosan az elérendő pontos értéket. Ha az eltérés megmarad a szabályozás állandósulásakor, akkor maradós szabályozási eltérésről beszélünk. Ezt nemcsak a kivitelezés hibái, hanem magának a szabályozószervezetnek a működésmódja is okozhatja. Ilyen lehet például a nyomásszabályozás. Átmeneti szabályozási eltérés esetén az eltérés idővel változik, erre példa lehet az úszós folyadékszint-szabályozás.

Szabályozott szakasznak nevezzük a hűtőberendezésnek a beavatkozó szerv és a szabályozott jellemző mérési helye közé eső részeinek együttesét. Létezik olyan szabályozott szakasz, ahol a beavatkozás mértéke arányos a szabályozott jellemző módosult értékével, ilyen esetben arányos szakaszzal beszélünk. Folyadékűtőknél például a kompresszor fordulatszámának változása és az előremenő vízhőmérséklet arányos. Más esetekben azonban a beavatkozás után a szabályozott jellemző nem áll be egy új értékre, hanem a hatás időben összeadódik. Ilyen, integráló szakaszra példa, hogy a szelepelemelkedés csökkentésére a víztároló tartály szintje folyamatosan csökken.

A beavatkozás hatására nem mindig azonnali a szabályozott jellemző változása, hanem lehet késleltetett is. A felfutási idő a teljes tartományú beavatkozás után a szabályozott jellemző egységnyi változásához szükséges idő. Egy ugrásszerű beavatkozás után a szabályozott jellemző változásáig eltelt idő a holtidő. Ha a szabályozott jellemző azonnal változni kezd, de nem a legnagyobb sebességgel, akkor a legnagyobb felfutási sebesség kialakulásáig az úgynevezett megindulási idő telik el. E kettő, tehát a holtidő és a megindulási idő összegét nevezzük lappangási időnek.

Mindezek azért fontosak, mert a különböző szabályozó berendezések más-más szabályozástechnikai jellemzőkkel bírnak, és ezek befolyásolják a szabályozás minőségét.

3.6.1.2 Szabályozók csoportosítása

A beavatkozás tervszerű módosítást jelent, ami minden esetben energiabefektetést igényel. Ebből a szempontból megkülönböztethetünk segédenergia nélküli és segédenergiával működő szabályozást, aszerint, hogy a beavatkozáshoz szükséges energia az érzékelőből származik-e vagy külső energiaforrásból. Azokat a szabályozókat, amelyek a beavatkozás tartományán belül bármilyen értéket felvehetnek, folytonos szabályozóknak nevezzük, a többi pedig állásos, azon belül is kétállású vagy többfokozatú állásos szabályozóknak.

3.6.1.3 Segédenergia nélküli szabályozók

Tekintsük át először az állásos szabályozókat! Általánosságban elmondhatjuk, hogy mivel ezeknél a szabályozóknál a beavatkozó jellemző csak adott értékeket vehet fel, a szabályozott jellemző nem pontos érték lesz, hanem egy sávban ingadozni fog.

Kétállású szabályozók

Kétpont-szabályozóknak is nevezik őket. A szabályozott jellemző egy adott értékénél bekapcsolnak, egy másik értékénél pedig ki, ezáltal elindítják vagy megszüntetik az anyag- vagy energiaáramot. A két kapcsolási érték határozza meg a kapcsolási sávot. A kétállású szabályozók közé tartoznak a termosztátok és a presszosztátok, mint hőmérséklet-, illetve nyomás által vezérelt villamos kapcsolók, melyeknek érzékelője egy rugóterhelésű membrán. A rugó feszítésével lehet beállítani a bekapcsolási értéket, a kapcsolótárcsák távolságának állításával pedig a kapcsolási sávot. A szabályozott szakasznak felfutási és lappangási ideje is van. Kétállású szabályozást akkor érdemes használni, ha a felfutási idő nem túl rövid. A hűtőberendezéseknél általában hosszú a felfutási és rövid a lappangási idő, ezért jól alkalmazhatók ezek az egyszerű szabályozó berendezések.

Több ilyen kétállású szabályozó segítségével az úgynevezett hárompont-szabályozás is megvalósítható. A kapcsolási sávot azonosra, az alapértékeket viszont különbözőre állítva többfokozatúvá válik a nyomás-, illetve hőmérsékletszabályozás. A beállítások megválasztásánál ügyelni kell arra, hogy ez ne jelentsen a megengedhetőnél nagyobb kapcsolátszámot.

Létezik úgynevezett neutrális zónával rendelkező termosztátok és presszosztátok is, melyeknek érintkezőrendszere három állapotot tud beállítani. Ez lehetőséget ad egy léptetőmotor működtetésére, ami alkalmas párhuzamosan üzemelő kompresszorok vagy ventilátorok működésének lépcsőzetes szabályozására.

Egyes termosztátok és presszosztátok nemcsak szabályozási, hanem védelmi funkciókat is képesek ellátni, ezekre látunk majd példát a védelmi berendezésekkel foglalkozó részben.

A kétállású szabályozók közé tartoznak az állásos szintszabályozók is, melyeknél egy úszó a folyadékszinttel együtt mozdulva működtet egy kapcsolórendszert. Hárompont-szabályozáshoz is lehet őket használni, és vész-szintkapcsolóként védelmi funkció betöltésére is alkalmazhatók.

Folytonos szabályozók

Jól alkalmazhatók olyan berendezéseknél, ahol a szabályozott jellemző nagyobb ingadozása kerülendő. Több típusukat különböztetjük meg; osztályozásuk alapja a beavatkozás idő szerinti változása.

Folytonos szabályozók csoportosítása

Arányos (vagy más néven proporcionális) szabályozásról beszélünk, amikor a beavatkozó jellemző a szabályozási eltéréssel arányos. A szabályozót P-szabályozónak nevezzük, jellemzője a gyors reagálás a szabályozási eltérésre. Széleskörűen alkalmazzák a hűtőtechnikában.

Ha a beavatkozási jellemző a szabályozási eltérés időbeli összegzésével arányos, akkor integráló szabályozásról, I-szabályozóról van szó. Önmagukban ritkán használatosak.

Ha a szabályozott jellemző gyors változása azonnali beavatkozást igényel, úgynevezett elébevágó szabályozás alkalmazható. Ilyenkor a beavatkozó jellemző a szabályozott jellemző változásának idő szerinti differenciálhányadosa. A D-szabályozónak nevezett berendezést P- és I-szabályozókkal együtt szokták használni, de a hűtőtechnikában a nagy felfutási idők miatt úgy is ritkán.

A P- és I-szabályozás kombinálható egymással, az így működő PI-szabályozók nagy pontossággal és biztonsággal bírnak.

A szabályozás legjobb minőségét a PID-szabályozók adják, melyek egyesítik magukban az arányos, az integráló és a differenciáló szabályozás előnyeit.

Nyomásszabályozók

Széleskörűen használt szabályozók, melyeknél a beavatkozást egy szelep végzi, a működtetéséhez szükséges energiát pedig az érzékelő biztosítja.

Elpárolgási nyomásszabályozó

Arányos szabályozó, melynek feladata azt biztosítani, hogy az elpárolgási hőmérséklet meghatározott értéknél kisebbre ne csökkenjen. Ezáltal védi a hűtött árukat a kiszáradástól, a léghűtők elpárologtatóját a deresedéstől, a folyadék-hűtőket a lefagyástól. Az elpárologtató után a szívóvezetékbe építik be, és az előtte uralkodó nyomást méri. Ha az érzékelt nyomás csökken, szűkíti az átömlő keresztmetszetet, ezáltal csökkentve az elpárologtatón áthaladó hűtőközegáramot. Maradó szabályozási eltéréssel, jó stabilitással működtethető. Kiválasztásánál a hűtőközeg fajtája és a névleges üzemi jellemzők mellett figyelembe kell venni az arányossági tartomány és maximális terhelés melletti nyomásesés tervezett és megengedhető értékeit is.

Szívónyomás-szabályozó (indításszabályozó)

Szintén P-szabályozó, feladata az, hogy a kompresszor indításakor a szívónyomás a meghatározott felső értéket ne haladja meg, mert az a kompresszor és a hajtásának túlterhelését okozhatja. A kompresszor szívóvezetékébe építik be, és a szelep után uralkodó nyomást méri. Ha az érzékelt nyomás nagyobb a megengedettnél, szűkíti az átömlő keresztmetszetet, és ezzel az utána való nyomás csökken. Elárasztott rendszereknél jól alkalmazható, kiválasztásánál az elpárolgási nyomásszabályozónál felsorolt szempontok az irányadók.

Teljesítményszabályozó

Kis teljesítmények tartományában alkalmazható P-szabályozó, mely a kompresszor szívóoldali nyomását bypass szabályozással lefelé korlátozza, tehát nem engedi egy adott értéknél kisebbre csökkenni. Ritkán használt berendezés.

Nyomásszabályozó léghűtésű kondenzátorokhoz

Kiseb léghűtésű kondenzátoroknál használt arányos szabályozó, amit a kondenzátor után építenek be a folyadékvezetékbe. A kondenzátornyomás túl alacsony értékre való csökkenését akadályozza meg hűtőközeg-torlasztással. Működésével párhuzamosan a folyadékgyűjtő tartály nyomását is korlátozni kell alulról, ezt kettős funkciót ellátó berendezéssel vagy egy külön nyomásszabályozóval lehet megoldani.

Nyomásszabályozó vízhűtésű kondenzátorokhoz

A vízautomata néven ismert szabályozó a kisebb vízhűtésű kondenzátorok P-szabályozója. Feladata az, hogy a kondenzátorból előremenő (fűtő) víz hőmérsékletét szabályozza, ezzel egy időben nem szabályozza a kondenzátornyomást, hanem meghatározott értéken való tartását biztosítja, tehát vezérli. A fűtővíz körébe építik be és a szelepen keresztülráamló víz tömegáramát szabályozza. Az érzékelője vagy a távozó víz hőmérsékletet érzékeli, akkor úgynevezett vízhőmérséklet-szabályozónak nevezzük, vagy a kondenzátorban uralkodó gőznyomást érzékeli, ebben az esetben nyomásszabályozónak hívjuk. A vízautomata mellett, hogy a kondenzátornyomást szabályozza, a vízpazarlást is akadályozza, hiszen a kompresszor leállása után a hűtővizet lezárja. Ha pedig egy villamos kontaktuspárt csatlakoztatunk hozzá, akkor túlnyomásvédelmi funkciót is ellát. Kiválasztásánál oda kell figyelni a túlméretezés elkerülésére, tekintetbe kell venni a hűtőközeg fajtájának megfelelő nyomás alapértéket, valamint a maximális vízfogyasztás mellett megengedhető nyomásesést.

Hőmérséklet-szabályozók

Ezek a szabályozók szintén segédenergia nélkül működnek, a hűtő- vagy a hűtött közeg tömegáramát szabályozzák a megfelelő hőmérséklettartomány biztosításához a hűtőrendszerben.

Hűtőteltjesítmény-szabályozó

P-szabályozó, melynek érzékelője egy rugóterhelésű csőmembrán, beavatkozó szerve pedig egy szelep. A szelep nyitása az áthaladó hűtőközegáramot növeli, zárása csökkenti azt. Hűtött folyadék vagy légtér hőmérsékletének szabályozására használják.

Vízhőmérséklet-szabályozó

Ez a berendezés tulajdonképpen egy vízautomata, mely azonban nem a kondenzátornyomást, hanem a hűtővíz-hőmérsékletet szabályozza, szabályozott jellemzője a kilépő vízhőmérséklet. Hőszivattyúknál is alkalmazható, ott az előremenő melegvíz hőmérsékletét tudja szabályozni. Kiválasztásánál fontos jellemző a nyitási alapérték és a maximális vízfogyasztás mellett megengedhető nyomásesés.

Elpárologtatók termosztatikus adagolószelep

Száraz rendszerű elpárologtatókban alkalmazott P-szabályozók. A túlhevítés mértékének szabályozásával biztosítják, hogy az elpárologtató felület megfelelően elárasztott, a hűtőközeg-adagolás pedig folytonos legyen.

Hűtőközeg befecskendező szelep

Feladata benne van a nevében: a hűtőközeg hőmérsékletét a hűtőközeggőz-áramba történő befecskendezéssel szabályozza. Kétfokozatú kompresszoroknál a hűtőközeg, csavarkompresszoroknál a rotor hűtésére használják.

Folytonos szintszabályozó

Elárasztott rendszerű elpárologtatók arányos szabályozója, mely a megfelelő hűtőközeg-ellátásért felel. Érzékelője egy úszó, mely egy szelep mozgásával végzi a feladatát.

3.6.1.4 Segédenergiával működő szabályozók

Ezek a szabályozók a beavatkozási folyamatban külső energiát, például villamos energiát, vagy a hűtőközeg, olaj energiáját veszik igénybe. Úgy működnek, hogy egy segédenergia nélküli vagy elektronikus szabályozó beavatkozásával vezérli a segédenergia-áramot, amivel egy végrehajtó motor (más néven szervomotor) működteti a beavatkozó szervet. A szabályozót és a szervomotort gyakran egybeépítik, de nagyobb teljesítmények esetén jobban alkalmazható a főszelep és a hozzákapható segédenergia-kapcsolók, az úgynevezett pilotok által alkotott rendszer. A hűtőrendszerek beavatkozó szervei általában nagyobb szelepek, melyek a gáz- vagy folyadékáram szabályozására alkalmasak, ritkábban tolattyúk vagy egyéb szerkezetek.

Főszelep

Szervomotorral működtetett, segédenergiaként a hűtőközegáramot felhasználó szelep, melynek alkalmazása egy pilot beépítését is igényli. A pilotszelep szabályozási jellege határozza meg a szabályozóberendezés szabályozási viselkedését, működését a főszeleppel megfelelően össze kell hangolni. A főszelephez gyakran több, különböző feladatot ellátó pilotot is lehet csatlakoztatni. Ez a rendszer széles körben, minden hűtőközeghez alkalmazható. Kiválasztásához ismerni kell a várható tömegáramot, a szelep megengedhető maximális üzemi nyomásesését, mert a túlméretezés lengéseket okoz és veszélyezteti a szabályozás stabilitását.

Villamos működtetésű szelep

Villamos működtetésű szabályozók a mágnesszelepek, amiknek működésével az elzárószelepek tárgyalásánál már foglalkoztunk. Ezek általában kétállású szabályozók, számtalan típussal rendelkeznek a hűtéstechnikai igények kiszolgálására. A mágneses működtetésű folytonos szabályozószelepek és a motorszelepek tartoznak még ide.

3.6.2 Védelmi berendezések

Minden berendezés meghatározott működési tartományra készül. A hűtőberendezésekben kialakuló hűtőközegoldali üzemállapotot a külső feltételek határozzák meg. Azon esetekben, amikor a berendezésben kialakuló üzemállapot túllépi az alkalmazhatóság határait, a részegységek – és ezzel a berendezés – meghibásodása következik be. Ennek elkerülésére megfelelő védelmi rendszert, illetve biztonsági szerelvényeket kell beépíteni. Ezek a szerelvények olyan kétállású szabályozók, melyekkel a veszélyes értéket elérő jellemző további káros változása megakadályozható. A védelmi berendezésekkel kapcsolatos előírásokat az EN 378 számú szabvány fogalmazza meg, amely a hűtő- és hőszivattyú berendezések létesítésének, telepítésének, üzemeltetésének biztonsági követelményeit tartalmazza. Az alapvető biztonsági szerelvények tudnivalóit a következőkben foglaljuk össze:

Túlnyomás elleni védelem (biztonsági túlnyomáskapcsoló)

A berendezés nagy nyomású oldalán valamely rendellenesség (például a kondenzátoron keresztül áramló (fűtendő) víz kimaradása) miatt bekövetkező, meg nem engedhető mértékű nyomásemelkedést akadályozni kell. A szükséges védelmet az úgynevezett biztonsági túlnyomáskapcsoló presszosztát látja el, amely szabályozóként működik és a kompresszor utáni nyomást érzékeli. Amikor az érzékelt nyomás eléri az alapjelként beállított, megengedhető maximális értéket, a szabályozó érintkezőpár nyit: megszakítja a hajtás (motor) vezérlő áramkörét, leállítja a berendezést. A nyomás ezt követő lecsökkenésekor rendszerint reteszelés akadályozza meg az érintkezőpár záródását. Így a berendezés – a nyomásnövekedést kiváltó ok megszüntetése után – csak kézi beavatkozással lehet újraindítani.

Alacsony nyomás elleni védelem (szívóoldali nyomáskapcsoló presszosztát)

A kompresszor üzembiztos működése, típusonként más-más műszaki ok miatt meghatározza a szívóoldali nyomás megengedett minimális értékét. Egyes esetekben a berendezés meghibásodás elleni védelme érdekében (például fagyveszély) határolni kell a szívóoldali nyomást. A tervezettnél kisebb szívóoldali nyomás kialakulásának oka a hőforrás oldalon a hőt leadó közeg hőmérsékletének, illetve tömegáramának lecsökkenése, az elpárologtató elpiszkolódása, stb. lehet. A szükséges védelmet az úgynevezett szívóoldali nyomáskapcsoló presszosztát látja el, amely leállítja a berendezést, ha a nyomás eléri a megengedett minimális értéket. A szívónyomás emelkedésekor a kapcsoló újra indítja a berendezést.

Differenciál-nyomáskapcsoló

A szivattyús olajozású kompresszorok biztonságos üzeméhez meghatározott nagyságú olajnyomás szükséges, amely lehetővé teszi az egyes kenési helyek megfelelő olajozását. A kompresszor forgattyúházában kialakuló, úgynevezett karternyomáshoz képest az olajszivattyú utáni olaj meghatározott túlnyomású kell hogy legyen, alacsonyabb olajtúlnyomás esetén a kompresszor a meghibásodás veszélye nélkül nem üzemelhet. A szükséges védelmet az úgynevezett differenciál-presszosztát, más néven a nyomáskülönbség-kapcsoló adja, ami a szivattyú utáni olaj- és a karternyomások különbségét méri. Ha ez a beállított alapértéknél kisebb, a szabályozó elektromos érintkező párt nyit, amely a kompresszort leállítja. A kompresszor indításakor a differenciál-presszosztát működése 60 – 80 másodperccel késleltetett.

Kompresszió vég hőmérséklet emelkedése elleni védelem

A tervezettnél kisebb szívóoldali nyomás, illetve nagyobb túlhevítési hőmérséklet, valamint a tervezettnél nagyobb nyomóoldali nyomás a kompresszió vég hőmérséklet emelkedését okozzák. A megengedettnél magasabb hőmérséklet a kompresszor hűtésének elégtelenségét, károsodását okozza. Amennyiben a kompresszió vég hőmérséklete eléri a megengedett maximális értéket, a kompresszort le kell állítani. Ezt a feladatot egy

4 Üzembe helyezés lépései (Szerk.: Vasáros Zoltán)

A helyszínen telepített és készre szerelt berendezések első üzembe helyezésekor vagy a berendezés javítását követő újra üzembe helyezésekor a hűtőközeg betöltése előtt a következő munkafolyamatokat kell elvégezni (az MSZ EN 378-2 sz. szabvány 9. szakasza foglalkozik ezzel részletesen):

- hidegüzemi próbák
- nyomáspróba,
- gáztömörség-vizsgálat,
- idegengáz eltávolítás, vákuumolás.

Ezek szakszerű elvégzése után következhet a

- feltöltés hűtőközeggel,
- hűtőközeg szivárgás ellenőrzése,
- próbaüzem,
- biztonsági és szabályozókészülékek beállítása és működésük ellenőrzése,
- a teljes berendezés vizsgálata, vizsgálat dokumentálása.

Ezeket a lépéseket minden új gépnél, vagy olyan szerelés-javítás után el kell végezni, amikor a hűtőközeget ki kellett venni a rendszerből, vagy annak egy részéből.

Nézzük végig most a folyamat lépéseit!

4.1 Hidegüzemi próbák

A hidegüzemi próbák célja a villamos rendszer megfelelő működésének ellenőrzése. Előzetesen kalibrált műszerekkel el kell végezni az érintésvédelmi vizsgálatot, meg kell mérni a villamos vezetékhálózat ellenállását és ellenőrizni kell az egyenlő potenciálra hozás hálózatának megfelelőségét és mindezeket dokumentálni is kell. Ezután következhetnek a következő próbák:

- forgó gépek működésének, forgásirányának ellenőrzése
- szabályozó, működtető és védelmi berendezések működésének ellenőrzése
- villamos ellenállásfűtések működésének ellenőrzése
- világítási hálózat ellenőrzése
- egyéb biztonsági berendezések ellenőrzése.

4.2 Nyomáspróba

Az MSZ EN 378 sz. szabvány előírása szerint a nyomáspróba elvégzésének két célja van: a hűtőközeg betöltése előtt meg kell győződni egyrészt a hűtőrendszer szilárdságáról, másrészt a tömörségi követelményeknek való megfelelésről. A szilárdság azt jelenti, hogy a hűtőközeg betöltése utáni maximális nyomás semmilyen üzemi vagy környezeti körülmény fennállása esetén sem okozhat károsodást a hűtőberendezés szerkezeti elemeiben. A tömörség ellenőrzése arról biztosít, hogy nagyobb mértékű gázszivárgás nem jöhet létre a hűtőközeg betöltése után. A szabvány rendelkezik a próbanyomások értékének meghatározásáról is, bevezetve a legnagyobb megengedett nyomás fogalmát. Nagyságát a tervezőnek kell megállapítania, annak figyelembevételével, hogy az adott hűtőközeg legkisebb tervezési hőmérséklethez tartozó telítési nyomás értékénél nem lehet kisebb. Az ehhez viszonyított egyéb nyomásértékekre vonatkozó összefüggések a következők:

- A tömörségi próbanyomás nem lehet nagyobb a legnagyobb megengedett nyomásnál. Értékét célszerű e kitétel figyelembevételével a lehető legnagyobbra választani. Ugyanakkor fontos tudni, hogy a szabvány gyárilag készre szerelt hűtőberendezésekre bizonyos esetekben kisebb próbanyomást is megenged, hogy a későbbi javítás után az eredetinel nagyobb próbanyomás hatására történő deformálódást megelőzze.
- A szilárdsági próbanyomás értékét a tervezési nyomáshoz képest 10%-os túlnyomással kell megállapítani.
- A biztonsági nyomáskapcsolót a legnagyobb megengedett nyomás értékénél nem nagyobbra, ha lefűvató készülék is van, akkor annak 90%-ánál nem kisebbre kell állítani.

- A lefűvató készülék beállításához a legnagyobb megengedett nyomás értéke használandó.

A hazai mértékadó nyári környezeti hőmérséklet (32 °C) mellett a hűtőberendezésekben létrejövő legnagyobb (méretezési) hőmérsékletek a szabvány szerint:

A berendezés részegysége	Méretezési hőmérséklet (°C)
Nagynyomású oldal, légűtésű kondenzátor	55
Nagynyomású oldal, evaporatív vagy vízűtésű kondenzátor	43
Kisnyomású oldal	32

4.2.1 A nyomáspróba elvégzése

A nyomáspróbát száraz nitrogénnel, mint próbaközeggel kell elvégezni. (Ammónia hűtőközeg esetében a levegő is szolgálhat próbaközegként, ha utána megfelelően eltávolítjuk a rendszerből.) A nitrogént palackból kiengedni csak nyomáscsökkentőn keresztül szabad. A hűtőberendezés nyomással nem terhelhető részeit a nyomáspróba előtt ki kell iktatni, csatlakozásaikat lezárni, a berendezés összes elzáró szerelvényét pedig nyitni kell. A próbanyomás értékét nem egy lépésben, hanem először 50%-ig, majd tovább lépcsőzetesen kell beállítani, hogy a hirtelen nyomásnövekedés szerkezeti károkat ne okozhasson. A próbakörbe a nyomástűlépés megakadályozására biztonsági szelepet kell beépíteni. Ha a próbanyomás eléri a teljes értéket, a rendszert 3-5 percig nyomás alatt kell tartani, majd csökkenteni kell a nyomást a tervezési nyomás értékére. A nyomáspróba során figyelni kell a forrasztásokat, hegesztéseket, valamint azt is, hogy a nyomás növelése nem okoz-e a csövekben rezgést, kilengést. A nyomáspróba akkor sikeres, ha a nyomásfokozás megfelelő ütemű, rendellenességek, törések, repedések nem jelentkeznek, javításra nincs szükség.

4.2.2 A nyomáspróba kiértékelése

- Ha a kezdő és véghőmérséklet azonos, azaz $T_2 = T_1$, és ha a műszereket és leolvasásukat hibátlanul tartjuk, akkor a nyomás csökkenése ($p_2 < p_1$) tömörtelenségre utal.
- A nyomás állandósága viszont azt jelenti, hogy a berendezés tömörnek tekinthető.

Nagy rendszereknél a 24 órás nyomáson tartással a környezet és a rendszer belső hőmérséklet a vizsgálat végére megváltozott, a berendezés akkor tekinthető tömörnek, ha a kísérlet végén mért p_2 nyomás az alábbi képlet szerint kiszámított nyomással megegyezik:

$$p_2 = \frac{p_1 \times T_2}{T_1} \quad [\text{bar}]$$

ahol: p_1 a próbanyomás kezdeti értéke (bar),

p_2 a próbanyomás végén mért érték (bar)

T_1 a nyomáspróba kezdeti környezeti hőmérséklete (K)

T_2 a nyomáspróba befejezésekor a környezeti hőmérséklet (K)

A számításhoz a p értékeket abszolút nyomásban ($p_{\text{abs.}} = \text{mért túlnyomás} + 1 \text{ bar}$),

a hőmérsékletértékeket abszolút hőmérsékletben ($T = \text{mért } ^\circ\text{C érték} + 273$) kell behelyettesíteni

4.3 Gáztömörség-vizsgálat

A tömörségi vizsgálat célja a berendezés tömörségének igazolása, a vele szinonimaként használt (bár célját tekintve nem teljesen azonos) szivárgásvizsgálaté pedig az esetleges szivárgási helyek megtalálása, valamint a szivárgás mértékének megállapítása. Kisebb vagy jól szakaszolható berendezéseknél ennek szokásos módja a tömörségi nyomáspróba, aminek során (célszerűen a nyomáspróba után) a nitrogénnel feltöltött berendezés minden olyan részét, ahol szivárgás feltételezhető (forrasztások, csatlakozási helyek) valamilyen buborékképző anyaggal bekenik. Ez lehet szappanoldat, de gyártanak kifejezetten erre a célra készülő habképző anyagokat is. Ha az érintett helyeken nem keletkezik buborék, a berendezés gáztömörnek tekinthető. Nem szabad megfedkezni a habképző anyag eltávolításáról, mert az nehezíti a későbbi vizsgálatokat.

4.4 Idegengáz eltávolítás, vákuumolás

Ez a munkafázis előzi meg a hűtőközeg betöltését, célja, hogy a próbaközegeként használt nitrogént, a levegő alkotórészeit, az egyéb gázokat és a maradék nedvességtartalmat eltávolítsuk. A vákuumolás által a rendszert gáztalanítjuk, szárítjuk, valamint újra ellenőrizzük a gáztömörtségét is. Szénhidrogén, halogénezett szénhidrogén hűtőközegek esetén az az előírás, hogy az idegengázok résznyomása tartósan 2,7 mbar alatt legyen a berendezés bármely részében. A nyomás csökkentésével a víz forráspontja is csökken, ezen a nyomásértéken pedig a már környezeti hőmérsékleten forrni kezd. A keletkező vízgőzt vákuumszivattyúval el lehet távolítani a rendszerből.

A vákuumolás időtartama a vákuumszivattyú teljesítményétől és a környezeti hőmérséklettől függ. Érdemes tehát minél melegebb környezetben elvégezni, odafigyelve arra, hogy a nyomás mindig kisebb legyen a berendezés leghidegebb részének hőmérsékletéhez tartozó vízgőznyomásnál. Vannak olyan nagyobb berendezések, melyeknek egy része a szabadban van. Ezeknél szakaszolva végezzük a vákuumolást, a külső, alacsony hőmérsékleten levő részeket melegítve. Gyorsítani lehet az eljárást azzal is, ha úgynevezett közbenső öblítést végzünk. Ilyenkor a vákuumolást megszakítva száraz nitrogénnel átöblítjük a rendszert, ezzel az idegengázok és a vízgőz koncentrációját csökkentjük, majd újra vákuumolunk. Korábban ezt az öblítést magával a hűtőközeggel végezték, de ez ma már környezetvédelmi szempontok miatt szigorúan tilos. A nitrogénes öblítés, amellet, hogy nem környezetkárosító, hatékonyabb is, mert a nitrogén vízfelvevő képessége jóval nagyobb, mint a hűtőközegeké.

A vákuumolás elvégzéséhez a vákuumszivattyúnak nemcsak nagy szállító-teljesítményűnek, hanem megfelelő végvákuumnak kell lennie. Kisebb hűtőberendezéseknél a szállító-teljesítmény 2 – 3 m³/h, a végvákuum 0,05 mbar alatti kell, hogy legyen. A nagyobb berendezéseknél ezek az értékek a következőképpen alakulnak: 5 – 6 m³/h szállító-teljesítmény, 0,05 mbar végvákuum, míg a legnagyobb hűtőberendezések esetén a szállítóteljesítmény 10 m³/h fölé is nőhet. Ha a csőhálózat nagyon kiterjedt, célszerű egyszerre több vákuumszivattyút alkalmazni és több csatlakozásnál végezni a vákuumolást. A hatékony vákuumoláshoz általában kétfokozatú forgólapátos rendszerű vákuumszivattyút alkalmaznak, ami nagy szívókapacitással, mély a végvákuuma, jól viseli a vízgőzterhelést és csaknem rezgésmentes üzemű. Gyakran ellátják egy gázballaszt-szeleppel nevezett készülékkel, ami megakadályozza a gőz kondenzálódását és az olajba kerülését. A vákuumszivattyú műszaki állapotát és a betöltött olaj minőségét időszakosan ellenőrizni kell a megfelelő vákuumolás érdekében. A vákuumszivattyú végvákuumának ellenőrzésére megfelelő pontosságú finomvákuummérő, valamint a helyszínen használható elektronikus vákuummérő alkalmazása szükséges.

4.4.1 A vákuumolás végrehajtása

Ahhoz, hogy a műveletet elkezdjük, a rendszernek gáztömörnek kell lennie. Ellenkező esetben a vákuumolás jelzi a tömörtelenséget, de a szivárgás helyét nem, így nyomáspróbát kell végezni és megismételni a vákuumolást. A kezdéshez a vákuumszivattyút szivóoldalára a finomvákuummérőt csatlakoztatjuk. A vákuumszivattyúnak üzemmelegnek kell lennie, ehhez zárt szivószeleppel járatni kell. A mérőműszer ráállítható mutatóját a végvákuum értékre állítjuk. A berendezés vákuumolásakor ugyanezt az értéket kell elérni. Ez azonban nem jelenti azt, hogy a berendezés belső részeiben is elértük az előírt résznyomást. Kisebb berendezéseknél, ha csak szivóoldalon vákuumolunk, akkor kétszer 30 perc vákuumolás és egy közbenső nitrogénes átöblítés szükséges, kétoldali vákuumolásnál pedig negyedórás vákuumolások is elegendők egyszeri öblítéssel. Nagyobb berendezéseknél mindenképpen kétoldali vákuumolás szükséges. A szabvány által meghatározott 2,7 mbar alatti értéket 30 percig meg kell tartani, majd egy közbenső öblítés után újra vákuumolni, és azt legalább hat óráig megtartani. A vákuumszivattyút leállítása után 6 órával érdemes megkezdni a nyomásértékek feljegyzését.

4.4.2 Kiértékelés

A rendszerben uralkodó nyomás és a környezeti hőmérséklet megfigyelése értékes információkat szolgáltat a rendszerről. Ha a próba ideje alatt a nyomás emelkedik, az két hibát jelezhet: a berendezés nem gáztömör vagy nedvesség maradt a rendszerben. Amennyiben a nyomásemelkedés folyamatos, az tömörségi hibát jelent. Ha a vákuum értéke egy ideig romlik, és aztán állandósul, az nagyobb mennyiségű víz jelenlétére utal. Ez csak vákuumolással nem vagy nagyon nehezen távolítható el, ezért nitrogénes átöblítés és újra vákuumolás elvégzése szükséges. Ha a vákuumolás sikeres, azt a berendezés hűtőközeggel meg lehet szüntetni, annak betöltésével (beszivatásával).

4.4.3 Vákuumolás ammóniával működő hűtőberendezéseknél

Ezeknél a rendszereknél nem elsősorban a víz, hanem a rendszerben maradt levegő okozhat problémát, ezért annak kiűzése az elsődleges cél. Üzemelés közben mind a nedvesség, mind a levegő eltávolítható, az előbbi egy olajzsilipelő-víztelenítő edény segítségével, az utóbbi pedig légtelenítéssel. Ezért a vákuumolás jelentősége az első üzembe helyezés alkalmával nagy. Végrehajtása és értékelése az előzőekben vázoltakkal azonos, hozzátevé, hogy nitrogénes öblítést csak ritkán, nagy maradék víztartalom esetén kell végrehajtani. Akkor sikeres a vákuumolás, ha folyadék állapotú víz már nincs a rendszerben.

4.5 Hűtőközegetöltés

A hűtőközeg betöltése a következő lépés. Ennél a munkafázisnál érdemes megkülönböztetnünk a folyamatot a hűtőközeg minősége szerint. Zeotróp közegek esetén csakis folyadék állapotú hűtőközeget lehet a rendszerbe tölteni, nemcsak az első üzembe helyezésnél, hanem a későbbi utántöltések során is.

Egyanyagú közegeknél és azeotróp blendeknél kisteljesítményű berendezések esetén a hűtőközeg- mennyiség nagyobb része a töltőpalack túlnyomásának és a berendezés vákuumértékének kiegyenlítődése révén kerül a rendszerbe, majd a kompresszorral történik a hűtőközegegőz beszívása. Amennyiben nincs folyadékoldali csatlakozás, a szívó sarokszelep szervizcsonkjánál kell a hűtőközeget betölteni, kis adagokban. Ügyelni kell arra, hogy a kompresszorba ne kerüljön folyadék állapotú hűtőközeg.

Nagyobb rendszereknél folyadékbetöltéssel kezdődik a munkafolyamat, aminek célja a nyomás növelése a környezeti nyomásnál nagyobbra. A betöltött folyadék elgőzölög, miközben hűti a rendszert. A töltést félbe kell szakítani és megvárni, míg visszaáll a környezetihez hasonló hőmérséklet. Ezután a kompresszort és az olajleválasztót ki kell zárni a rendszerből és folytatni a hűtőközeg-betöltést. Az utolsó, a teljes töltetre kiegészítő mennyiség betöltése történik hűtőközegegőz beszívásával.

A hűtőközegetöltés kivitelezésekor különös gondot kell fordítani az ideiglenes csökötések kialakítására a hűtőközegecsatlakozás megelőzése érdekében.

4.6 Szivárgásvizsgálat

4.6.1 Jogszabályi előírások

Az 517/2014/EU rendeletének 4. cikke foglalkozik a jogszabályi előírások ismertetésével a szivárgásvizsgálatokra vonatkozóan. Az alábbiakban röviden ismertetjük a rendeletben foglaltakat:

A rendelet (1) bekezdése kimondja, hogy a legalább 5 tonna CO₂-egyenértéknek megfelelő mennyiségű, nem hab formájában tárolt fluortartalmú üvegházhatású gázokat tartalmazó berendezések üzemeltetőinek gondoskodniuk kell a berendezések szivárgásvizsgálatáról.

A kevesebb, mint 10 tonna CO₂-egyenértéknek megfelelő fluortartalmú üvegházhatású gázokat tartalmazó hermetikusan zárt berendezések nem tartoznak az e cikk szerinti szivárgásvizsgálat hatálya alá, amennyiben e berendezések hermetikusan lezárt voltát címke igazolja.

A rendelet (3) bekezdése rögzíti, hogy a (1) bekezdés szerinti vizsgálatokat az alábbiakban meghatározott gyakorisággal kell elvégezni:

- a) a legalább 5 tonna, de kevesebb, mint 50 tonna CO₂-egyenértéknek megfelelő mennyiségű fluortartalmú üvegházhatású gázt tartalmazó berendezéseken legalább 12 havonta, illetve amennyiben szivárgásészlelő rendszert szereltek fel, legalább 24 havonta;
- b) a legalább 50 tonna, de kevesebb, mint 500 tonna CO₂-egyenértéknek megfelelő mennyiségű fluortartalmú üvegházhatású gázt tartalmazó berendezéseken legalább hathavonta, illetve amennyiben szivárgásészlelő rendszert szereltek fel, legalább 12 havonta;
- c) a legalább 500 tonna CO₂-egyenértéknek megfelelő mennyiségű fluortartalmú üvegházhatású gázt tartalmazó berendezéseken legalább háromhavonta, illetve amennyiben szivárgásészlelő rendszert szereltek fel, legalább hathavonta.

Az 517/2014/EU rendeletének 5. cikke foglalkozik a telepített szivárgásészlelő rendszerek alkalmazásának előírásairól:

- (1) A legalább 500 tonna CO₂-egyenértéknek megfelelő mennyiségű fluortartalmú üvegházhatású gázt tartalmazó, a 4. cikk (2) bekezdésének a)–d) pontjában felsorolt berendezések üzemeltetőinek gondoskodniuk kell arról, hogy a berendezés fel legyen szerelve szivárgásészlelő rendszerrel, amely szivárgás esetén riasztja az üzemeltetőt vagy egy szervizelő vállalkozást.

(2) A legalább 500 tonna C O₂-egyenértéknek megfelelő mennyiségű fluortartalmú üvegházhatású gázt tartalmazó, a 4. cikk (2) bekezdésének f) és g) pontjában felsorolt és 2017. január 1-jétől telepített berendezések üzemeltetőinek gondoskodniuk kell arról, hogy a berendezés fel legyen szerelve szivárgásészlelő rendszerrel, amely szivárgás esetén riasztja az üzemeltetőt vagy egy szervizelő vállalkozást.

(3) Az e cikk (1) vagy (2) bekezdésének hatálya alá tartozó, a 4. cikk (2) bekezdésének a)–d) és g) pontjában felsorolt berendezések üzemeltetőinek gondoskodniuk kell arról, hogy a szivárgásészlelő rendszereket megfelelő működésük biztosítása érdekében legalább tizenkét havonta ellenőrizzék.

(4) Az e cikk (2) bekezdésének hatálya alá tartozó, a 4. cikk (2) bekezdése negyedik albekezdésének f) pontjában említett berendezések üzemeltetőinek gondoskodniuk kell arról, hogy a szivárgásészlelő rendszereket megfelelő működésük biztosítása érdekében legalább 6 évente ellenőrizzék.

4.6.2 Szivárgásvizsgálati eljárások

Az előzőekben ismertetett jogszabályi előírásoknak megfelelően az alábbiakban ismertetjük az alkalmazandó módszereket, amelyeket két nagy csoportba sorolhatjuk aszerint, hogy elvégzésükhöz be kell-e avatkozni a rendszerbe.

4.6.2.1 Beavatkozást nem igénylő szivárgás-ellenőrző módszerek

Bizonyos esetekben akár szabad szemmel is érzékelhetők a szivárgás jelei. Ha a csatlakozási helyeken olajfoltok jelennek meg, illetve a nézőüvegen buborékos áramlást látunk, az szivárgásra utal. A nyomáspróbánál ismertetett szappanhab-próba szintén jelzi, ha nem megfelelően gáztömör a berendezés. Ezek a módszerek azonban nem elég megbízhatóak, ajánlott műszeres szivárgás-vizsgálatot végezni. Ezek a műszerek úgy működnek, hogy a szivárgás feltételezett helyénél egy szondával levegőmintát vesznek és az azt egy érzékelőhöz vezetik. A műszer a levegőben jelenlévő hűtőközeget hang vagy fényjelzéssel mutatja ki.

Az ultrahangos érzékelővel működő szivárgáskereső a szivárgás helyén kiáramló gáz által keltett hangrezgéseket érzékeli és átalakítja akusztikus jellé. Egy fejhallgató segítségével a zaj, és ezáltal a szivárgás pontos helye bemérhető, és egy skála segítségével a szökési ráta is meghatározható. Hátránya, hogy a háttérzaj nehezíti a hibakeresést.

A csipogónak nevezett szivárgásvizsgáló készülék működése a koronakisülés jelenségén alapul. Az érzékelő két elektródája közé kerülő hűtőközeg vagy vízmolekulák felbomlanak, és a koronakisülés megnöveli az elektródák között mért áramot. A műszer csipogó hanggal jelzi a szivárgás helyét. Előnye, hogy az adott környezetben nullázni lehet, hátránya, hogy a vízgőz jelenlétét is jelzi.

Az úgynevezett fűtött diódás szivárgásvizsgáló eszköz vagy más néven halogéndetektor ezzel szemben a vízgőzt nem mutatja ki, csak a halogéntartalmú hűtőközeget. Az érzékelő két elektródája egy fűtött platina katód és egy anód, ami gyűjtőfelületként szolgál. A fűtött felületen a hűtőközeg molekulái elbomlanak és a keletkező halogénionok áramlása megnöveli az elektródák közötti áramot, amit a műszer hangjelzéssel jelez. Megfelelően nagy érzékenységű szivárgásvizsgáló készülék.

Egy másik szivárgásvizsgáló eszköz infravörös abszorpciós érzékelővel működik. A belsejében egy infravörös sugárzást kibocsátó energiaforrás, vele szemben egy infravörös érzékelő található, köztük pedig egy optikai szűrő. A készülékbe érkező hűtőközeg elnyeli az infravörös sugárzás egy részét, és ezáltal csökkenti az érzékelő hőmérsékletét. Minden halogénezett szénhidrogén kimutatására alkalmas, kiváló érzékenységű, hosszú élettartamú műszer, hátránya az ára.

Napjainkban leggyakrabban alkalmazott eszköz a félvezető érzékelős szivárgásellenőrző műszer. A korábbiakhoz hasonlóan ebben az esetben is a levegőben lévő gázelegy jelenléte az érzékelőben hozza létre a jelzést a berendezésben azáltal, hogy az érzékelt gáz adszorbeálódik félvezető felületén, és így annak vezetőképessége megváltozik. A folyamat visszafordul, ha gáz töménysége lecsökken. Előnyei a korábbi berendezésekhez viszonyítva, hogy magasabb az érzékenysége, hosszabb az élettartama (több ezer óra) és elszennyeződés esetén tisztítható.

A szivárgásvizsgálatnál olyan eszközre van szükség, amelynek kijelzési érzékenysége megfelel az előírtaknak, ami azt jelenti, hogy a megengedett maximum 5 [g/év] értékű szivárgás esetén jelzi a szivárgást. A rendeletben szabályozott szivárgásvizsgálatot tehát csak ellenőrzött érzékenységű műszerrel szabad végrehajtani. Az ellenőrzés egy ismert szivárgási rátájú emisszió-forrással, egy etalonnal való összehasonlítást jelent. A gyakorlatban a szivárgásvizsgáló készülékek ellenőrzését úgynevezett próbalyukkal kell elvégezni (4.6.1. ábra).

A próbalyuk egy kis tartály, amelyben hűtőközeg, vagy azzal egyenértékű hatást kiváltó egyéb anyag foglal helyet.



4.6.1. ábra. Szivárgáskereső vizsgálata próbalyukkal

4.6.2.2 Beavatkozást igénylő szivárgáskereső eljárások

Ezeknél a módszereknél egy indikátoranyagot juttatnak a készülékbe, mely a szivárgás helyét láthatóvá teszi.

Az egyik ilyen eljárás, amikor egy adalékanyagot juttatnak a hűtőrendszerbe, ami piros színnel jelzi a szivárgási helyet.

A másik módszernél fluoreszkáló adalékanyagot fecskendeznek a hűtőkörbe, ami UV lámpával megvilágítva zöldes színnel jelzi a szivárgás helyét, és ez látható is marad a javítás elvégzéséig. Hátránya, hogy nagyon világos környezetben nehezen észlelhető.

Nagy kiterjedésű rendszereknél és rosszul megvilágított helyeken jól alkalmazhatók az adalékanyagos módszerek, ám hátrányuk, hogy csak a szivárgás tényét és helyét jelzik, mértékét nem. Továbbá jó tudni, hogy a kompresszorgyártók nem ajánlják, tehát véleményük megkérdőjezése nélkül a festékanyag használata veszélyeztetheti a garanciát, ráadásul a molekulái fennakadhatnak a szárítósűrűn is, tönkretéve azt és téves eredményt adva a szivárgásvizsgálatnál.

A szivárgásvizsgálat módszerének kiválasztása tehát alapos megfontolást igényel, melynél figyelembe kell venni a megvizsgálandó hűtőberendezés típusát, méreteit, üzemeltetési feltételeit, a hűtőközeg fajtáját és tulajdonságait, valamint a vizsgálat helyszínét is.

4.7 Próbaüzem

Az üzembe helyezés megkezdéséhez szükséges dokumentáció (a hűtőberendezés gépészeti és villamosági tervei, kezelési utasítása, üzemeltetési és próbaüzemi leírás, szabályozó és védelmi, valamint a villamos berendezések adatai, egészség-, munka-, környezet- és vagyónvédelmi, tűzrendészeti előírások) megléte esetén megkezdhető a próbaüzem. Feladata kettős: részben a hűtő- és a hűtött rendszer üzemi hőmérsékletének beállítása, a lehűtés sebességének korlátozásával, illetve szabályozásával, részben pedig annak ellenőrzése, hogy a berendezés üzemi körülmények között megfelelően működik-e. Ez a két szakasz, a lehűtés és a terhelés szakasza lehetőséget ad az automatika elemek beszabályozására is. A próbaüzem időtartama a hűtési rendszer méretétől és összetettségétől függően egy naptól akár egy hónapig is terjedhet. A teljes időtartam alatt üzemeltetési naplót kell vezetni, ami a mért és ellenőrzött adatokat, az észlelt rendellenességeket, azok felderített okát és a javítás módját is tartalmazza.

4.8 Beszabályozás

Ez a munkafázis, melyet a próbaüzem alatt végzünk, magába foglalja az automatikai elemek beállítását, működésük ellenőrzését, a hűtési rendszer elemeinek összehangolását. A legegyszerűbb berendezéseknél be kell állítani a kompresszor kis- és nagynyomású védelmi kapcsolóját, vezérlő presszosztátját, a léghűtésű kondenzátor működtető presszosztátjait, és be kell szabályozni a termosztatikus expanziós szelepet.

Folyadékűtőnél a fagyvédő presszosztát és az áramlásőr működése is ellenőrizendő. Bonyolultabb rendszerek esetén a szabályozási és a védelmi funkciókat ellátó szabályozók kapcsolási nyomásértékeit is ellenőrizni kell. A leolvasztó rendszer működésének ellenőrzése nem egyszerű, de nem elhanyagolható feladat. (Kisebb rendszereknél arra is oda kell figyelni, hogy a tárolt áru ne szenvedjen kárt.) Csavarkompresszoros rendszereknél a folyadékleválasztó vésszintkapcsolóját, a közbenső edény folyadékszint-szabályozóját, az olajhűtő, a légtelenítő és az olajleeresztő-vízletlenítő rendszereket is ellenőrizni kell, valamint be kell állítani a nyomásszabályozókat.

4.9 Dokumentálás

Az üzembe helyezés teljes folyamatáról jegyzőkönyvet vagy üzemnaplót kell készíteni. Az üzembe helyezést sikeresnek tekinthetjük, ha a berendezés megfelel

- a tisztasági feltételeknek,
- a szilárdsági és tömörségi követelményeknek,
- a vákuumozás előírásainak,
- a szivárgásvizsgálat követelményeinek,

valamint sikeres volt a próbaüzem, azaz fődarab cseréjére nem volt szükség, 3 napnál rövidebb próbaüzem esetén nem volt olyan hiba, ami 6-8 óra alatt ne lett volna javítható. Hosszabb próbaidő alatt a hibát 72 óra alatt kell javítani a próbaüzem sikeréhez.

5 Üzemeltetés, karbantartás, javítás, hulladékkezelés (Szerk.: Vasáros Zoltán)

A hűtőberendezéseket nemcsak üzembe helyezni, folyamatosan üzemeltetni is kell. Ebből a szempontból megkülönböztetjük az állandó felügyeletet igénylő, az időszakos ellenőrzést igénylő és a felügyelet nélküli automatikus rendszereket. Röviden foglalkoztunk már a témával az első, összefoglaló fejezetben. A biztonságos működés érdekében azonban minden rendszernél szükség van bizonyos ellenőrzésekre. Az ellenőrzési, karbantartási feladatok gyakoriságát időtartam vagy üzemóra alapján szokták megadni. Például egy dugattyús kompresszor ellenőrzési és karbantartási terve előírhatja 1000 üzemóra után az olaj szűrését és vizsgálatát, az olajszűrő cseréjét, az olajhűtő, a szívóoldali szűrő és a tengelykapcsoló ellenőrzését, továbbá a hűtőközeg szivárgásának vizsgálatát. Egy evaporatív kondenzátor tartós leállása esetén el kell végezni a szennyeződések eltávolítását, a szűrő tisztítását, centrifugális ventilátoroknál a tengelycsapágyak kenését és ellenőrizni kell a víztálca fűtését. A számtalan berendezés és készülék jól tervezett és pontosan betartott ellenőrzési és karbantartási programmal üzemeltethető gazdaságosan, hatékonyan és a környezetvédelmi szempontoknak is megfelelően.

Kiemelt fontosságú karbantartási feladat az F-gáz rendelet által előírt gyakoriságú szivárgásvizsgálat. Az üzemeltetés során hűtőközeg-szivárgást okozhatnak a rezgések, a hőmérséklet- és nyomás változásaiból fakadó tágulások, zsugorodások, a berendezések kopása, a karbantartás és a javítás műveletei. A szivárgásvizsgálat módszereivel az előző fejezetben részletesen foglalkoztunk, itt már nem térünk ki azokra.

5.1 Hűtőközeg-lefejtés

A meghibásodások javítása számtalan esetben a hűtőközeg lefejtését igényli. Ugyanakkor régebben gyártott berendezéseknél az is előfordulhat, hogy a további gazdaságos üzemeltetéshez a hűtőközeget cseréjére van szükség. Ammóniás berendezéseknél ez igen ritka. A szénhidrogén alapú hűtőközegeknél jóval gyakoribb, ezeknél zárt technológia az előírás a hűtőközeg lefejtésére a környezet védelme érdekében. Ehhez hűtőközeg-lefejtő készülék szükséges, melynek kompresszora (általában egy dugattyús szárazkompresszor) nyomáskülönbséget hoz létre a hűtőrendszer és a lefejtésre szolgáló palack között. A palackot legfeljebb belső térfogatának 75%-áig szabad tölteni. A lefejtőrendszerből a maradék hűtőközegegőzt is a palackba kell áramoltatni, önleszívátás útján. A lefejtéshez használt csatlakozók tömör zárását ellenőrizni kell. Ha a lefejtő készülék csatlakozását lezárva a rendszerben már nem nő a gőznyomás, akkor hűtőközeg-lefejtés befejezettnek tekinthető. A hűtőközeg-lefejtő készülék megfelelő kiegészítő eszközökkel hűtőközeg tisztítására, a víz, a sav és az olajgyanta kiszűrésére is alkalmazható. Ezzel párhuzamosan a hűtőközeg nedvesség- és savtartalmát ellenőrizhetjük is egy mérőműszerrel.

5.2 Lefejtett hűtőközeg kezelése

- A lefejtett halogéntartalmú hűtőközeget a hűtési rendszerből a lehető legteljesebb mértékben el kell távolítani.
- Más hűtőközeggel keverni tilos.
- Hűtőközeg begyűjtésére csak megkülönböztető jelzéssel ellátott, hűtőközegre és töltetmennyiségre hitelesített palackot szabad használni.
- A töltetet kalibrált mérleggel ellenőrizni kell.
- A palack tárolására vonatkozó előírásokat az MSZ 6292:2009 Gázpalackok szállítása, tárolása és kezelése című szabvány tartalmazza.
- Hűtőközeg palackot hőforrástól távol, napsugárzástól védetten kell tárolni.

5.3 Hűtőközegcsere folyamata

A hűtőközegcsere folyamatában a régi, környezetkárosító hűtőközeget alternatív hűtőközegre cseréljük. Ennek okai lehetnek a következők:

- A hűtőközeg tiltó listára került, használatát a szabályozás már nem engedélyezi.
- Az adott hűtőközeg már nincs kereskedelmi forgalomban.
- Túl nagy költséget jelentene a teljes berendezés cseréje.

Ez utóbbi mérlegelése kapcsán az üzemeltetés költségeit is figyelembe kell, hiszen az új hűtőközeggel való üzemeltetés várhatóan kisebb költséget jelent majd, mint a korábbi.

5.3.1 Hűtőközegcsere vizsgálata a rendszerelemek szempontjából

A környezetkárosító hűtőközegek jogszabályokban előírt kiváltása nem lehet kérdés. Mielőtt azonban egy üzemelő berendezésben újra cseréljük a hűtőközeget, érdemes áttekinteni a következő kérdéseket:

- Az új hűtőközeg alkalmas-e a meglévő kompresszorhoz? A kompresszor üzemel-e a hűtőközeg alkalmazási tartományában? Hogyan változik a hűtőteljesítmény? Kell-e cserélni a kenőolajat?
- A kondenzátor teljesítménye illeszkedik-e a kompresszor megváltozott teljesítményéhez? A kondenzációs hőmérséklet megnövekedhet, ha nagyobb hőmérsékletcsúszású hűtőközeget alkalmazunk.
- Az elpárologtató szempontjából az új hűtőközeg hogyan változtatja a páratartalmat? A nagyobb glide nagyobb nedvességelvonást is jelenthet.
- A gumitömítések szelepeken cserélni kell a tömítéseket. Állíthatóak-e a termosztatikus expanziós szelepek? Szükség van-e a termosztatikus vagy a nyomásszelepek korrekciójára? Az új hűtőközeghez megfelelő-e a nyomásszabályozó szelep beállítási tartománya? Az új hűtőközeghez megfelelő-e a rendszer maximális üzemi nyomása?
- Az új hűtőközeg alkalmazásával változhat az áramlási sebesség és a nyomásesés. Ennek megfelelnek-e a csővezeték méretek?
- Kell-e korrigálni a szabályozást?

Amire különösen ügyelni kell, az a tömítések kompatibilitása. A hűtőközeg és a kenőolaj cseréjénél változik a kémiai összetétel, ami kihatással lehet a tömítések teljesítőképességére. Ez okozhat mechanikai problémákat, hibás működést és hűtőközeg-szivárgást is. A kockázatok elkerülése érdekében hűtőközegcsere esetén javasolt minden tömítést kicserélni.

5.3.2 Hűtőközegcsere típusai

A hűtőközegcsere a régi és az új hűtőközegek, illetve olajok kompatibilitása szempontjából többféle lehet, a különböző típusok összefoglalását láthatjuk az alábbi táblázatban.

Hűtőközeg csere-típus	Hűtőközeg-típus	Olaj-típus	A tulajdonságok változásának háttere	Kockázat-becslés
1	HFC-ről HFC / HFO-ra	POE-ről POE-re PVE-ről PVE-re	Kémiai szempontból mindkét hűtőközegnek, a korábbinak és a korszerűnek hasonló tulajdonságai vannak	Igen alacsony
2	HCFC-ről HFC / HFO-ra	MO-ról MO-ra AB-ről AB-ra	Kémiai szempontból a korábbi hűtőközegnek a tulajdonságai eltérnek a korszerűétől	Kisebb
3	HCFC-ről HFC / HFO-ra	MO-ról POE / PVE-re AB-ről POE / PVE-re	A tömítések kémiai kompatibilitását tekintve a korábbi és a korszerű hűtőközegek tulajdonságai eltérőek. Az olajcsere eltérő tulajdonságokat eredményezhet.	Jelentős

5.3.1. táblázat. A táblázat forrása²

²

1. A legegyszerűbb, legkevesebb kockázattal járó eset az, amikor az új hűtőközeg a régihez hasonló tulajdonságokkal bír és az olaj típusa nem változik. Ha a hőmérsékleti és nyomásadatok hasonlóak, HFC hűtőközegekről HFC/HFO típusúra válthatunk, a poliol-észter olaj megtartásával.

2. Ha a bekerülő hűtőközeg kémiai tulajdonságai eltérnek a régitől, az olajtípus viszont azonos marad, akkor a hűtőközegcsere nagyobb, de elfogadható kockázattal jár. A váltás során HFC/HFO típusú hűtőközeg használatára térünk át, az olaj típusa MO, vagyis ásványolaj.

3. Nyilvánvalóan akkor jár a legnagyobb veszéllyel, ha a hűtőközeg és az olaj típusa is megváltozik. Ilyenkor a hűtőközeg HFC/HFO típusúra, az olaj pedig ásványolajról észterolajra cserélődik. A gondot elsősorban az olajcsere okozza, hiszen szinte biztos, hogy az nem lesz 100%-os, és így a rendszerben maradó és az új olaj keveréke a tömítanyagot károsíthatja. Ennek következtében fennáll a szivárgás vagy a hibás működés veszélye.

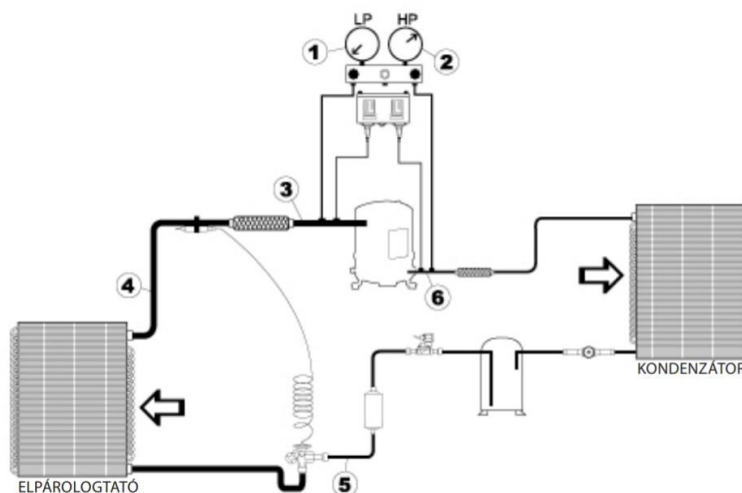
5.3.3 A hűtőközegcsere végrehajtásának lépései

A munkafolyamat főbb lépéseit a következőképpen foglalhatjuk össze:

1. Az üzemi paraméterek ellenőrzése
2. Hűtőközeg-lefejtés
3. Olajleengedés
4. Kenőolaj-betöltés
5. Vákuumolás
6. Hűtőközegcsere
7. Indítás utáni ellenőrzés

Nézzük meg most röviden, hogyan kell ezeket a munkafázisokat végrehajtani!

5.3.3.1 Az üzemi paraméterek ellenőrzése



5.3.2. ábra. Hűtőkörfolyamat diagnosztizálási pontjai

- Nyomásmérés: Ellenőrizni kell a szívó- (1) és a nyomóoldali (2) nyomást a kompresszornál.
- Hőmérsékletmérés: Meg kell mérni a szívóoldali hőmérsékletet a kompresszornál (3) és az elpárolgató kimenetén (4), a folyadék-hőmérsékletet az expanziós szelep bemenetén (5), valamint a nyomóoldali hőmérsékletet a kompresszornál (6).
- Továbbá ellenőrizni kell a tápfeszültséget és az áramot (7), tovább azt, hogy az elpárolgatóhoz vezető vagy az elosztócsövekben akadálytalan-e a hűtőközeg-áramlás (8).

5.3.3.2 Hűtőközeg-lefejtés

- Először el kell zárni a folyadéktartály zárószelepét.
- A rendszernek addig kell üzemelni, míg az alacsonynyomás-kapcsoló le nem kapcsolja a kompresszort.
- A hálózati főkapcsoló lekapcsolása után le kell választani a kompresszor nagynyomású oldalát a rendszerről és erről az oldalról le kell a hűtőközeget a visszanyerő palackba.
- Az alacsony nyomású oldalon ki kell nyitni az elzáró szerelvényt.
- Nem szabad megfedkezni a visszanyert hűtőközeg tömegének feljegyzéséről.

5.3.3.3 Olajleengedés

- A szívóoldal vagy a nézőüveg megnyitása után a kompresszort vízszintes helyzetbe fordítva leengedhető az olaj. Ha a kompresszor rendelkezik olajleeresztő csatlakozóval, akkor függőleges helyzetben is el lehet végezni a műveletet.
- A tömítőgyűrűket ki kell cserélni, leengedett kenőolaj savtartalmát ellenőrizni kell.
- Új szárítósűrőt kell behelyezni, valamint pozitív savteszt esetén leégés utáni sűrőt. Ezt néhány nap múlva el kell távolítani.
- Javasolt az ismételt olajcsere néhány napos üzemelés után, hogy a régi olajnak minél kisebb mennyisége maradjon a rendszerben.

5.3.3.4 Kenőolaj-betöltés

- A kompresszor alacsony nyomású oldalát le kell szívatni a légnyomás értékére.
- A kenőolajkannán ellenőrizni kell, hogy megfelel-e a kenőolajtípusnak.
- A kézi pumpa és a tömlő átöblítése után át kell pumpálni a kenőolajat a kompresszorba.
- A kompresszort húsz percig teljes terheléssel járatni kell, majd ellenőrizni kell az olajsíntet.



5.3.3. ábra. A pumpa és a tömlő átöblítése

5.3.3.5 Vákuumolás

Miután a szükséges rendszerelemeket cseréltük, a kompresszort visszaszereltük, következik a vákuumolás, ami a nedvességszintet beállítja a megfelelő szintre.

- A hűtőkört le kell szívatni az előírt vákuumra, majd le kell választani a szivattyúról. Ha félórán belül a nyomás növekszik, akkor a rendszer tömörtelen (ilyenkor a nyomásnövekedés gyors) vagy nedvességet tartalmaz (lassú nyomásnövekedés). Előbbi esetben meg kell keresni a szivárgás helyét és megszüntetni a szivárgást, utóbbi esetében pedig nitrogénnel meg kell szüntetni a vákuumot és újra kezdeni a vákuumolást.
- A hűtőrendszerrel mért nyomásnak 0,67 mbar-nak kell lennie és a vákuumot négy órán át fenn kell tartani.

5.3.3.6 Új hűtőközeg betöltése

- A betöltés megkezdéséhez a kompresszort le kell állítani, a szervízszelepet zárni kell.
- A rendszer névleges töltéséhez közeli mennyiséget be kell tölteni a kompresszor indítása előtt, majd a kisnyomású oldalon tovább kell adagolni.

- Zeotróp és közel azeotróp hűtőközeget mindig folyadék állapotban kell betölteni.

5.3.3.7 Indítás utáni ellenőrzés

Ismételten mérni kell a következőket:

- szívó- és a nyomóoldali nyomás a kompresszornál
- szívóoldali hőmérséklet a kompresszornál
- szívóoldali hőmérséklet az elpárologtató kimenetén
- folyadék-hőmérsékletet az expanziós szelep bemenetén
- nyomóoldali hőmérséklet a kompresszornál.

Az adatokat össze kell vetni az elvárt értékekkel és a rendszer komponenseinek alkalmazási tartományával.

5.4 Hűtőgépolaj lefejtése

Bizonyos kompresszoroknál meghatározott üzemidő után kötelező karbantartási feladat az olajcsere. Ipari ammóniás berendezéseknél ez nem igényel speciális eszközöket. A szénhidrogén alapú hűtőközeggel üzemelő berendezéseknél a hűtőközeget az előzőekben vázolt módon le kell fejtetni, majd a kompresszort atmoszférikus nyomásra fel kell tölteni nitrogénnel. Ezután lehet elvégezni az olaj cseréjét, majd a kompresszort vákuumolás után újra beindítani.

5.5 Felhasznált irodalom az 1-5. fejezethez

[1] Ádám, Béla ; Büki, Gergely ; Maiyaleh, Tarek

Geotermikus Energia - Hőszivattyúzás

Budapest, Magyarország : Mérnöki Kamara Nonprofit Kft. (2013)

[2] Dr. Jakab Zoltán:

Háztartási hűtőbútorok és komfort léghűtők

Hűtő- és Klimatechnikai Vállalkozások Szövetsége, Budapest, 2006.

[3] Dr. Jakab Zoltán:

Kompresszoros hűtés I.-II.

Hűtő- és Klimatechnikai Vállalkozások Szövetsége, Budapest, 2006.

[4] Komlós Ferenc, Fodor Zoltán, Kapros Zoltán, Dr. Vajda József, Vaszil Lajos:

Hőszivattyús rendszerek

Magánkiadás, Budapest, 2009.

[5] Hűtő-, Klíma- És Hőszivattyúberendezés-Szerelő Mestervizsgára Felkészítő Jegyzet,

Magyar Kereskedelmi és Iparkamara, Budapest, 2014

Internetes felületről:

[6] Simon Sándor – Climalife Kft. Közvetítőközegek

[7] Soós és Társa Zrt. - Kompresszorok vizsgálata

[8] Risto Ciconkov - Hűtőközegek: Nincs még fenntartható megoldást kínáló jövőkép

[9] Branimir Pavkovic: Alkalmazott hőszivattyús rendszerek új és felújított épületeknél

[10] Mészáros Fanni - CECED (Applia) Magyarország Egyesülés: Mérlegen a hűtőközegek...

[11] Danfoss Szakmai dokumentum – Hűtőközeg csere és nagy hőmérséklet-csúszású (glide) hűtőközegek

[12] Varga Csaba - Oktoklíma Kft. Hűtőközegek

[13] <https://www.e-gepesz.hu/cikkek/991-az-r22-hutokozeg-utodai>

[14] <http://www.oktoklima.hu/content/page/id/571> R407c, R134a, R410a hűtőközegek tulajdonságai

[15] <https://docplayer.hu/16347565-Kompresszor-olajok-pag-pao-es-poe-olajok.html> kompresszor olajok

[16] <https://www.e-gepesz.hu/cikkek/17196-hutokozegcsere-elindult-a-lavina> hűtőközegek kiváltása

[17] <https://www.klimaprofi.hu/r32-az-uj-kornyezetbarat-hutokozeg>

[18] <http://www.oktoklima.hu/content/page/id/572> HFO hűtőközegek

[19] https://hu.climalife.dehon.com/a-hfo-k-szinre-lepnek-huto-es-legkondicionalo-berendezesekben/technical_file/show/id/5 HFO hűtőközegek

[20] <https://www.cooltech.hu/9-hungarian/hutestecnika/8-hutokozegek-130501?showall=1> HFO hűtőközegek

[21] https://hu.climalife.dehon.com/az-olaj-hutokozeg-kombinacio-kivalasztasa-meghatarozo-a-berendezesek-megfelelo-mukodeseben/technical_file/show/id/2

- [22] https://hu.climalife.dehon.com/az-olaj-hutokozeg-kombinacio-kivalasztasa-meghatarozo-a-berendezesek-megfelelo-mukodeseben/technical_file/show/id/2
- [23] <https://www.slideshare.net/timoteirobotic/heat-pump-in-building-mechatronic-ii-timotei-istvn-erdei-timoteirobotics>
- [24] <https://docplayer.hu/5303068-5-hocsere-es-berendezesei.html>
- [25] http://gfosweb.gfos.hr/portal/images/stories/ipa-prekogranicni-program/gdje-rijeke-spajaju/Branimir_Pavkovic_Alkalmazott_hoszivattyus_rendszerek_uj_es_felujitott_epuleteknel.pdf
- [26] https://hu.climalife.dehon.com/dosszie-tudjon-meg-mindent-a-szivargaskeresesrol/technical_file/show/id/7
- [27] <http://hutogepcentrum.hu/bt/R32.pdf>
- [28] http://equinoxe.hu/uploaded_files/egyeb/dkrcc.pe.000.h2.47_retrofit_and_high_glide_refrigerants_hungarian.pdf

6 Járműhűtés (Szerk.: Vadász József)

6.1 Járműklíma

Forgalomban résztvevő járművet, kizárólag gépjármű fenntartói engedéllyel rendelkező vállalkozás, szakirányú képzettséggel rendelkező szakembere végezhet a gépjármű fenntartói engedélyben szereplő és képzettségi szintjének megfelelő mértékig, amiért felelősséggel tartozik. Minden olyan tevékenység, ami a forgalomban részt vevő járműveken javítás karbantartás átalakítás vagy egyéb céllal elvégzésre kerül, jármű fenntartói engedély nélkül a közlekedés veszélyeztetésének minősül és jogkövetkezményt von maga után.

Néhány fontosabb vonatkozó rendelkezés:

„A gépjárműfenntartó tevékenység személyi és dologi feltételeiről szóló [1/1990. \(IX. 29.\) KHVM rendelet](#), az egyes veszélyes tevékenységek biztonsági követelményeiről szóló szabályzatok kiadásáról szóló [17/1993. \(VII.1.\) KHVM rendelet](#), az Emelőgép Biztonsági Szabályzat kiadásáról szóló [47/1999. \(VIII.4.\) GM rendelet](#), a fluortartalmú üvegházhatású gázokkal és az ózonréteget lebontó anyagokkal kapcsolatos tevékenységek végzésének feltételeiről szóló [14/2015. \(II. 10.\) Korm. rendelet](#); az egyes javító-karbantartó szolgáltatásokra vonatkozó kötelező jótállásról szóló [249/2004. \(VIII.27.\) Korm. rendelet](#).”

<https://www.nkh.gov.hu/web/kozuti-gepjarmu-kozlekedesi-hivatal/hir/-/hir/148222/true/jarmufenntartojarmujavito-szervezetek>

Tehát: attól, hogy valakinek van járműklíma szerelői végzettsége, még nem jogosítja fel arra, hogy forgalomban résztvevő járművön bármilyen munkát végezzen. A járműjavításra közel 1500 jogszabály és egyéb rendelkezés vonatkozik. Mielőtt megkezdni munkáját, tájékozódjon kötelezettségeiről. Járműjavításnak minősül a klíma javítása is. Egy leeső lökhárító vagy motorborítás súlyos baleseteket okozhat. A járműjavítás általános szabályozását mindenkor a Nemzeti Közlekedési Hatóság végzi. Tevékenységi körével kapcsolatos kötelezettségeiről tájékozódjon.

A jármű klímaberendezések szerkezetileg azonos módon épülnek fel, mint az általánosan ismert biztonsági hűtőközegekkel használt leggyakoribb hűtőkörök. Fő komponensei, mindig megegyeznek, mint kompresszor, kondenzátor, fojtó szerv, elpárologtató és az őket összekötő csővezeték. Természetesen formájukban és szerkezetileg egymástól jelentősen eltérhetnek, típusonként változóak lehetnek a főbb komponensek.

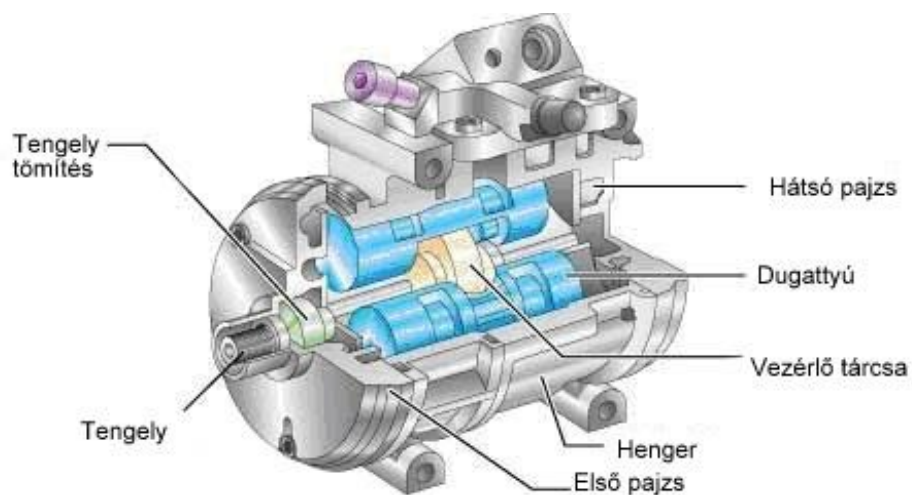
A kompresszor, mint nyomáskülönbséget képző elem részletes bemutatása:

Funkcióját tekintve létrehozza azt a nyomáskülönbséget a hűtőkörben, ami biztosítja a hűtőközeg áramlását és ez által, valamint a többi komponens üzemelése által, működteti a fizikai folyamatokat, mint kondenzáció és elpárolgás. Számos különböző fajtájú és gyártmányú eltérő hűtőközeggel üzemelő klímakompresszorral találkozhatunk. Helyes megnevezése kompresszor. Nevéből adódóan kizárólag gőz halmazállapotú hűtőközeg szállítására alkalmas. Neve a komprimálás, komprimáció szóból ered, ami sűrítést, összenyomást jelent. A folyadékok nem vagy csak nagyon kis mértékben összenyomhatóak. A szivattyúk alkalmasak ezek szállítására. Járműklíma rendszerekben kizárólag térfogat-kiszorításos elven működő kompresszorok üzemelnek. Ezek típusai a következők: Belső kialakítás szerint előfordulhatnak dugattyús, scroll, rotációs, centrifugál lapátos, nagyobb hűtőberendezések esetén akár csavar kompresszoros kivitelűek is lehetnek, vagy hibrid autók esetén hermetikusak.

6.1.1 Kompresszorok

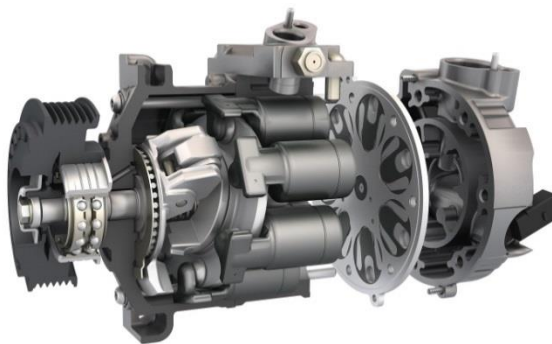
6.1.1.1 Dugattyús kompresszor:

Az általános dugattyús működtetésű kompresszorok esetén – a belső égésű motor dugattyúkkal ellentétben – a dugattyúk nem merőlegesen mozognak a főtengelyre, hanem azzal párhuzamosan. Technikailag úgy oldják meg, hogy a főtengelyen, vagy meghajtó tengelyen egy ferde tárcsa, vagy bolygó tárcsa kerül kialakításra (6.1.1, 6.1.2, 6.1.3 ábrák).



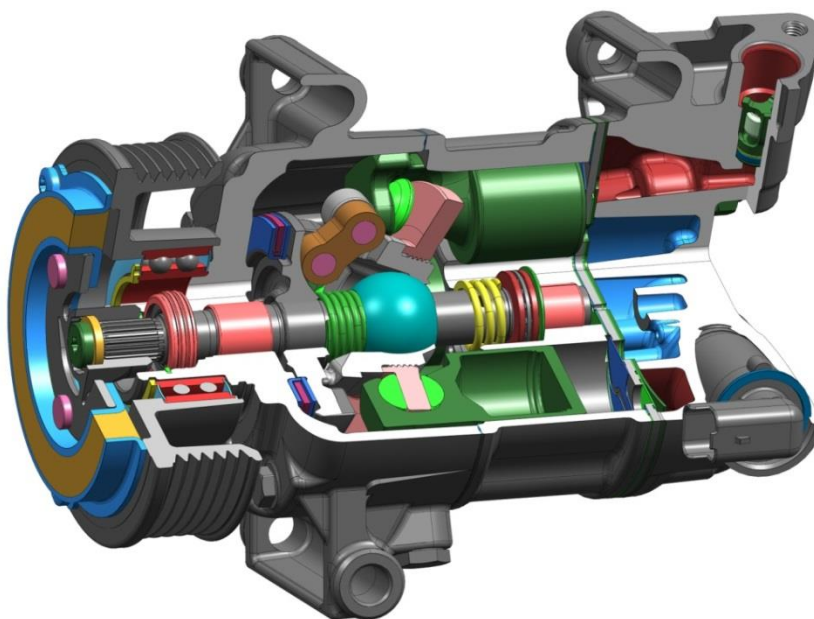
6.1.1 ábra Dugattyús működtetésű kompresszor

Forrás: https://www.toyota-industries.com/company/business/automobile/compressor/kind_1/



6.1.2. ábra. Dugattyús működtetésű kompresszor-ferde tárcsa

Forrás: <https://valeo.prowly.com/59594-the-heart-of-the-air-conditioning-system>



6.1.3 ábra Dugattyús működtetésű kompresszor – bolygó tárcsák kialakítás

Forrás: Delphi Automotive Illustration

A dugattyúk különböző módon a ferde tárcsához, vagy bolygó tárcsához vannak rögzítve úgy, hogy a meghajtó felülettel változó szöget tudjanak bezárni. Így végeznek a főtengellyel párhuzamos mozgást a főtengely, vagy meghajtó tengely forgása közben, ezzel kialakítva a szükséges nyomáskülönbséget lényegesen kisebb helyigénnyel, mint hagyományos társaik. A kompresszorok belsejében dugattyús kompresszor esetében önműködő lapszelepeket találunk, melyek egy, illetve két sorban helyezkednek el. Bolygó tárcsás kivitelű dugattyús kompresszor esetében a szeleplap egy oldalon helyezkedik el a dugattyúk előtt, míg ferde tárcsás kivitel esetében a dugattyú kétoldalas és egy időben két lapszelepet működtet. Egyik oldalán szívó ütemben, míg másik oldalán sűrítő ütemben. Több szeleplappal szerelt kompresszorok esetében azonos tereket (szívó, nyomó) a kompresszor testen belül összevezetik, így a dugattyúk által végzett munka teljesítménye összeadódik. Járásuk kiegyensúlyozott, rezonanciamentes. A dugattyúk száma lehet 3, 5 akár 7 darab is.

A járművek klíma berendezésében leggyakrabban előforduló kompresszor típus. Két fő fajtáját különböztetjük meg alapvetően.

a.) fix szállító teljesítményű

Fix szállító teljesítményű kompresszor esetén minden esetben mágneskuplung található a kompresszoron, mellyel a szabadon futás és az üzemelés közt választhatunk. A vezérlés hűtési igény esetén zárja a tengelykapcsolót és a kompresszor üzemel. Az elvárt hőmérséklet elérésekor old a kuplung, ezzel szabályozva a hőmérsékletet. A szabályozás viszonylag durva, viszont a kompresszor szerkezetileg egyszerű, ezért a meghibásodás rendkívül ritka. Ilyen kompresszor alkalmazása esetén minden esetben megtalálható az elpárologtatóban a fagyvédő. Általánosan igaz azonban, hogy a rendszert nyomáskapcsoló(k), esetleg nyomás távadó(k) védi(k). A védelmi elemek szintén a kuplung működését gátolják közvetve vagy közvetlenül, így védve meg a rendszert a károsodástól. Alkalmazásunk jellemzően munka és erőgépekben, mezőgazdasági gépekben, valamint nagy futásteljesítményű tehergépjárművek, nyerges vontatók esetében jellemző.

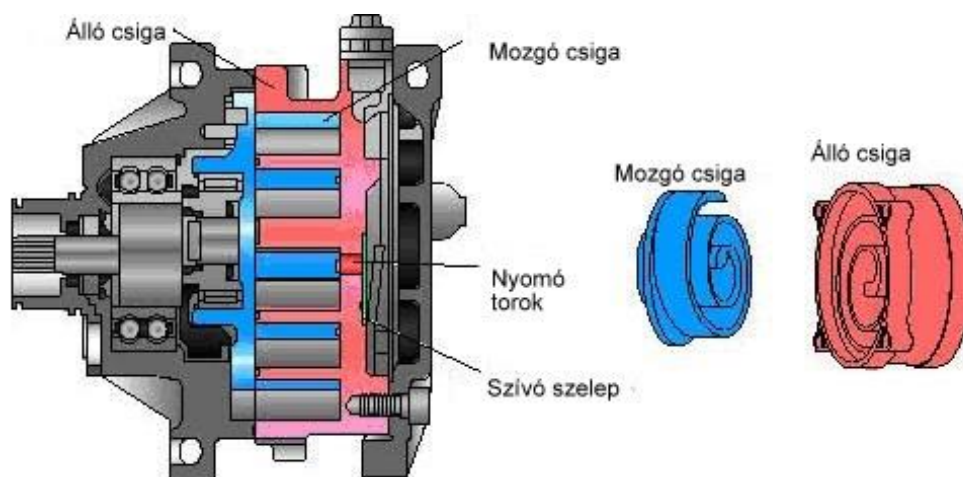
b.) változó szállító teljesítményű

Változó szállító teljesítményű dugattyús kompresszor esetében a szabályzási rendszer a ferde tárcsa vagy bolygó tárcsa dőlésszögét szabályozza, így változtatva meg a kompresszor lökettérfogatát és a szállított hűtőközeg mennyiségét, ezáltal a kompresszor teljesítményét. A kompresszorok teljesítményének szabályozása azért vált szükségsszerűvé, mert eltérő fordulatszámokon más-más teljesítménnyel dolgoznak. A változó teljesítmény hatására és a változó közlekedési körülmények hatására az esetlegesen fellépő egyéb meghibásodások, előforduló közlekedési szituációk hatására a kompresszor fix teljesítmény esetén előnytelen működést eredményezhetne. Túlságosan gyakran kapcsolna ki-be a kuplung, ami korai meghibásodáshoz vezetne. Ezen felül a szabályzás természetesen növeli a komfortot, lényegesen egyenletesebb és pontosabb működést biztosít a hűtőkör számára, megakadályozva a lengéseket a rendszerben. A szabályozás módja lehet mechanikus és elektronikus. Mechanikusan szabályozott kompresszor esetében a szeleplap közdarabba, vagy a kompresszortestbe épített nyomásszabályzó végezi a vezérlést. A hűtőkör legalacsonyabb szívó oldali nyomását állítja be, erre szabályoz. Beállítva az elpárologtatóban az elpárolgási nyomást és a rendszerben előfordulható legalacsonyabb hőmérsékletet. Elektronikus szabályozás esetén elektronikus szabályzó szelep kerül beépítésre a kompresszortestbe. Ilyen esetekben kizárólag vezérlőelektronika segítségével oldható meg a kompresszorteljesítmény szabályozása. Jellemzően a gépjármű motorvezérlője végzi ezt a feladatot. A motorvezérlőbe befutó jelek alapján. Nem csak a komfort lehet a cél, hanem a gépjármű egyéb meghibásodásának megelőzése, mint például: magas vízhőmérséklet túl magas külső hőmérséklet, vész gyorsítás vagy más egyéb motorikus meghibásodás esetén a motorvezérlő tiltja a kompresszort, lecsökkenti szállító teljesítményét csökkentve ezzel a kondenzátor terhelését, mely csökkenti a gépjármű motorjának terheltségét. Az ilyen szabályozással működő kompresszorok esetében a kompresszor működésének ellenőrzése kizárólag szoftveres módon lehetséges. A járműdiagnosztikai eszköz segítségével ellenőrizhető a motorvezérlő által kiadott referencia áram, amely a kompresszor elvárt teljesítményéhez tartozó százalékos kitöltést határozza meg. Ellenőrizni kell, hogy ehhez képest a kompresszor vezérlőszelep milyen tényleges áramfelvételt mutat. Amennyiben ez megegyezik, akkor a kompresszor vélhetően szabályzás tekintetében jól működik, ha a hűtési teljesítmény mégsem elégséges, nagy valószínűség szerint a kompresszor mechanikusan hibásodott meg. A referencia áramon kívül rendelkezésünkre áll még a nyomaték adat is, mely Nm-ben méri a kompresszor meghajtásához szükséges forgatónyomatékot. A nyomaték mellett esetenként a fordulatszám is ellenőrizhető. Amennyiben nulla értéket mutat üzemelő gépjárműmotor esetén, akkor a kompresszor hajtáslánc mechanikusan sérült.

6.1.1.2 Scroll kompresszor:

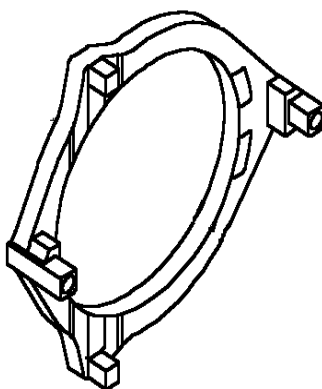
A scroll kompresszorban két egymással szembe fordított Archimedesi spirál vonalban kialakított csiga kapcsolódik össze. Mozgása orbitális oszcilláló mozgás. Valójában soha nem fordul el. A mozgó csigához a rögzített csigához egy Oldham kapcsoló villával (6.1.5 ábra) csatlakozik. Feladata: gátolja, hogy a bolygóspirál elfordulhasson és az esetleges folyadékút esetén nyit a szerkezeten, ezzel engedi eltávolodni az álló csigától a bolygócsigát, így akadályozva meg kompresszor mechanikus sérülést. Tekintettel arra, hogy üzem közben

összekapcsolódó felületek nagyok, ezért speciális olajozása van szükség, amihez speciális olajat is kell használni. Scroll kompresszor esetében (6.1.4 ábra) kiemelt figyelmet kell fordítani a gyártó által előírt megfelelő minőségű és mennyiségű kompresszor olaj használatára.



6.1.4. ábra Scroll kompresszor

Forrás: https://www.toyota-shokki.co.jp/about_us/business/automobile/compressor/kind_3/index.html



6.1.5. ábra Oldham kapcsolóelem

Forrás: Thermo King Truck and Trailer training

Az Oldham kapcsolóelem gátolja, hogy a bolygó spirál elfordulhasson.



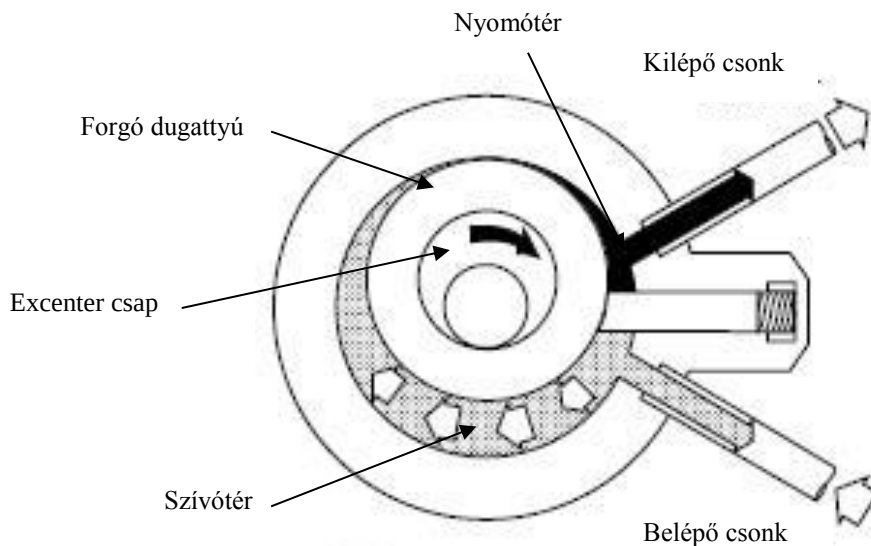
6.1.6. ábra Scrollkompresszor csiga
 Forrás: Thermo King Truck and Trailer training

- A sűrítés vázolt menete folyamatosan megy végbe. Mielőtt a sűrített hűtőközeg kilép, a külső terekből újabb hűtőközeg mennyiség lép be.
- Azonos időben hat térben történik sűrítés, ami folyamatos, egyenletes kompressziót tesz lehetővé.

A sűrített hűtőközeg a középső nyomóoldali kilépésnél hagyja el a kompresszort. (6.1.6 ábra)

6.1.1.3 Rotációs kompresszor:

Egy kör alakú sűrítő térben az oldalfalhoz egy ponton folyamatosan illeszkedő excentrikus pályán körbefutó csőtest kerül meghajtásra. Rugó ellenében a sűrítőteret elválasztja egy lap, mely folyamatosan hozzáér a csőtesthez. A lap által elválasztott tér egyik fele a szívótér, a másik pedig a nyomótér. A nyomótér kilépő oldalát lapszelep zárja. (6.1.7 ábra)

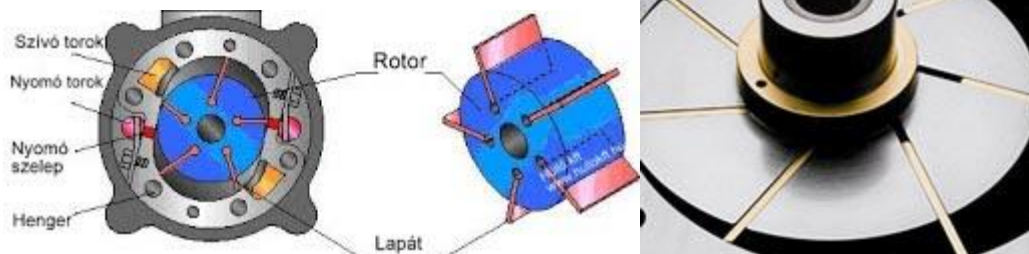


6.1.7 ábra Rotációs kompresszor

Forrás: <http://www.refrigeratordiagrams.com/tag/rotary-compressors>

6.1.1.4 Csúszó lapátos kompresszor:

A centrifugál lapátos kompresszorok a szervo szivattyúknál használatos elven működnek. A sűrítő térben excentrikusan elhelyezett forgó testben vágatok vannak kialakítva, amelyben a lapátok ki-be el tudnak mozdulni. A forgómozgás centrifugális hatása következtében kimozduló lapátok a sűrítő tér falához feszülve, a szívó a tér irányából a nyomó tér irányába szállítják a hűtőközeget, ezáltal létrehozva a komprimáló hatást. (6.1.8 ábra)



6.1.8 ábra Centrifugál lapátos kompresszor

Forrás: <https://news.livedoor.com/article/detail/12614956/>;
<http://compressedair-intel.blogspot.com/2014/04/>;

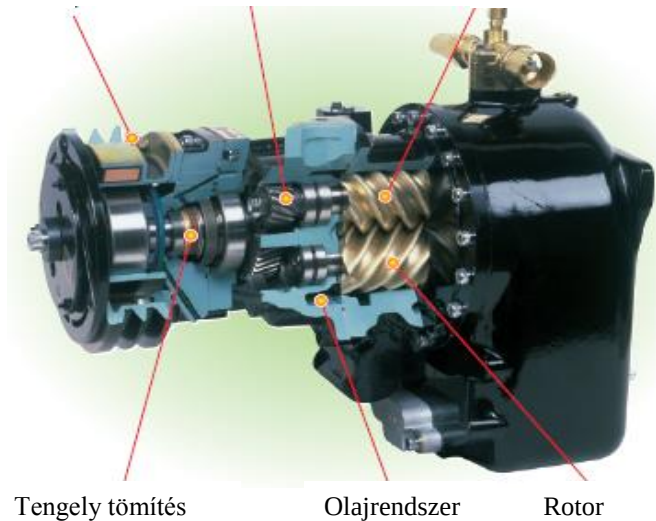
6.1.1.5 Csavarkompresszor:

Kizárólag nagy teljesítményű autóbusszklímáknál nagyon ritkán előforduló kompresszor. Két ellentétes irányban mozgó konvex illetve konkáv összekapcsolódó profilú csavart (6.1.10 ábra) forgó rotor a kompresszor házban részükre kialakított járatban forog a hűtőközeg a rotorok és a ház fala között szállítja. A tömítést a rotorok és a ház fala közt csavarkompresszorokban használt rendkívül nagy viszkozitású mutatójú (SE170) kompresszorolaj és a megfelelően beállított hézagok biztosítják együttesen. Komplet kompresszorkialakítás: 6.1.9 ábra

Elektromágneses
tengelykapcsoló

Fogaskerék Hajtás

Rotor



6.1.9 ábra Csavarkompresszor
Forrás: Thermo King Bus AC training



6.1.10 ábra Csavar kompresszor – csavar kialakítás
Forrás: <https://www.indiamart.com/proddetail/screw-compressor-rotor-21539990755.html>

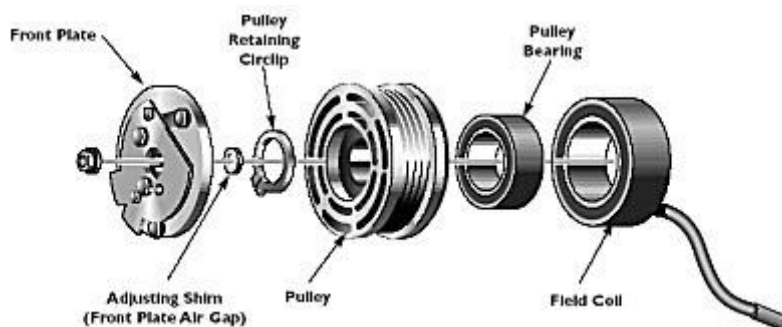
6.1.1.6 Hermetikus kompresszorok:

A hibrid és a tisztán elektromos üzemű gépjárművek klíma berendezését hermetikus kompresszorok működtetik. A kompresszorok működtető feszültsége eltér, a járművekben használatos általános üzemi feszültségtől. Ezen rendszerek javítását és karbantartását csak speciális képzettséggel, és a hozzájuk tartozó megfelelő érintésvédelmi és villamos szabályok betartása mellett szabad csak elvégezni. Ezen rendszerek javítása és karbantartása során szigorúan be kell tartani a gyártó cég ide vonatkozó specifikus utasításait. A hermetikus kompresszorral szerelt rendszer esetében fontos, hogy külön figyelmet szenteljünk az alkalmazott olajra. Csak olyan olaj alkalmazható, ami nem oldja a lakkot, illetve megfelelő dielektromos mutatója van.

6.1.2 Tengelykapcsolók:

A járműklíma kompresszorok tengelykapcsolói több típusúak lehetnek. Az állandó szállítóteljesítményű kompresszorokon minden esetben mágnes kuplungot találunk.(6.1.11 ábra) Ami áll egy tekercsből, egy tárcsából, egy csapágyból és egy nyomó lapból. A tárcsát meghajtja a jármű motorja, a nyomólap pedig szorosan

a kompresszor tengelyhez van rögzítve. Amint a tekercs megkapja a működtető feszültséget a tekercs mágneses tere a nyomólapot nekihúzza a forgó tárcsának és ezzel meghajtása kerül a kompresszor. Amint a kompresszor működtető feszültsége megszűnik, a nyomólap a rugók ellenében alaphelyzetben kerül, oldja a kapcsolatot a tárcsával és a tárcsa szabadon fut a csapágyán tovább, de a kompresszor meghajtása megszűnik. Kuplung javításához a hűtőkör megbontása nem szükséges.



6.1.11 ábra Mágneses kuplung

Forrás: <https://www.classicautoair.com/compressor-and-clutch/>

Az állandó hajtású kompresszorok esetében a tengelykapcsoló nem a hajtás megszakítására szolgál. Rugalmas kapcsolatot biztosít a meghajtás mechanikája és a kompresszor tengelye között, és egy mechanikus retesz egyben. Úgy van kialakítva gyárilag, hogy meghibásodás esetén kettétörik vagy kettészakad. Ezek a mechanikus reteszek a kompresszor megszorulás esetén az ékszíj megcsúszása és az abból kialakuló tűz megakadályozásának céljából vannak így kialakítva.

Az állandó hajtású kompresszorok minden esetben teljesítményszabályozott kompresszorok. Azonban léteznek olyan teljesítmény szabályozott kompresszorok is, amelyeket mágnes kuplunggal láttak el.

Az állandó hajtású kompresszor teljesen 0% teljesítmény szintre nem képes visszaszabályozni, mert akkor nem lenne képes kibillenni a holtponti állapotból a ferde tárcsa. Mivel a hajtást nem tudjuk oldani ezért az állandó hajtású kompresszorral szerelt klímaberendezést tilos hűtőközeg nélkül üzemeltetni, tehát a gépjárművet használni.

6.1.3 Olajokkal kapcsolatos alapismeretek

Néhány alapfogalom.

Higroszkóposág fogalma a Wikipédia szerint:

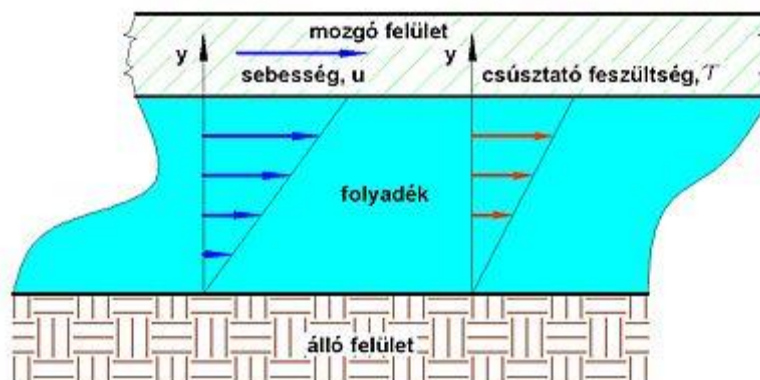
„Számos szilárd és folyékony anyag levegőn állva annak nedvességtartalmát megköti, ezáltal felhígul, illetve – szilárd anyag esetén – elfolyósodik, vagy összezsomósodik.”

Miért kell a rendszerben tartanunk a víztől kompresszorolajok és a hűtőkör esetében?

Az olajba bejutó nedvesség rontja annak kenési hatékonyságát. Nyomás alatt felforrhat így elzárva az olajat a súrlódó felületektől. A kompresszorolaj részben hűtőközeget nyel el, a hűtőközeg-olaj keverék vízzel érintkezve savas elegyet alkot. A hűtőközeg típusától függően eltérő savak keletkeznek. Amennyiben a rendszerben savasodás indul el, ez kihat a rendszer többi elemére is. Mivel nem egyanyagú a rendszer, hanem adott esetben réz a kondenzátor, alumínium az elpárologtató, vagy akár fordítva, a savak hatására helyi galvánelem alakul ki. Elindul az elektrolízis folyamata, és réz kicsapódás alakulhat ki a forró nyomás alatti felületeken, mint például a dugattyúk vagy csapágyak. A víz ezen kívül gőz formájában a kondenzációs véghőmérsékletet és a nyomást is jelentősen megemeli rontva ezzel a hűtőkör hatékonyságát.

6.1.4 Viszkózitás a Wikipédia szerint:

A **viszkózitás**, más elnevezéssel a **belső súrlódás**, egy gáz vagy folyadék (**fluidum**) belső ellenállásának mértéke a **csúsztató feszültséggel** szemben. Például a víz folyékonyabb, így kisebb a viszkózitása, míg az **étolaj** vagy a **méz** kevésbé folyékony, nagyobb a viszkózitása. Minden valóságos folyadéknak vagy gáznak van viszkózitása (kivéve a **szuperfolyékony** anyagoknak), az **ideális folyadék** és **ideális gáz** viszkózitása nulla. A köznyelvben általában a nagy viszkózitású anyagokat **sűrűn folyónak** vagy egyszerűen **sűrűnek**, a kis viszkózitásúakat pedig **könnyen mozognak** vagy **hígnak** nevezik, azonban a **sűrűség** mint fizikai fogalom mást jelent, illetve a „híg” kifejezést helyesebb az ’alacsony **koncentráció**’ értelemben használni.



6.1.12 ábra folyadék lamináris áramlása
 forrás: Wikipédia

Egy gáz vagy folyadék [lamináris áramlása](#) (6.1.12. ábra) során a közeg egyes rétegei különböző sebességgel áramlanak. A különböző sebességű rétegek elcsúsznak, súrlódnak egymáson, melynek következtében nyíróerő lép fel. Ennek az erőnek semmi köze a szilárd testek elmozdításakor ébredő [súrlódáshoz](#), mert a felületre merőleges erőnek (jelen esetben a gáz- vagy a folyadékrétegeknek egymásra gyakorolt nyomásából származó erőnek) nincs hatása a nyíróerőre. Ezen kívül a szilárd testek súrlódásával ellentétben nyugvó gáz vagy folyadék rétegei között nem lép fel nyíróerő.

A viszkozitás értelmezését elsőként [Newton](#) adta meg, aki feltételezte, hogy a rétegek párhuzamos és egyeneses áramlása esetén az elmozdulás irányával ellentétes irányú belső súrlódási erő (F) egyenesen arányos a súrlódó felületek nagyságával (A) és a sebességgradienssel (du/dy). Az arányossági tényező az adott gáz vagy folyadék anyagi minőségére jellemző állandó a **dinamikai viszkozitás** (η):

6.1.5 Olajok

Járműklíma rendszerek esetében méltatlanul kevés szó esik az olajokról. Elengedhetetlen részét képezik a klímarendszerek, fontosságuk alábecsült. Az olajokkal történő munkavégzés során a körültekintés mértéke jellemzően nem éri el azt a szintet, amit a gyártók (és az ügyfelek) elvárnának. Látszik ez mindabból, hogy a kompresszor meghibásodások egyik fő jellemző oka az olajokra vezethető vissza. A nem megfelelő típus, a nem megfelelő viszkozitás, a nem megfelelő mennyiség kiválasztásával, az adalékanyagokkal jelentős károk keletkeznek.

Az olajokkal szemben támasztott elvárásaink:

1. Biztosítson megfelelő kenést, esetenként tömítést a kompresszor forgó-mozgó alkatrészei részére.
2. Segítse a kompresszor megfelelő hűtését.
3. Jól elegyedjen a hűtőközeggel, hiszen lényeges szempont, hogy az olaj vissza is jusson a kompresszorba.
4. Fizikailag, kémiailag stabil legyen, ne lépjen reakcióba a hűtőközeggel, illetve a berendezésben alkalmazott egyéb anyagokkal.
5. Minden olyan hőmérséklet tartományban, ami a jármű használata és a klímaberendezés üzemi tartományán belül van, megfelelő legyen a viszkozitása.
6. Ne legyen hajlamos savasodásra, ne legyen hajlamos kokszosodásra a kompresszió megengedett maximális vég hőmérsékletén belül.

Járműklíma berendezések esetén mindig célszerű a kompresszorgyártó előírásának megfelelő olaj használata. A jármű gyártója a klímarendszer felépítése és annak specifikációja miatt eltérhet a kompresszorgyártó által megadott típustól és mennyiségtől is. A járműgyártó felelőssége, ha ezt megteszi. Ebben az esetben mindig ezt kell figyelembe venni.

Alapolaj típus szerint különböző kompresszorolaj típust ismerünk. Ezek közül a leggyakoribbak a PAO, PAG és POE olajok.

6.1.5.1 PAO olaj (Polialfa-olefin)

Csoport	Telítettség-tartalom [%]	Kéntartalom [%]	Viszkozitásiindex	Előállítás	Minősítés
I.	<90	>0,03	80<=VI<=120	oldószeres finomítás	ásványi
II.	>=90	<=0,03	80<=VI<=120	hidrokrakkolás, finomítás	ásványi
III.	>=90	<=0,03	>120	hidrokrakkolás, izomerizálás	ásványi
IV.	Poli-alfa-olefinek	Poli-alfa-olefinek	120<VI<=140	kémiai szintézis	szintetikus
V.	Észterolajok	Észterolajok	>130	kémiai szintézis	szintetikus
VI.	Poli-internal-olefinek	Poli-internal-olefinek	>130	kémiai szintézis	szintetikus

6.1. táblázat Alapolajok csoportosítása

forrás: Baladincz - Hancsók - Magyar - Pölzmann: Környezetbarát motorolajok

Az alapolajok IV. csoportjába tartozó szintetikus olaj. A szintetikus szénhidrogén alapú alapolajokat minden esetben adalékolni kell. Az adalék határozza meg a kopásgátló képességet, a korróziós képességet, módosítja a sűrűlődséget, antioxidánsokat és habzás gátló adalékot tartalmaz, különböző viszkozitási módosítók, dermedéspont csökkentő és tömítés regeneráló anyagokat is tartalmazhat.

Néhány forgalmazó marketing fogásként a PAO olajat „univerzális” olajként is emlegeti. Szinte nem higroszkópos. Viszont kismértékben elegyedik csak a hűtőközzel, ami nem feltétlenül jó, mivel kevésbé kering a rendszerben, így kevésbé is hűl. Csak abban az esetben javasolt a betöltése, ha a gyártók által megadott specifikációknak megfelelően.

6.1.5.2 PAG olaj (polialkilén-glikol)

A PAG olaj rendkívül higroszkópos, viszont képes jól elegyedni hűtőközzel. Megfelelő keringést biztosítva az olajnak a klímarendszeren belül. Két fő csoportját különböztetjük meg, az egyik csoport a nyílt kötésű, a másik pedig a zárt kötésű, (kettős kötésű) speciális PAG olaj.

Azért fontos tudni azt, hogy a rendszerben használt PAG olaj milyen kötésű kémiai, mivel a PAG a legelterjedtebb klímakompresszor olaj. A légkondicionáló rendszerekben a legelterjedtebb hűtőközzel pedig az R-134a. Új típusbizonyítványt járműre ezzel a hűtőközzel már nem engedélyeznek. A forgalomban lévő berendezéseket pedig állítják a jelenleg alkalmazott hűtőközzel az R-1234yf-re. Az HFO viszont kizárólag a modern kettős kötésű molekulaszervezettel rendelkező olajjal használható. A nyílt kötésű olajjal reakcióba lép és mérgező elegyet is alkothat. Jelenleg mindkettő a piacon van, ezért kellő körültekintéssel kell megválasztani a számunkra megfelelő PAG kompresszor olaját. PAG olaj kizárólag olyan kompresszorokban lehet alkalmazni, melyek nem rendelkeznek villamos betéttel. A higroszkópia miatt kialakuló savasodás hatására oldhatja a villamos betéttel szigetelésére szolgáló lakott.

6.1.5.3 POE olaj (poli-észter)

A poli-észter olajok szintén higroszkópos, bár kevésbé, mint a PAG olajok. Elviselik a rendkívül magas kompresszió vég hőmérsékletet. Jól elegyednek a hűtőközzel és magasabb dielektromos állandójuk. Hermetikusan zárt és villamos betét motorral szerelt fél-hermetikus kompresszorokban egyaránt alkalmazható, mivel nem oldja a lakkot. Szinte az összes biztonsági hűtőközzel alkalmazása esetén használható. Poli-észter alapú olajokat jellemzően nagy teljesítményű klímaberendezésekben, járművek esetében buszokban, kötöttpályás közlekedésben alkalmazott klímarendszerekben, valamint raktérhűtőkben alkalmaznak. Jellemzően az ezekben előforduló villamos betét motor és a szélsőséges, valamint nem kiszámítható környezeti viszonyok miatt és a raktérhűtő esetében az alacsony elpárolgási hőmérséklet miatt indokolt poliészter olaj használata.

A kompresszor olajok nem keverhetők, nem elegyednek egymással és keveredésük előnytelenül befolyásolja minden tulajdonságukat. Egyértelműen a kompresszor illetve a klímarendszer meghibásodásához vezet. Sem az olaj típusok, sem a hűtőközzel előírt olaj típusok nem keverhetők. A PAG és POE olajok esetében nedvességgel érintkezve paraffint képez, ami a kompresszorokban lerakódásokhoz vezet. Az elektromos teljesítmény szabályzó szelepeket eltömíti, így használhatatlanná téve a kompresszort.

Minden típusú kompresszorolaj különböző viszkozitási szintekkel elérhető. Mindig alkalmazzuk a gyártók által előírt megfelelő viszkozitású olaját a későbbi meghibásodások elkerülése érdekében.

A berendezésekből a javítás során visszanyert, vagy lecserélt kenőanyag veszélyes anyagnak minősül. A hűtőből visszanyert kompresszor olaját soha ne tároljuk zárt tartályban, mivel az még oldott hűtőközzel tartalmazhat. Biztonsági szelep vagy kissé meglazított záródugóval ellátott tartályban tároljuk, hogy ne tudjon túlnyomás kialakulni. A jogszabályi előírásoknak megfelelően vezessünk róla nyilvántartást és jogosultsággal rendelkező vállalkozásnak adjuk át megsemmisítésre.

6.1.6 Kondenzátor

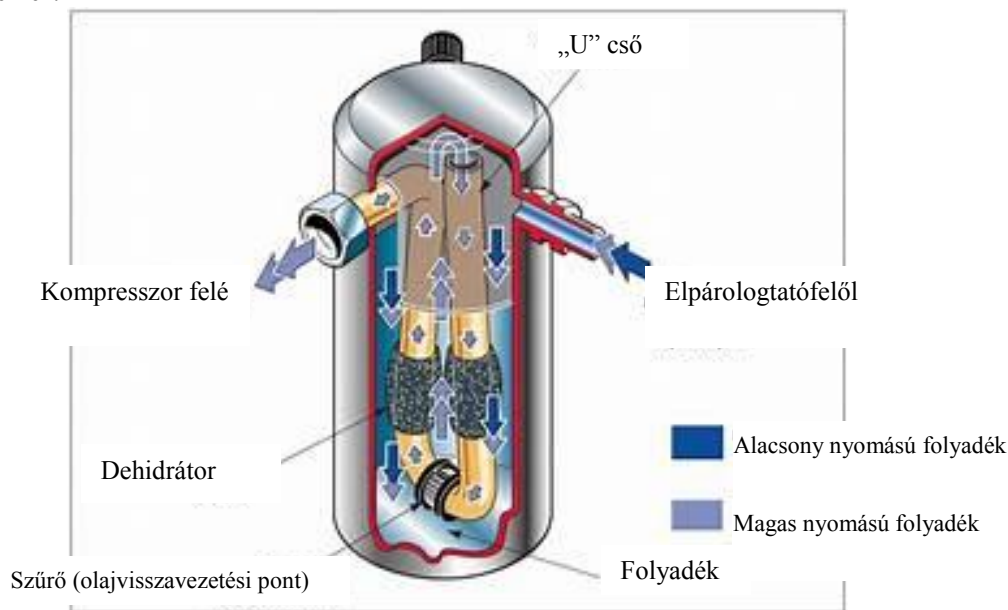
A járműklíma kondenzátor tulajdonképpen nem más, mint egy hűtőközeg-levegő hőcserélő. Funkciója és feladata a kompresszor felől érkező, komprimált, forró, gőz halmazállapotú hűtőközeget nagynyomású folyadékká kondenzálni. A kondenzátoron keresztül haladó hűtőközegnél hidegebb levegő a folyamat során jelentős hőmennyiséget vesz fel a hűtőközegtől, ezért a nagynyomású folyadékként távozik a kondenzátorból.

A kondenzátorok kialakítása jelenleg jellemzően már kizárólag mikrocsoves alumínium kondenzátor gépjárműklímák esetében. Nagyobb teljesítményű jármű klímák, mint például autóbuszokban előfordulnak még csöves kivitelű hagyományos rézcső-alumínium lamella kombinációjú kondenzátorok. Az alumínium kondenzátorok elterjedését az alacsony előállítási költségek, a nagy hatékonyságuk és a kisebb mennyiségű szükséges hűtőközeg felhasználása tette indokolttá. A kondenzátorok minden esetben a jármű hűtőtartójában az első sorban helyezkednek el, mivel nagyon intenzív hűtésre van szükségük. A járművek minden esetben rendelkeznek valamilyen kényszerhűtéssel. Mechanikusan, hidraulikusan vagy elektromosan meghajtott ventilátor formájában történik a hűtés. Lehet szívott illetve nyomott oldalon, attól függően, hogy a ventilátor a kondenzátor előtt vagy mögött helyezhető el. A kondenzátor jellemző meghibásodása, hogy az előttük elhelyezett ventilátor motorja és a kondenzátor között a légáramlás megszűnik, a nedvesség illetve a szennyeződés megáll. Együttes hatásként oxidációt okoz, mely a kondenzátor elhasználódásához vezet, javítása csak cserével megoldható.

A kondenzátor szerves részét képezi vagy képezheti a szárítószűrő és a folyadékgyűjtő tartály. Mindkettő fontos szerepet lát el a klímaberendezés biztonságos üzemeltetésében. A folyadékgyűjtő tartály garantálja, hogy a kondenzátorból már kizárólag folyadék halmazállapotú hűtőközeg léphessen ki, míg a szárítószűrő a rendszer nedvességtartalmát csökkenti, megköti azt. Minden járműklíma rendszer tartalmazza, de akár a kondenzátortól függetlenül csővel összekötve a kondenzátor és a fojtó szerv közti hűtőköri szakaszban található.

6.1.7 Szárító szűrő

A járműklímákban található szárítószűrők általában több funkciós eszközök. Többek közt betöltik a mechanikus szűrés feladatát, a rendszer nedvességtartalmának megkötését, adott esetben savmegkötő hatásuk is van, valamint szerkezeti kialakításuknak köszönhetően betölthetik a folyadék tartály, vagy kapilláris csővel szerelt rendszerek esetében, a gáz akkumulátor, más néven cseplevélasztó tartály funkcióját is. Expanziós szelepes rendszerekben az adagoló előtt folyadék tartályként funkcionálva alkalmazzák. Kapilláris csővel szerelt rendszerek esetében a szárítószűrő a szívó oldalra kerül a kompresszor elé. Ebben az esetben a szárítószűrőn belül egy speciális „U”-cső kialakítás kap helyet, mely biztosítja azt, hogy a kompresszorba hűtőközeg folyadék vissza ne juthasson, illetve az „U” alján található apró lyuk biztosítja azt, hogy a rendszerben keringő kompresszorolaj ne halmozódjon fel a szűrőben, hanem visszajusson a kompresszorig (6.1.13. ábra). A szárítószűrő mérete, kialakítása alkalmazkodik a hűtőkör töltetmennyiségéhez és a jármű típusához, valamint az abban alkalmazott fojtási rendszerhez.



6.1.13 ábra. Szárítószűrő kialakítása

Forrás: <http://a.2002-acura-tl-radio.info/page-a/auto-a-c-diagram-51964.html#>

Esetenként a szárítószűrő nem képez külön egységet, hanem a kondenzátor szélén kialakított folyadék gyűjtőcsőbe van integrálva, így egy egységet képez a kondenzátorral. A szárítószűrő anyaga lehet ömlesztett textilzsákos, vagy műanyag perforált tartószerkezettel ellátott formában, vagy préselt mag formájában kiképezve.

A szárítószűrővel kapcsolatban – tekintettel a rendszerben betöltött szerepére – fokozott körültekintéssel kell eljárni. Szabad levegővel érintkezve anyaga képes a légkörben található párat megkötni és ezzel elhasználni. Kizárólag új, gyárilag lezárt szárítószűrő építhető be minden klímarendszerbe a javítás során. Ügyelni kell arra, hogy ez az eszköz legyen az utolsó, ami a rendszert kompletté teszi a javítás során. A javítás technológiáját követve nitrogénes nyomáspróbával, majd vákuumolással törekedjünk arra, hogy a szűrő nedvesség és savmegkötő képességét minél inkább megtartva kerüljön beépítésre a rendszerbe.

Szárítószűrőkre éppúgy, mint az olajokra, igaz az állítás, hogy az általuk megkötött nedvesség vákuumolás és nitrogénes öblítéssel nem szabadítható fel, és nem távolítható el a rendszerből. Szennyeződésük, elhasználódásuk esetén a javítás során kizárólag a csere hoz megfelelő eredményt.

6.1.8 Fojtó szerv

A fojtó szerv lehet kapilláris cső vagy expanziós, más néven adagoló szelep. Mindkettő funkciója azonos: a magasnyomású folyadék hűtőközeget alacsony nyomású nagy térfogatú térbe porlasztja, ahol a hűtőközeg elpárolog, ezáltal jelentős hőmennyiséget vesz fel, amit a környezetétől von el.

- Kapilláris cső:

Kapilláris csővel működtetett rendszerek esetében a rendszer teljesítményét a kapilláris cső keresztmetszete és a szűkített keresztmetszet hossza határozza meg. Kapilláris cső alkalmazása esetén minden esetben kötelező a kompresszor elé a szívócsőben folyadék vagy más néven cseplevélasztó tartály beépítése, mivel a kapilláris cső önmagában a teljesítmény szabályozására nem képes. Azért van rá szükség, mert alacsony terhelés mellett az el nem párolgott hűtőközeg a cseplevélasztó tartályban párologjon el, mivel a kompresszorba már csak gőz halmazállapotban kerülhet hűtőközeg. Jellemzően kívülről nem látható maga a kapilláris. (6.1.14 ábra) Nem hozzáférhető. A folyadék csőbe beépítve található közvetlenül az elpárologtató előtt. Ellenőrzése, cseréje a hűtőkör megbontásával és hollanderes kötés bontásával oldható meg.

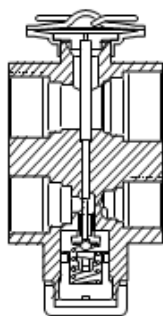


6.1.14 ábra GM fehér orifice cső

Forrás: <http://www.autoacelectric.com/pages/orifice-tubes/12452019.html>

- Expanziós szelepek:

Expanziós szelepeknek több fajtáját alkalmazzák autóklimákban. Az egyik legelterjedtebb típus az úgynevezett blokkszelep (6.1.15. ábra).

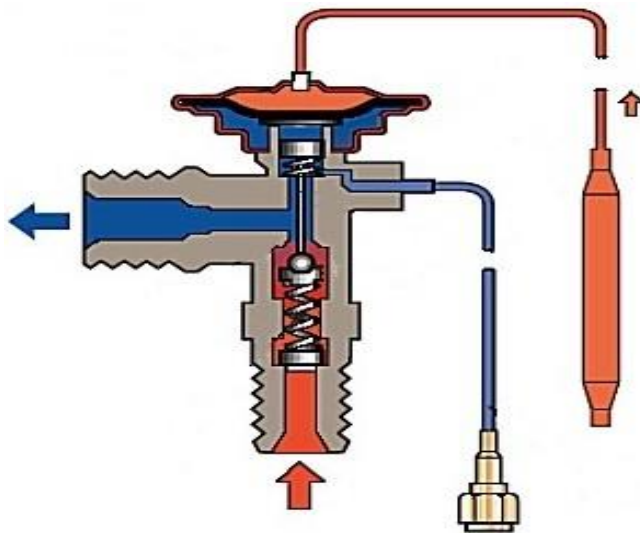


6.1.15. ábra. Blokkszelep
 Forrás: Tanfolyami jegyzet, Fellner Ákos

Ezen kívül találkozhatunk még termosztatikus expanziós szeleppel, valamint külső nyomáskiegyenlítésű termosztatikus expanziós szeleppel (6.1.16., 6.1.17. ábrák).



6.1.16. ábra Belső nyomáskiegyenlítésű termosztatikus expanziós szelep³.



6.1.17. ábra Külső nyomáskiegyenlítésű termosztatikus expanziós szelep
 Forrás: Tanfolyami jegyzet, Fellner Ákos

A blokk szelepek, mind ezt nevük is mutatja, tömb formájú hasábként jelennek meg. Egyszerre halad keresztül a blokkon a belépő folyadék és a kilépő szivóág. A kilépő hűtőközeg hőmérsékletének és nyomásának változása szabályozza a belépő hűtőközeg mennyiségét az elpárologtatóba. A szabályozás a szelepből a blokkon belül

³ Forrás: <https://store.danfoss.com/hu/hu/H%C5%B1t%C3%A9s/Szelepek/Expanzi%C3%B3s-szelepek/Termosztatikus-expanzi%C3%B3s-szelepek/Termosztatikus-expanzi%C3%B3s-szelep%2C-TGE/p/067N2011>

történik. Kívülről sem mérni, sem állítani nem lehet. Jellemzően kisebb teljesítményű berendezéseken alkalmazzák őket.

Termosztatikus expanziós szelepnek nevezzük azt az expanziós szelepet, melyen egy termosztatikus patron található, amit kapilláriscső köt össze az expanziós szelep fej részével (membránjával). A folyadékágban, sorban az elpárolgató előtt kerül beépítésre. A szelep termosztatikus patronját pedig az elpárolgatóból kilépő szívócsőhöz kell rögzíteni. Jellemzően kis ellenállású elpárolgatókon alkalmazzák, ahol a szívócső hőmérsékletét meghatározó elpárolgási nyomás nem esik nagymértékben az elpárolgató belül, annak mechanikus ellenállása miatt.

Külső nyomáskiegyenlítésű termosztatikus expanziós szelep annyiban tér el csak termosztatikus expanziós szeleptől, hogy a szívócső nyomása vissza van vezetve a szeleptestbe, ez által alkalmazható nagy ellenállású elpárolgatók esetében is, mivel a szívócső nyomásának mérése kompenzálja a nagy mechanikai ellenállásból adódó nyomáscsökkenést, mivel mind a cső hőmérséklete mind, a csőben uralkodó nyomás és ez által az elpárolgási hőmérséklet részt vesz a szelep szabályozásában.

A termosztatikus és a külső nyomáskiegyenlítésű a termosztatikus expanziós szelepből egy fűvóka, más néven dűzni található, amely megfelelő teljesítményszinthez van hangolva, a fűvókák 00-6-ig vannak méretezve. A fűvóka mérete határozza meg az expanziós szelep névleges teljesítményét. A blokkszelepnél illetve a kapilláris csőnél nincs lehetőség a teljesítményszint megváltoztatására csak cserével.

Expanziós szelepek léteznek léptetőmotoros elektronikus formában is melyek viszonylag komoly vezérlést igényelnek, jelenleg ezek nem használatosak, járműklíma területén azonban várható, hogy a későbbiek során ezek is elterjedésre kerülnek. Az elektronikus léptetőmotoros expanziós szelep működése megegyezik a külső nyomáskiegyenlítésű termosztatikus expanziós szelep működésével. A szívócső hőmérséklet mérését egy hőmérsékletérzékelő szonda, nyomását pedig egy nyomás távadó méri. A beérkező adatok alapján a vezérlő elektronika a léptetőmotort az ideális pozícióba állítja, és ez által valósítja meg az expanziós szelep pontos működését.

A hőmérséklet és a nyomás egy összetartozó adat pár egy adott hűtőközegre. Ha megnő a hőmérséklet, megnő a nyomása. Csökken a nyomása, csökken a hőmérséklete. Emiatt a mechanikus expanziós szelepek egy adott hűtőközeghez vannak igazítva, fel van rajta tüntetve az adott hűtőközeg fajtája és csak ehhez használható. Elektronikus expanziós szelep esetében a vezérlő, az úgynevezett túlhevítést szabályzó vezérlőelektronika, beállítható az alkalmazott hűtőközegnek megfelelően. A szelep cseréje nem szükséges, csak a megfelelő hűtőközeg kiválasztása.

6.1.9 Elpárolgató:

Az elpárolgatóban ellentétes folyamat zajlik le, mint a kondenzátorban. A kondenzátorban cseppfolyós halmazállapotúvá váló hűtőközeg, itt párolog el. Energiát vesz fel, így hőt von el a környezetétől. Ide porlaszt be a fojtó szerv. A folyadék halmazállapotú hűtőközegek számára az elpárolgató az a tér, amit a kompresszor alacsony nyomáson tart, így a beáramló folyadék halmazállapotú hűtőközeg maradéktalanul képes elpárologni. Az expanziós szelep feladata, hogy a hűtőközeg nyomását csökkentse, és a hűtőközeg adagolását biztosítsa az elpárolgató számára. Szabályozása megoldja, hogy az elpárolgás az elpárolgatóban menjen végbe, és az elpárolgatóból folyadék ne lépjen ki, valamint a teljes rendelkezésre álló teret elpárolgása használja. Ezt úgy tudjuk megoldani, hogy a hűtőközeg túlhevítését mérjük. **Túlhevítésnek nevezzük azt az értéket, ami az elpárolgatóból kilépő szívócső hőmérséklet és a szívócsőben mérhető elpárolgási nyomáshoz tartozó elpárolgási hőmérséklet különbsége.** Az expanziós szelep feladata, hogy ezt az értéket az üzemi körülményekhez képest a megfelelő értéken tartsa, ugyanis, ha a túlhevítés értéke pontosan szabályozott, megközelítőleg a gyártó által meghatározott értékű, akkor a klímaberendezés mindvégig maximális hatásfokkal és teljesítménnyel üzemel, és az elpárolgató teljes felületén megy végbe az elpárolgás.

6.1.10 A hűtőközeg betöltést megelőző kötelező munkafolyamatok:

1. Nyomáspróba:

Nyomáspróbát minden esetben száraz nitrogénnel kell végezni. Maximális értéke a rendszer tervezési nyomása. Amennyiben ezt nem ismerjük, akkor a rendszerben előfordulható, a védelmek által megengedett legmagasabb üzemi nyomás.

2. Vákuumolás:

A vákuumolandó hűtőberendezés nagyságához megfelelő teljesítményű, legalább 5 Pa (0,05mbar) abszolút nyomás előállítására alkalmas kétfokozatú vákuumszivattyúra van szükség.

A maradó abszolút nyomás max. értéke 270 Pa (2,7mbar) lehet és értékét a hűtőberendezésnek a vákuumszivattyú szívócsonkjától legtávolabbi pontján kell mérni.

A szivárgás helyét vákuumolással nem lehet meghatározni.

6.1.11 Hűtőközegek legalapvetőbb tulajdonságai és csoportosításuk:

Biztonsági hűtőközegnek nevezzük azokat a hűtőközegeket, melyek nem tűz és robbanásveszélyesek, és nem mérgezőek.

Blendnek nevezzük azokat a hűtőközeget, melyet kettő vagy több különböző hűtőközeg által alkotott keverék.

Azeotróp (egykomponensűként viselkedő) keverék Olyan folyadékelegy, amelynek összetétele azonos a belőle távozó gőz elegyével. Tölthető és utántölthető gőz illetve folyadék állapotban.

Az azeotróp keverékek összetétele nem változik meg a hűtőközeg szivárgás során.

Zeotróp keverék (nem egy komponensűként viselkedő) keverék: Komponensei állandó nyomáson eltérő hőmérsékleten párolognak. Hőmérsékletcsúszásuk van.

A zeotróp blend hűtőközeg keverékeket (ld. 1.5.1 fejezetbe foglaltakat) minden esetben folyadék halmazállapotban töltjük.

A zeotróp keverékek összetétele nem feltétlenül változik meg minden esetben, két okból kifolyólag:

1 - Azoknak a keverékeknek az összetétele csak kis mértékben változik meg, amelyek közel azonos tulajdonságú anyagokból állnak és nagyon alacsony hőmérsékletcsúszással rendelkeznek. Gőzfázisú szivárgás után egyszerű rátöltéssel helyreállítható az egyensúlyi állapot. Pl.: R-404A, R-410A

2 - Nagy hőmérsékletcsúszású anyag (például R-407C) összetétele a gőz- és folyadékfázisban eltér mindaddig, amíg az összes folyadék el nem párolog, tehát amíg folyadékfázis jelen van (pl. leállított gép esetén). Működő berendezésnél az összetétel megváltozásának valószínűsége elenyésző, viszont szivárgás esetén fontos, hogy a zeotróp elegy összetétele megváltozik.

Ha kétségek merülnek fel, meg kell mérni a nyomás/hőmérséklet arányt, amiből következtethet arra, hogy megváltozott-e a keverék eredeti összetétele. Elfogadható nyomásváltozás $p < 0,3 - 0,5$ bar. Teljesen megnyugtató eredményt hűtőközeg vizsgálattal kaphat, ezt erre szakosodott labor, vagy a forgalmazó végzi.

Minden hűtőközegnek van GWP értéke. A CO₂ egyenérték (GWP) határozza meg az adott hűtőközeg globális felmelegedésre, azaz az üvegházhatásra gyakorolt befolyását 1 kg CO₂ felmelegítő hatásához viszonyítva; másképpen megfogalmazva, hogy egy kg hűtőközeg, hány kg CO₂ felmelegítő hatásának fele meg. Amennyiben nem ismeretes a hűtőközeg GWP értéke, de ismertek a komponensei, a következő módon számolható ki:

Az alkotóelemek GWP-jével kell szorozni az alkotóelemek arányát.

$\Sigma \text{GWP} = (\text{X anyag \%} * \text{GWP}) + (\text{Y anyag \%} * \text{GWP}) + (\text{N anyag \%} * \text{GWP}) \dots$

HFO tulajdonságai: Mérsékelt gyúlékonyságuk miatt töltetkorlátozás és szikramentes szerelvények vannak előírva. Az R1234yf-et gépjármű klímákban alkalmazzák, az R1234ze még csak most kezd terjedni alacsony hőmérsékletű rendszerekben

6.1.12 Egyéb anyagok a klímarendszerben:

A járműklíma berendezések hűtőkörében alapesetben csak hűtőközeg, és kompresszorolaj található. Nincs is másra szükség. Javítás során a rendszerbe bekerülő egyéb anyagok csak a gyártó illetve a komponensek gyártójának hozzájárulásával történhet. Különös tekintettel a forgalomban lévő indikátor, tömítő, tisztító, teljesítménynövelő, és egyéb ki tudja még milyen anyagokra. A felsorolásban szereplő anyagok használata szerelői felelősséget vet fel annak tekintetében, hogy a megfelelő módon, a megfelelő anyagot, a megfelelő koncentrációban használja. Használatuk csak abban az esetben elfogadható, amennyiben kijelenthető, hogy az egyértelműen nem befolyásolja a klímarendszer gyárilag meghatározott optimális üzemi körülményeit. Semmilyen módon nincs hatással a kompresszorolaj viszkozitására, hővezetésére és egyéb a hűtőkörben betöltött funkciójára. Kémiaiilag, fizikailag stabil. Nem okoz kokszképződést a szelepleapon, nem növeli meg a kompresszió vég hőmérsékletét, nem képez a rendszerben lerakódást ezzel gátolva a hűtőadást. A hűtőközeggel, valamint a klímarendszerben alkalmazott anyagokkal nem lép reakcióba és más egyéb káros hatást sem fejt ki a rendszerre.

6.1.13 Autóklíma karbantartása

A környezet az autóklímákra és komponenseikre hatást gyakorol, egyes hatások ellen védekezni szükséges, míg hatások következményeit kezelni kell, ezek összességét nevezzük karbantartásnak.

Az autó klíma karbantartása kapcsán elsősorban a szellőztető rendszer tisztítása, légúti megbetegedések és a legionella fertőzés elleni védekezés az, ami a köztudatban elterjedt és leginkább kézen fekvő. Nagyon fontos és elsődleges a betegségek elleni védekezés, de nem kizárólag ezt takarja a járműklímák karbantartása.

Karbantartás során legelőször is fontos ellenőrizni azt, hogy a berendezés üzemszerűen használható-e, vagy esetleg felmerül rendellenes működés, például hőmérséklet probléma, vagy üzemzavarra utaló hangok. Amennyiben a működés nem megfelelő, első körben a javítást végezzük el.

Üzemszerűen használható klímaberendezés karbantartása során külső és belső karbantartást végzünk. Belső karbantartás alatt a már korábban említett a klíma belsejében található két komponenst, a hűtő közeget és a kompresszorolajat kell ellenőrizni. A hűtőközeg megfelelő mennyiségét kizárólag lefejtéssel lehet megállapítani és mérleggel ellenőrizni. A klíma rendszerben található hűtőközeg tömegének meg kell egyeznie a gyártó által megadott töltő tömeggel. Az olajat érzékszervi vizsgálattal ellenőrizzük. Amennyiben az olaj zavaros, elszíneződik, vagy szaga erős szúrós (savas) lesz, esetleg szilárd részecskéket tartalmaz, azonnal cserélni kell. Az érzékszervileg megfelelő kompresszorolaj nagy tisztaságú, fényesen átlátszó, esetenként gyári indikátorral színezett, selymes, száraz tapintású, szagtalan. A kompresszorolaj érzékszervi vizsgálata során, ha nem tapasztalunk rendellenes dolgokat, feltételezhetjük, hogy a kompresszorolaj mennyiségében is megfelelő. Hiszen a feladatának elvégzése során fizikai szerkezete, tulajdonságai nem változtak, így megfelelően képes ellátni a feladatát.

Kompresszorcsere esetén a kompresszorolaj mennyiségét az új kompresszorban mindig ellenőrizzük. Amennyiben felmerül annak gyanúja, hogy a kompresszor a gyári szerelést követően levegővel érintkezhetett, nem volt tökéletes a lezárása, javasolt a gyártó által előírt minőségű és mennyiségű új olaj betöltése a kompresszorba. A betöltendő olaj költsége elenyésző a kompresszor értékéhez képest és nagyban befolyásolja az új kompresszor további működését. Kompresszorcsere esetén minden esetben nagyon fontos ellenőrizni.

A klímaberendezés komponenseinek külső karbantartása során a környezet által rájuk rótt terhelést és a működéssel járó kopást kell elsődlegesen ellenőrizni. Nézzük tételesen.

6.1.13.1 Kompresszor ellenőrzése, karbantartása

Kompresszor esetében fontos ellenőrizni, hogy a motorhoz legyen megfelelően rögzítve. Az ékszíjtárcsák, csapágycsukák a megfelelő állapotúak és a tengelykapcsoló szerkezetük mechanikusan üzembiztos állapotú legyen. Vonatkozik ez az állandó hajtású és a mágnes kuplunggal szerelt kompresszorokra is. A meghajtó ékszíj vagy egyéb meghajtó rendszer megfelelő állapota is fontos. Laza, megcsúszó hajtás képes annyira felmelegíteni a kompresszor tárcsáját és kuplung szerkezetét, hogy akár a mágnesekercs is leéghet, illetve a nyomó felület károsodhat vagy kiolvadhat állandó hajtás esetén a gumibetét. A kompresszor rendes működéséhez ügyeljünk arra, hogy a külső szennyeződésektől mentes legyen a kompresszor. A kompresszor háza fontos hűtési feladatot is ellát, így egy szennyezett kompresszor nem tudja leadni a környezetének a hőt és a meghibásodáshoz vezethet. Elektronikusan szabályozott kompresszorok esetében elengedhetetlen, hogy a járműdiagnosztika rendszeren keresztül a szabályozó rendszerek megfelelő működését ellenőrizzük. Ellenőrizni kell, hogy a változó terhelés hatására, illetve a változó fordulatszám hatására a kompresszor szabályzó szerepének áramfelvétele változik-e, nincs-e megragadva, illetve a kompresszor nyomatóka is változó értéket kell, hogy mutasson. Az elektronikus járműdiagnosztika rendszeren keresztül a klímához kapcsolódó összes komponens ellenőrzése szükséges. Ebbe beletartoznak, a csappantyúk, léptetőmotorok, fűtőcsap és a hűtési szabályzó rendszer teljes ellenőrzése. Amennyiben lehetséges a klímához tartozó komponenseken végezzünk komponens tesztet.

6.1.13.2 Kondenzátor ellenőrzése, karbantartása

Kondenzátorok esetében az első és legfontosabb, hogy biztosítsuk a levegő általi átjárhatóságot. Nem csak a látható részek tisztántartása fontos, hanem a gépjármű hűtőtartójában található olaj, fagyálló, hűtőfolyadék töltőlevegő (intercooler) és egyéb hűtőegységek és a köztük lévő hézagok tisztántartása is. Nyomott üzemű ventilátorok esetén a ventilátorok mögötti rész tisztítását is magában foglalja a karbantartás. Kondenzátor ellenőrzése során meg kell győződni arról, hogy a kondenzátor megfelelő mennyiségű és minőségű hóleadó felülettel rendelkezik. Ellenőrizni kell, hogy a lamella állapota megfelelő-e a hűtőközegevezető sorok vagy csövek közt. Az oxidáció jelentős károkat képes okozni a hűtő lamellákban, valamint a szakszerűtlen tisztítás és az egyéb külső mechanikus behatások veszélyes mértékig ronthatják a megfelelő kondenzációt. Ezen kívül ellenőrizni kell a kondenzátor megfelelő rögzítését, valamint azt, hogy az esetlegesen a környezetben előforduló légtérrel idomok, csövek képesek-e olyan mértékű mozgásra, deformációra, dörzsölődésre, amellyel már veszélyeztetik a rendszer gáztömörtségét, azáltal hogy kilyukasztják, kidörzsölik a kondenzátort.

6.1.13.3 Szárítósűrű ellenőrzése, karbantartása

A nyitott rendszer esetén a szárítósűrű szabad levegővel érintkezve megköti a levegő nedvességtartalmát és elhasználódik, tisztítása nem lehetséges, a megkötött nedvességet hosszan tartó vákuumolással sem lehet eltávolítani a szárítósűrűből, ezért amennyiben a rendszer tartósan nyitott lesz, akár sérülés, akár megbontás miatt, vagy a kompresszor olajcseréje végett, a szárítósűrűt minden esetben cserélni kell, mivel a szervizelés során a megnyitott rendszerbe bekerült nedvességet szükséges megkötni.

6.1.13.4 Expanziós szelep/kapilláris cső ellenőrzése, karbantartása

Amennyiben lehetséges, minden esetben meg kell győződni a folyadékoldal szabad átjárhatóságáról, arról, hogy nincs mechanikus szennyeződés, akár az expanziós szelep fűvókájának szűrőjében, akár a kapilláris csőben vagy a cső előtt, blokk szelepek esetében a belépő nyílásban. Szerelhető termosztatikus patronnal ellátott expanziós szelepek esetében a patron szívócsövön megfelelő pozícióban van-e illetve (28mm átmérőig 2 vagy 10 óra magasságában. 35-ös átmérőjű szívócsőtől vízszintesen), hogy a patron szigetelése és a csővel való érintkezése biztosított.

6.1.13.5 Elpárologtató ellenőrzése, karbantartása

Az elpárologtatók esetében a karbantartásnál a hangsúlyt a külső tisztításra fektessük. Az elpárologtató az az egység, amelyen keresztül haladva a levegő az utasokkal találkozik. Az elpárologtató felületén kiváló kondenzvíz számtalan baktérium és fertőzés táptalaja lehet. Megfelelő alaposítással kell elvégezni a klímarendszer és a hozzá szorosan kapcsolódó szellőzőrendszer tisztítását, beleértve az elpárologtató és a csepptálca, valamint a kondenzvíz elvezető rendszer gomba, csíra, legionella és egyéb fertőzések elleni fertőtlenítését. Számtalan műszaki és technikai megoldás van, a szennyeződés mértékének megfelelően, válasszuk ki a legalkalmasabbat. Ez lehet spray, hab, folyadék, ózonos tisztítás vagy egyéb, akár mechanikus tisztítás is, a lényeg, hogy a fertőtlenítés megtörténjen.

6.1.13.6 A karbantartás lezárása

A karbantartásnak szerves része és befejező mozzanata az elvégzett munka ellenőrzése és dokumentálása. Műszeresen és diagnosztikával is el kell végeznünk, ellenőrizni kell a rendszer kalorikus paramétereit, üzemi nyomásait, a befűjt levegő hőmérsékletét, helyét, mennyiségét. Szükség esetén diagnosztikával kell ellenőrizni a kompresszor, csappantyúk, léptetőmotorok maradéktalan működését. A megfelelő minőségben, teljes körűen elvégzett karbantartás biztosítja a gépjárművek klímarendszerének hosszú távú megbízható üzemelését és szavatolja egészséges használatát.

6.1.14 Automatika, vezérlés, védelem

Jelenleg a piacon üzemelő járművek nagyon széles alkalmazott technológiát vonultatnak fel. Kezdvé a teljesen egyszerű mechanikus analóg vezérlésektől a teljes egészében digitálisan motorvezérlőn keresztül vezérelt automatikus és hibrid rendszerekig. Számtalan szempont szerint határozzák meg a berendezés működését. Ami közös ezekben a rendszerekben az az, hogy minden esetben védelemmel szerelik fel őket. Védni kell a rendszert a túl magas és a túl alacsony üzemi nyomástól, az elpárologtatóban kialakuló túl alacsony hőmérséklettől, illetve attól, hogy a járműben a klíma működése kárt okozzon.

Az automatika és a vezérlés feladata azt meghatározni, hogy a berendezés olyan üzemi tartományon belül dolgozzon, üzemeljen, hogy a védelemnek ne kelljen működnie.

A védelemnek csak nem üzemszerű körülmények között, vagy egyes komponensek meghibásodása esetén szükséges beavatkoznia.

6.1.14.1 Nyomáskapcsolók, nyomásjeladók

Nomáskapcsolóknak több típusát ismerjük. Léteznek biztonsági magas nyomáskapcsolók, biztonsági alacsony nyomáskapcsoló és kondenzátor nyomásszabályzó kapcsolók. Külső jegyeik alapján hasonlóak vagy teljesen megegyeznek. A csatlakozás módjában eltérhetnek, elektromosan és mechanikusan. Néhány példa a nyomáskapcsolókra a 6.1.18 ábra.



6.1.18. ábra Nyomáskapcsolók.

Forrás: <https://hu.sgmls.com/c-pressure-switch-car-ac-cooling-system.html>

A magas nyomáskapcsolók szolgálnak a nem kívánatos túl magas nyomás esetleges károsító hatásainak megakadályozására. Az alacsony nyomás kapcsolók a túl alacsony nyomás kialakulásának káros hatásai ellen védenek, és az ez által kialakuló meghibásodásoktól védik a rendszert. Kondenzátor nyomásszabályzó a kényszerhűtést vezérli ezzel biztosítva a megfelelő üzemi körülményeket. Esetenként a nyomáskapcsolók akár egy testben is összeépítve megtalálhatók nem képeznek feltétlenül külön egységet. Nyomáskapcsolóval működtetett rendszer esetén az elpárolgatóban fagyvédő termosztát kerül beépítésre, ami megakadályozza a fagypont alatti elpárolgást és a kondenzvíz megfagyását.

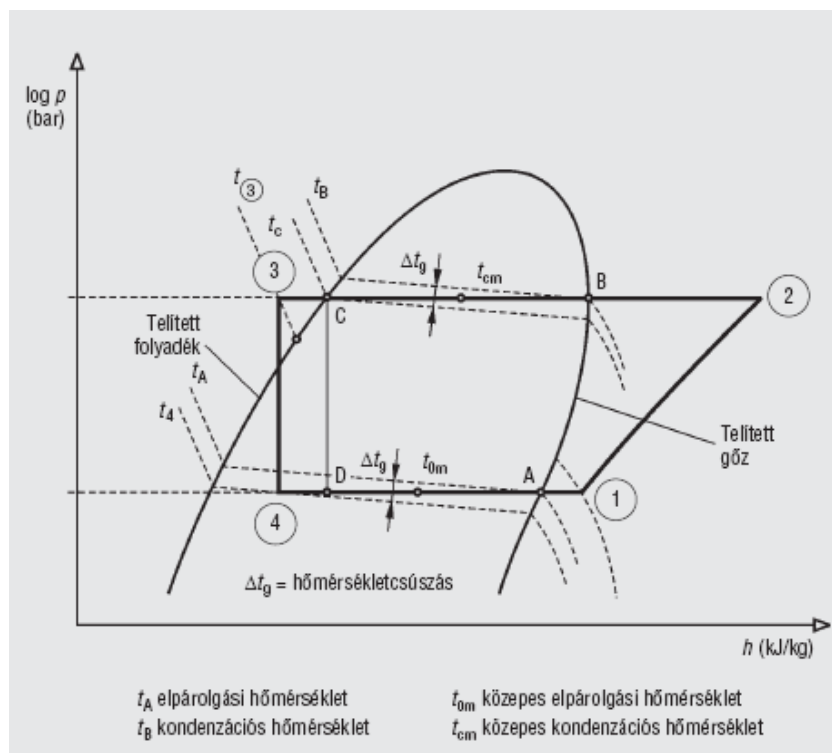
Nyomás jeladók (távadók) alkalmazása mellett a rendszer működését nem ki és bekapcsolt elemek határozzák meg, hanem lehetővé válik a vezérlés helyett a rendszer szabályozása. Van visszacsatolt adat a rendszer működéséről, így a működtetés a nyomás jeladó alkalmazásával képes a szabályozásra, az optimális üzemi körülmények meghatározására és beállítására, akár egy kondenzátor ventilátor fordulatszámának szabályozásával, akár a kompresszornak adott jel formájában térfogatáram és a teljesítményszabályozás lehetősége is adott, amennyiben az automatika képes a jeleket feldolgozni és a kimenő oldalon a működtetett eszközöket megfelelően szabályozni.

Nyomástávadós rendszereknél nyomástávadó látja el az üzemeltetés és a biztonsági lekapcsolás funkcióját is. Szükséges esetben a kompresszor teljesítményének minimumra való csökkentésével vagy a mágneskuplung kikapcsolásával. A szívóoldali nyomástávadó jele alapján a motorvezérlő határozza meg a kompresszor üzemállapotát annak függvényében, hogy az elpárolgatóban uralkodó nyomás mekkora. A kompresszor szívóoldali nyomása határozza meg az elpárolgási hőmérsékletet és ez által védi ki a fagyvesztést illetve precízebb szabályozás esetén, az utastérben uralkodó hőmérséklethez képest túl nagy hőmérséklet differenciájú levegő befűtését. Az ilyen rendszerekben rendkívül fontos a pontos hűtőközeg mennyiség, mivel a vezérlő által elvárt szívó oldali nyomást a túl kevés hűtőközeg mennyiség is előidézhetheti. Ebből adódóan az előírtnál kevesebb hűtőközeget tartalmazó berendezés esetén a gyár által meghatározott szívóoldali nyomástartása érdekében a szállítandó közegmennyiséget a vezérlés a teljesítményszabályozott kompresszorral tévesen, rosszul szabályozza. Kevés hűtőközeg esetén a jelenség az lesz, hogy a szívóoldal a gyár által meghatározott 2 bár körüli érték lesz, a nyomóoldal pedig alacsony. A kompresszor ferdetárcsájának kitérítő nyomatéka is alacsony így a szállított hűtőközeg mennyiség is alacsony lesz, a hűtés pedig nem elégséges.

A fent leírt üzemállapottal szinte teljesen megegyező üzemi paramétereket akkor tapasztalhatunk még, megfelelő hűtőközeg mennyiség esetén is, amennyiben a külső hőmérséklet alacsony, és a kondenzáció nagy, a kondenzáció véghőmérséklete ez által alacsony.

6.1.14.2 Ellenáramú hőcserélők:

Az alacsonyabb kondenzációs hőmérséklet elérése és a hűtőkör minél energiahatékonyabb kihasználása érdekében a jármű klímákban megjelentek az ellenáramú hőcserélők. A gyakorlatban úgy néznek ki, hogy az expanziós szelep előtt a folyadékvezeték a szívócsőben halad végig. A folyadék utóhűl (log p-h diagram t_c - t_3 szakasz) és az utóhűtött folyadék előnyös adottságai érvényesülnek a hűtőkörben történő elpárolgás közben. A szívócsőben az esetlegesen még megmaradt cseppfolyós hűtőközeg a kondenzátorból kilépő folyadék melegétől teljesen elpárolog (6.1.19. ábra).



6.1.19. ábra log p-h diagram

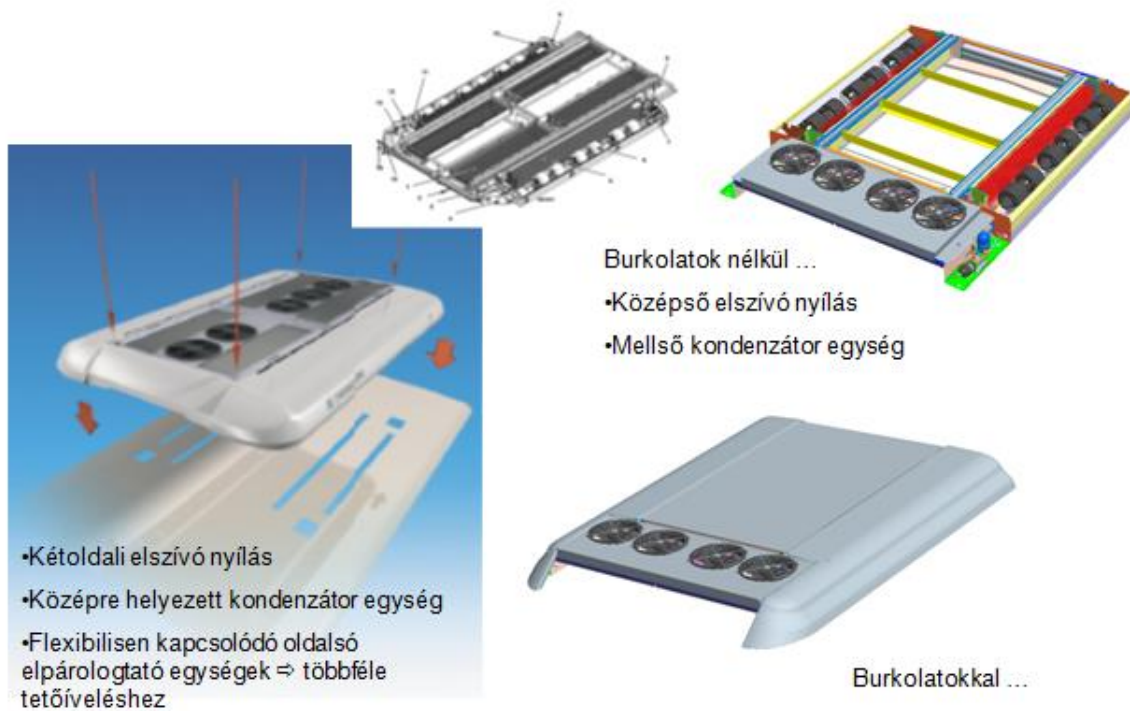
Forrás: <https://docplayer.hu/4838977-Abrak-kepek-cd-6208-11-hutesi-rendszerek-hutoberendezesek.html>

6.1.14.3 A motorvezérlő:

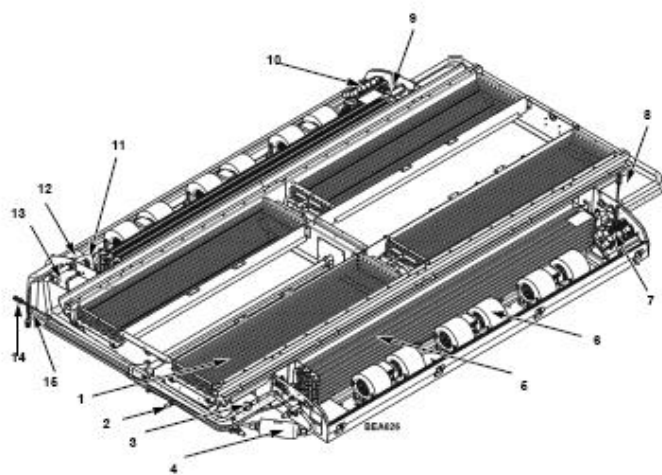
A motorvezérlő által irányított klímaberendezések esetében az eszköz figyelembe veszi a továbbhaladáshoz és a motor biztonságos működéshez szükséges adatokat is. Magas külső hőmérséklet esetén, ahol már a motor túlmelegedése veszélyes lehet a klíma használata miatt, vagy az egyéb hiba okán bekövetkezett túl magas vízhőmérséklet miatt, a motorvezérlő a klímaberendezést leállítja. A motorvezérlők az egyéb más motordiagnosztikai hibák miatt is képesek a rendszer tiltására. Találkozhatunk olyan esettel is, ahol napjainkban oly népszerű chiptuning áldozatává válik a klíma. Ugyanis a teljesen letörölt és új firmwarer-rel feltöltött motorvezérlő az alapbeállítások során egy nem klímás autóból lett kimásolva, így amennyiben a motorvezérlő alapkonfigurációja nem tartalmazza a klímaopciót, akkor nem fogja bekapcsolni a klímakompresszort.

6.1.15 Autóbusz klíma

Autóbusz légkondi tetőegységek



6.1.20. ábra Autóbusz légkondicionáló tetőegységei



6.1.21. ábra autóbusz légkondicionáló tetőegysége

6.1.15.1 Autóbusz klíma általános leírása

Kondenzátor egység $\Rightarrow$ axiális ventilátorok (6.1.20 ábra)

Fordulatszám vezérlés $\Rightarrow$ soros / párhuzamos kapcsolás, illetve fokozatmentes a nyomóoldali nyomásérték függvényében

- Elpárolgató egység $\Rightarrow$ radiál ikerbefűvők

Fordulatszám vezérlés $\Rightarrow$ 3-fokozat, vagy fokozatmentes

- Teljesítményszabályozás

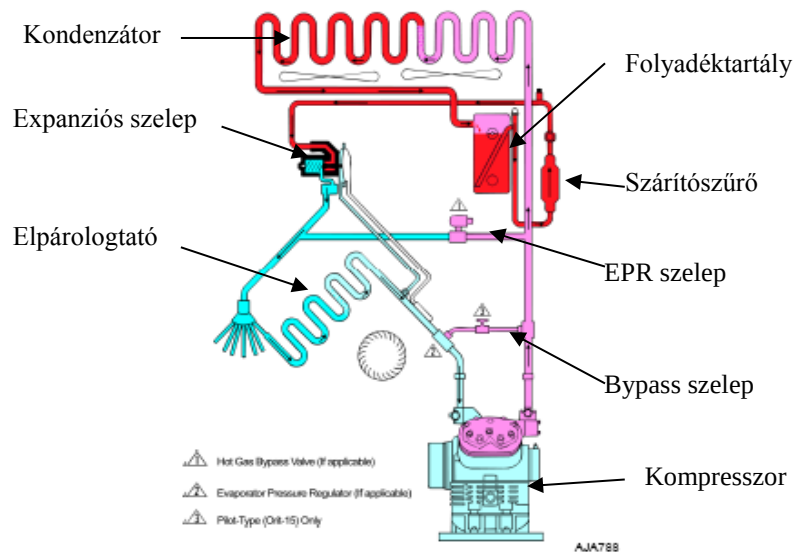
Kompresszor tengelykapcsoló

„Bypass” szelep

Elpárolgató egység nyomásszabályzó szelep (EPR)

Elpárolgató egység ventilátor fordulatszám szabályozás

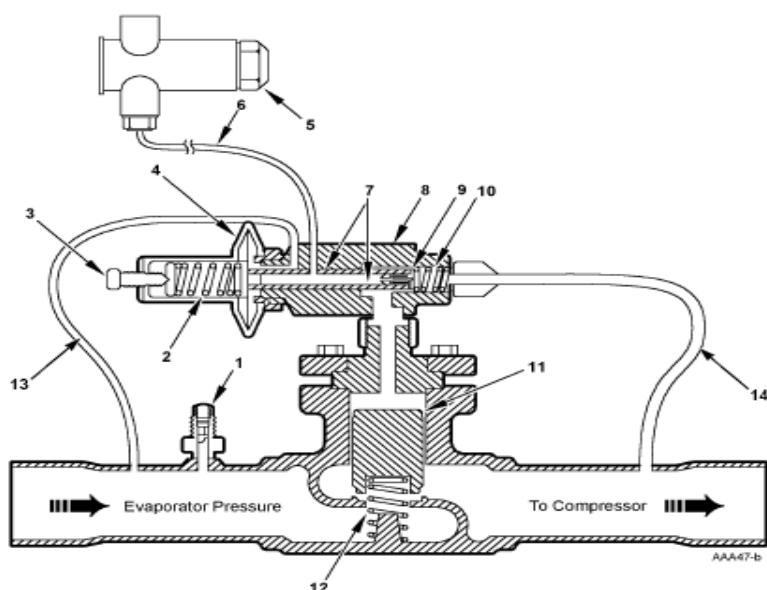
Kompresszor fordulatszám (meghajtás áttételi viszony)



6.1.22. ábra Autóbusz klíma
 Forrás: Thermo King Bus training

Kifejezetten hosszú távú utak megtételére alkalmas buszok kialakítása esetén, miután az utastér hőmérséklet elérte a kívánt értéket és a hőterhelés viszonylag alacsony, szükséges a klímaberendezés teljesítményét csökkenteni. Az alacsony hűtési igény miatt fennáll az elfagyás veszélye. Ha ezt a problémát túl gyakori kibekapcsolással kívánják megoldani, a kompresszor tengelykapcsolóját tönkretelheti és ingadozó, hullámzó hőmérséklet alakul ki az utastérben. A megfelelő szabályozás egyik lehetséges megoldása nyomásszabályzó szelep (6.1.23. ábra) beépítése az elpárolgatóba.

6.1.15.2 Elpárolgató nyomásszabályozó szelep (EPR szelep) - Felépítése



6.1.23. ábra. Elpárolgató nyomásszabályozó (ERP -Evaporator Pressure Regulator Valve) szelep

Forrás: Thermo King Bus training

1. Mérőóra csatlakozó
2. Állító Rugó
3. Állítócsavar
4. Membrán
5. Elzáró szelep
6. Magasnyomású vezeték (kompresszor nyomóoldal)
7. Nyomórúd
8. „Pilot” szelep
9. Vezető csap
10. Rugó
11. Dugattyú
12. Nyitórugó
13. Elpárolgató egység szívóoldali nyomásvezeték
14. Kompresszor szívóoldali nyomásvezeték

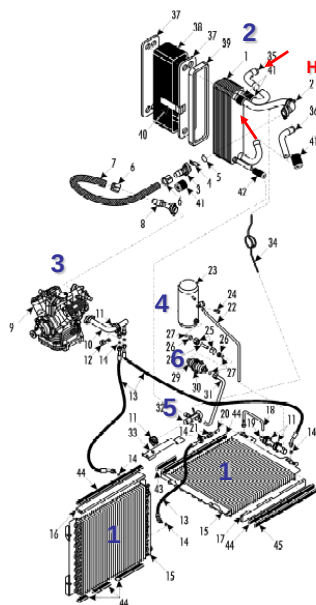
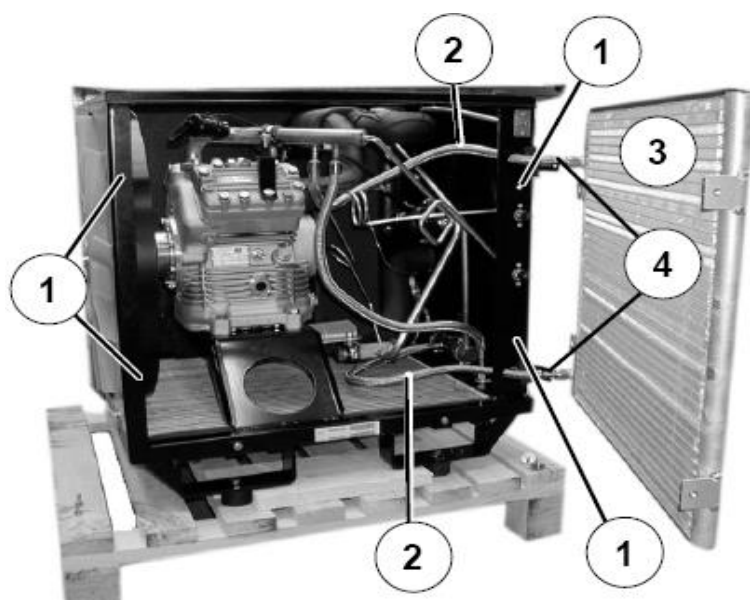
Feladata

- Alacsony hűtőteljesítmény igény esetén az elpárolgató egység hőmérsékletének korlátozása
- R407C $\Rightarrow$ 50 Psig ($\sim$ 0 C°)
- R134a $\Rightarrow$ 24 Psig ($\sim$ -2 C°)

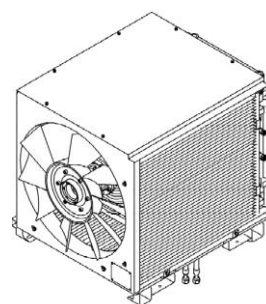
6.1.15.3 Közvetítő közeges autóbusz klíma

Néhány autóbusz típus esetén alkalmaznak kompakt folyadékűtő rendszert is (6.1.24. ábra).

Ezekben az esetekben a jármű motorja nem közvetlenül a kompresszort hajtja meg, hanem egy hidraulikus szervo szivattyút. Az így rendelkezésre álló segédenergia egy hidromotor segítségével meghajtja a kompresszort. A gépjármű hűtési rendszeréből fagyállót leválasztva mágnesszelepekkel, külön keringető szivattyú kerül beépítésre. A keringetett folyadékot annak függvényében, hogy van-e hűtési igény, egy lemezes hőcserélőn keresztül a kompresszor hűti le. A hőcserélőt használva fűtés esetében ugyanezt a hűtőfolyadék kört vizes gázolajjal üzemelő kályhák fűtik, így biztosítva a jármű fűtését. A fűtésben a jármű motorjának hűtőköre is részt vesz. A hűtőkör egy szűk helyre koncentrálik. Nem igényel hűtőköri csövezést, pusztán a glikol elvezetését a radiátorokig. A fan-coilok kör megbontása során kiemelt figyelmet kell fordítani a légtelenítésre. Nem megfelelő légtelenítés esetében az autóbusz motorja túlmelegedhet. Előnye az alacsony hűtőközeg töltet, kompakt kivitel, kis helyigény. Vezérlését rendszerint a gépjármű CAN-bus rendszerébe integrálja a gyártó. Pusztán a hardvert állítják elő a klíma gyártói az autóbusz gyártók részére. A vezérlés szinte mindig az autóbuszgyártó elképzelésének az egyedi igényeit szolgálja ki.



Hűtő- / Fűtőközeg be- és kilépés



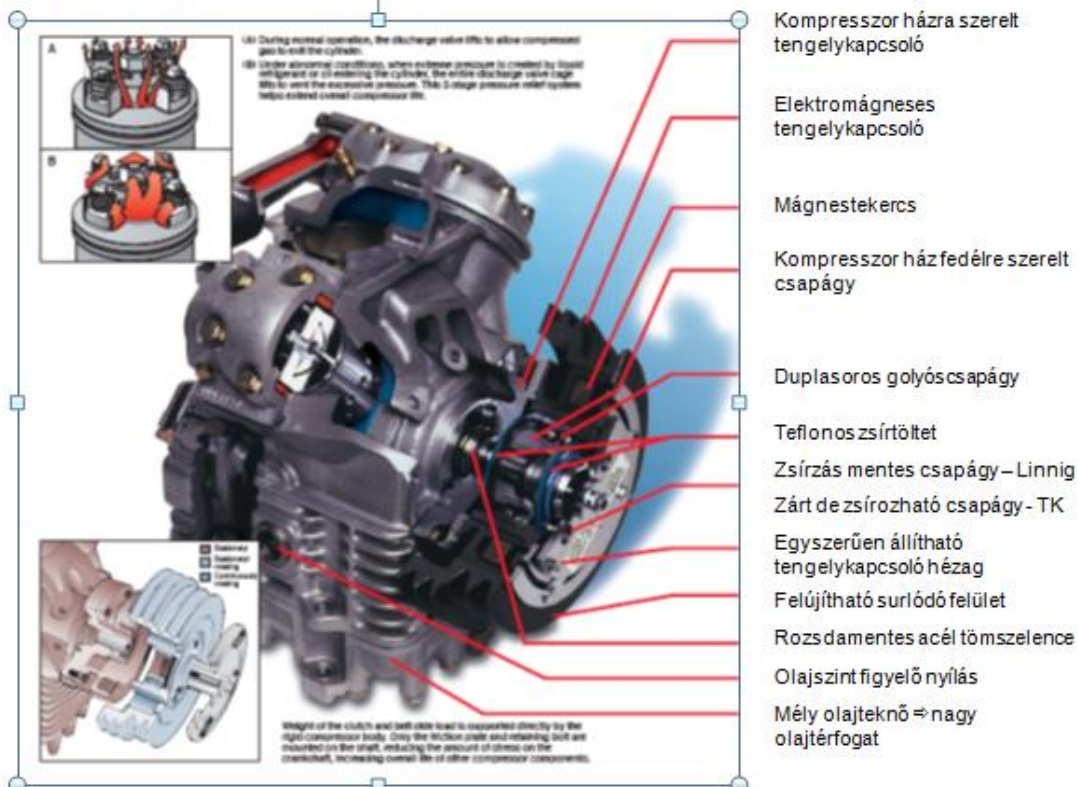
1. Kondenzátor hőcserélők
2. Folyadékhűtő egység
3. Kompresszor
4. Folyadékgyűjtő tartály
5. Expanziós szelep
6. Szárító – szűrő elem

6.1.24. ábra Kompakt folyadékhűtő rendszert
Forrás: Thermo King Aqua Clime Parts catalog

6.1.15.4 Autóbusz egyenáramú dugattyús kompresszora:

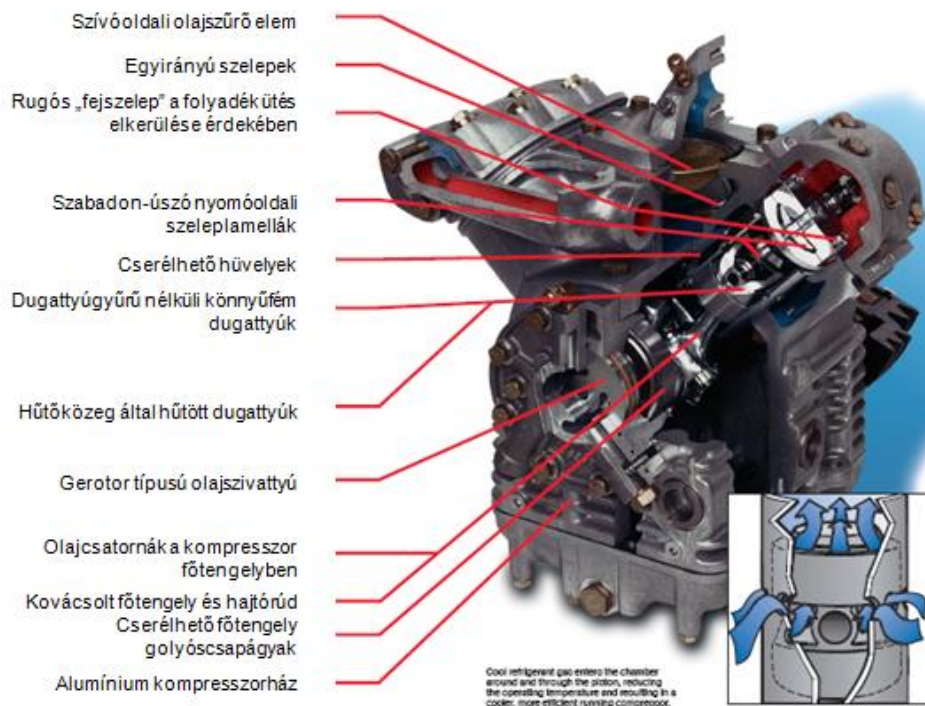
Az egyáramú dugattyús kompresszor annyiban tér el a hagyományos kompresszoroktól, hogy a hűtőközeg áramlási iránya a komprimáló térben nem változik meg. A gyűrűmentes dugattyúk szoknyái perforáltak. Lefele haladás közben a hűtőközeg a forgattyús ház irányából a dugattyú tetején beépített szívószelepen keresztül kerül a sűrítő térbe. Felfele mozgás közben a szívószelep zár a dugattyúra, teteje pedig a hüvely legmagasabb pontján a hézagmentes záródással fejezi be a komprimálás folyamatát. A közdarab csak nyomószelepet tartalmaz, így káros-mentesen képes a sűrítésre a kompresszor. Nagyobb hatékonyságot biztosítva a váltakozó áramú dugattyús kompresszorokhoz képest (6.1.25/a. és 6.1.25/b. ábrák).

TK X430 típusú kompresszor



6.1.25/a. ábra. Egyenáramú kompresszor
Forrás: Thermo King Bus training

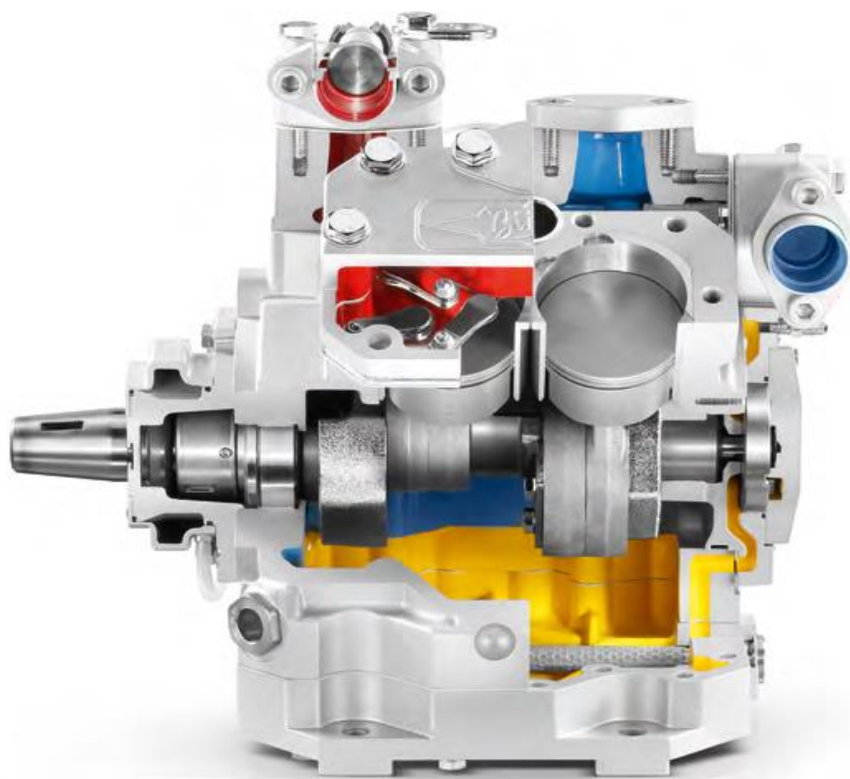
TK X430 típusú kompresszor



6.1.25/b. ábra. Egyenáramú kompresszor
Forrás: Thermo King Bus training

6.1.15.5 Autóbusz - váltakozóáramú kompresszor:

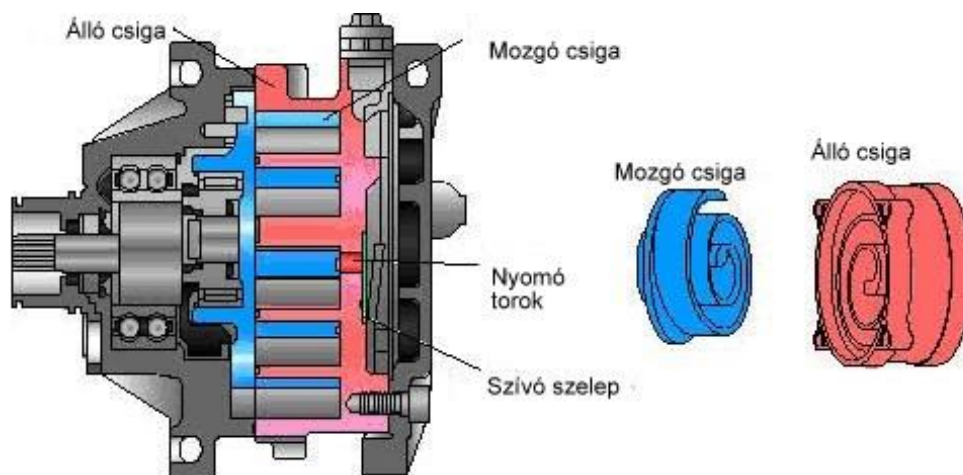
Váltakozóáramú kompresszor esetében a hűtőközeg szintén a forgattyús házba áramlik üzem közben. A kompresszortesten belül, járatokon keresztül a hengerfejen át a kétoldalas önműködő rugós lapszelepekkel szerelt közdarabon keresztül a dugattyú fölé vezetjük. A szívás ütemet követően a dugattyú felfele mozgása zárja, segíti zárni az önműködő lapszelepet a szívó oldalon, majd a közdarab ellentétes oldalán nyit a nyomószelep és a dugattyú fölül kiáramlik a komprimált forró gőz. Váltakozóáramúnak azért nevezzük mivel a hűtőközeg irányát megváltoztatva azonos irányból érkezik, majd ugyanarra távozik a hűtőközeg a komprimáló térből (6.1.26. ábra).



6.1.26. ábra. Váltakozó áramú kompresszor
Forrás: Bock.de

6.1.15.6 Scroll kompresszor:

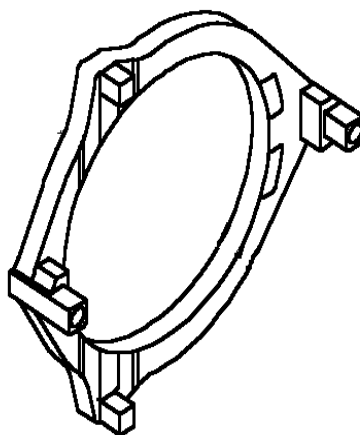
A scroll kompresszorban (6.1.27. ábra) két egymással szembe fordított Archimedesi spirál vonalban kialakított csiga kapcsolódik össze. Mozgása orbitális oszcilláló mozgás. Valójában soha nem fordul el. A mozgó csigaház a rögzített csigához egy Oldham kapcsoló villával (6.1.28. ábra) csatlakozik. Feladata: gátolja, hogy a bolygóspirál elfordulhasson és az esetleges folyadékútás esetén, nyit a szerkezeten, ezzel engedi eltávolodni az álló csigától a bolygócsigát, így akadályozva meg kompresszor mechanikus sérülést. Tekintettel arra, hogy üzem közben összekapcsolódó felületek nagyok, ezért speciális olajozása van szükség, amihez speciális olajat kell használni. Scroll kompresszor esetében kiemelt figyelmet kell fordítani a gyártó által előírt megfelelő minőségű és mennyiségű kompresszor olaj használatára.



6.1.27. ábra Scroll-kompresszor

Forrás: [https://www.toyota-](https://www.toyota-shokki.co.jp/about_us/business/automobile/compressor/kind_3/index.html)

[shokki.co.jp/about_us/business/automobile/compressor/kind_3/index.html](https://www.toyota-shokki.co.jp/about_us/business/automobile/compressor/kind_3/index.html)



6.1.28. ábra Oldham kapcsoló elem

Forrás Thermo King Truck and Trailer training



6.1.29. ábra. Scroll-kompresszor csigáinak egymáshoz képesti mozgása

Forrás Thermo King Truck and Trailer training

- A sűrítés vázolt menete folyamatosan megy végbe. Mielőtt a sűrített hűtőközeg kilép, a külső terekbe újabb hűtőközeg mennyiség lép be.
- Azonos időben hat térben történik sűrítés, ami folyamatos, egyenletes kompressziót tesz lehetővé.
- A sűrített hűtőközeg a középső nyomóoldali kilépésnél hagyja el a kompresszort.

A nyitott scroll kompresszorok a hajtáslánc elrendezéséből adódóan vízszintes tengelyűek.

Buszklíma kompresszorok minden esetben elektromos működtetésű mágneskuplung szereltek. Ez biztosítja, hogy csak szükség esetén történjen hajtás. Léteznek úgynevezett variátor tárcsával szerelt hidraulikus vagy

pneumatikus működtetésű automatikus fordulatszám szabályozó tárcsák. A szükséges teljesítménynek megfelelően tudják kombinálni a rugalmas hajtás adta fordulatszám változtatást.

6.1.15.7 Autóbusz klímarendszerének leggyakoribb hibajelenségei:

Alacsony szívóoldali nyomás – fagyos szívóág.

A berendezés nagyon alacsony túlhevítéssel vagy túlhevítés nélkül üzemel. A hiba oka az, hogy az expanziós szelep túlságosan sok folyadékot juttat az elpárologtatóba, vagy lecsökken a légáram az elpárologtatón keresztül. Adódhat ventilátor hibából, vagy okozhatják az eltömődött utastér levegőjét szűrő szűrők, esetleg a légterelő zsáluk nem megfelelő működése, vagy az elpárologtató elszennyeződése, jegesedés okozta átjárhatatlanságból a fagyásvédelem meghibásodása esetén, vagy az elzárt befűvónyílások miatt. Ügyelni kell arra, hogy biztosított legyen az utastér levegő általi átjárhatósága. A légáramot akadályozhatják csomagok, függönyök, reklámmatricák és egyéb akadályok, melyeket meg kell szüntetni.

Alacsony szívóoldali nyomás – száraz szívóág

A berendezés túlhevítése túl magas. Ez adódhat a túl alacsony hűtőközeg töltetből és az ebből fakadó alacsony hűtőközeg térfogatáramból, a rendszer szívóoldalának dugulásából, eltömődött adagolószelepből, dűzni eldugult szárítósűrő miatt. Esetenként előfordul, hogy az elsavasodott nagy nedvességtartalmú, vagy idegen anyagok miatt megváltozott tulajdonságú kompresszorolajtól az adagoló szelep befagy. Amennyiben mechanikus hiba nem tapasztalható a berendezésen, meg kell vizsgálni annak lehetőségét, hogy esetlegesen a vezérlésben résztvevő jeladók vagy hőmérsékletérzékelők megfelelő jelet továbbítanak-e a vezérlés felé. A meghibásodott jeladók téves, de még értéktűrésen belüli (nem szakadt, nem zárlatos) adatai szintén nem megfelelő működést okoz.

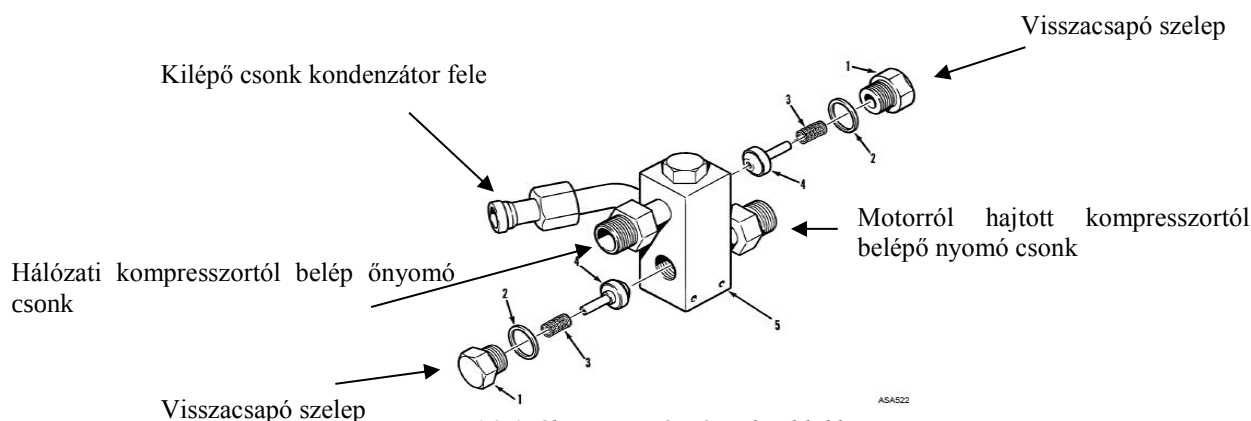
6.2 Raktérhűtők

6.2.1 Raktérhűtés funkciója és feladata:

A raktérhűtő hűtés feladata: hogy a szállítás során a berakodott árut a berakodási hőmérsékleten tartsa! Nem feladata a szállítás közben az áru hőmérsékletének megváltoztatása. Méretezése sem ennek megfelelő. Kivételt képeznek ez alól a speciálisan így méretezett egyedi berendezések, mint például az élőállat szállítók. Más-más szállítási feladatokat eltérő kivitelű, eltérő hűtőközeggel üzemelő berendezésekkel lehet megoldani. Raktérhűtés esetén a másik nagyon fontos szempont, hogy a szigetelési hiányosságot a raktérhűtő méretével nem lehet kompenzálni, vagy csak kis mértékben, de hosszú távon semmiképpen sem megoldás. A nem megfelelő szigetelés következményei lehetnek, a túlzott jegesedés, az elégtelen hőmérséklet az elvárthoz képest, a túl magas elpárolgási hőmérséklet, amely akár további meghibásodásokhoz is vezethet. A járműhűtésben alkalmazott szerkezeti egységek eltérnek a járműklímában alkalmazottaktól, és/vagy szerkezeti felépítésükben pedig a telepített gépészetben alkalmazott azonos funkciójú eszközöktől.

6.2.2 Egyirányú szelep blokk:

Két belépő és egy kilépő oldallal szerelt blokk, melyben két visszacsapó szelep található. A kilépő oldal közös, ebbe az irányba mutat mindkét visszacsapó szelep. Szerepe és funkciója, hogy a nyomóoldalakba beépítve a kettősüzemű berendezések kompresszorainak nyomó oldalát elkülönítse egymástól és megakadályozza a hűtőközeg nem kívánatos kompresszorok közti visszaáramlást (6.2.1. ábra).



6.2.1. ábra. Egyirányú szelep blokk
Forrás Thermo King Direct Drive training

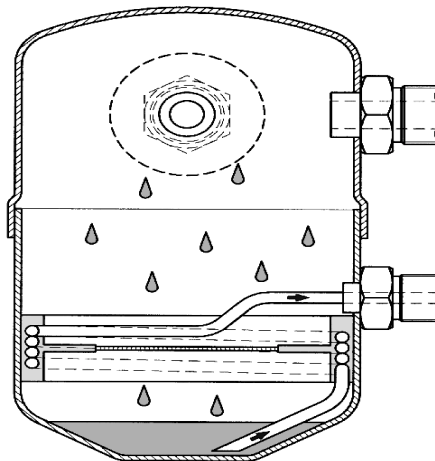
6.2.2.1 Olajleválasztó

Közvetlenül a kompresszor után beépített olajleválasztó a hűtőközeg által a kompresszorból elhordott olajat választja ki, és lehetővé teszi annak kompresszorba történő visszavezetését (6.2.2 ábra)

Az olajleválasztóba belépő nyomóoldali olajjal telített forró gőz halmazállapotú hűtőközeg egy hálónak ütközik. A hűtőközeg gőz molekulák akadálytalanul áthaladnak, de az apró olajcseppek fenn akadnak a hálón, és összegyűlve lecsepegnek a tartály aljára. Az olajleválasztó házából a nyomóoldali forró gőz tovább halad a nyomócsőben, az olaj pedig egy, a tartályon belül felcsévél kapilláris csőn keresztül a szívó ágba, vagy közvetlenül a kompresszorházba kerül visszavezetésre.

A kapilláris cső megakadályozza, hogy a szívó ágba átjusson a forró gőz halmazállapotú hűtőközeg, mert az olaj teljes keresztmetszetében áramlik benne.

A kompresszor meghibásodása esetén cserére szorul. Az olajleválasztót szakszerűen javítani, tisztítani nem lehet. Gyártmánytól függően a kivitelek eltérhetnek, de szerkezetükben és elvi felépítésükben azonosak.

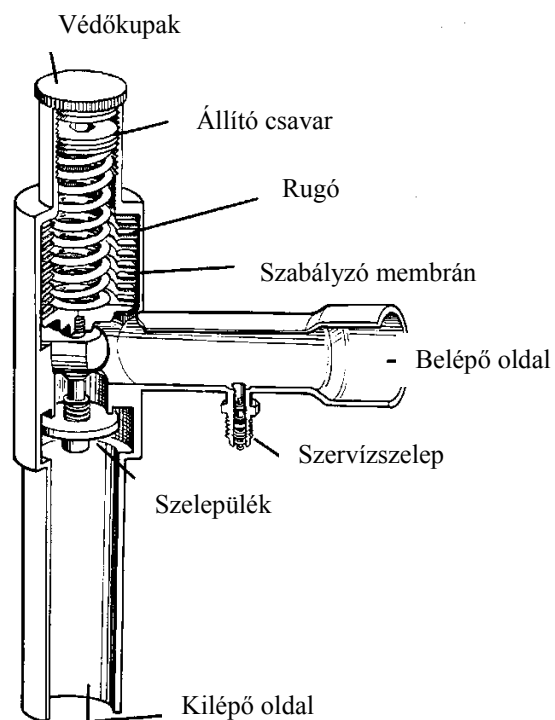


6.2.2 ábra Olajleválasztó

Forrás: Carrier Transicold Direct Drive Training

6.2.2.2 Szívó oldali nyomásszabályzó szelep:

A szívóoldali nyomásszabályzó szelep – gyakran indító szelepként is emlegetik (6.2.3. ábra) – szabályozza a kompresszorhoz visszatérő hűtőközeg nyomását/mennyiségét. Ezzel a mennyiség szabályzással magas raktérhőmérsékletek mellett is biztosítani lehet, hogy a kompresszor ne terhelődjön túl. Az eszköz feladata, hogy megakadályozza azt, hogy a kompresszor túl magas elpárolgási hőmérséklet miatt a megengedettnél magasabb szívónyomással üzemeljen, és ezzel olyan kondenzátor nyomás alakuljon ki, amelyik káros lehet a rendszerre. Leolvasztás és fűtés üzemmódban a kompresszor felé átengedett hűtőközeg mennyisége csakis annyi, amennyi a szívócsőben biztosan elpárolg, ezzel megakadályozva, hogy a kompresszor folyadékütést kapjon.



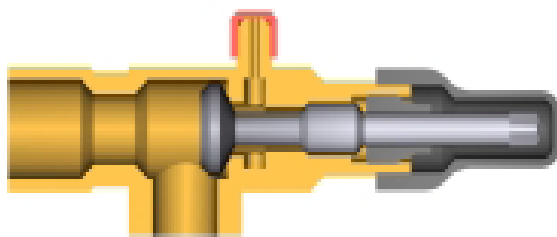
6.2.3 ábra. Szívóoldali nyomásszabályzó szelep

Forrás: Thermo King Direct Drive training

6.2.2.3 Sarokszelep

Feladata: egyes szerkezeti elemeket a hűtőkörön belül elzárni, illetve kizárni.

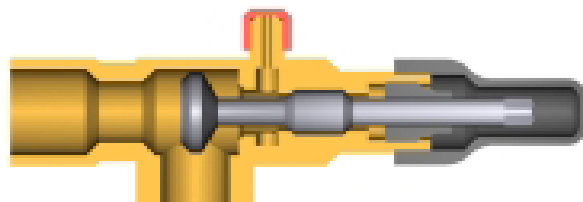
Üzemelő berendezés esetén a sarokszelep teljesen ki van hajtva, így zárja a szervizcsatlakozót, illetve megakadályozza az üzemi nyomás folyamatos terhelésének tömszelencéhez jutását (6.2.4.a. ábra).



6.2.4.a. ábra. Sarokszelep teljesen ki van hajtva
Forrás: Carrier Transicold Direct Drive Training

A védőkupak leszerelése után, lehetőség van félállásba állításra. Így a hűtőköri is üzemel és lehetőségünk van mérni is a hűtőköri nyomását az adott ponton (6.2.4.b. ábra).

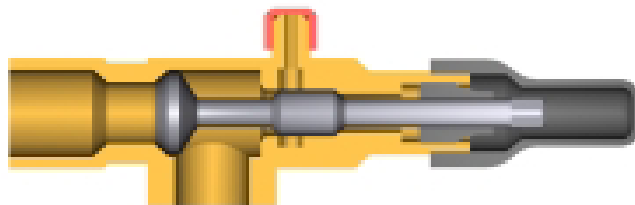
TILOS A SAROKSZELEPET NYITOTT SZERVIZCSATLAKOZÓVAL KINYITNI! Súlyos sérülést, és a hűtőköri légkörbe jutását okozza.



6.2.4.b. ábra. Sarokszelep félállásban
Forrás: Carrier Transicold Direct Drive Training

(Csőre) zárt állapot (6.2.4.c. ábra).

Lehetővé teszi a rendszer szakaszolását, vagy például a kompresszor kiszerelését a rendszerből amennyiben zárás után a kompresszorból lefejtettük a benne maradt hűtőközeget.

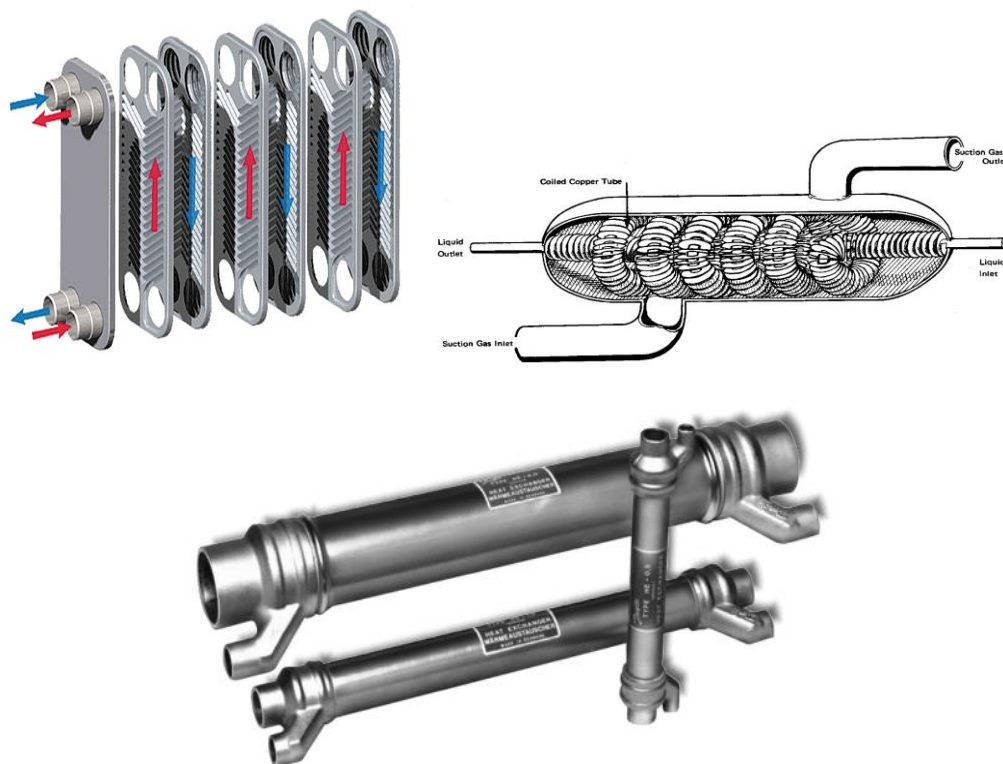


6.2.4.c. ábra (Csőre) zárt sarokszelep
Forrás: Carrier Transicold Direct Drive Training

6.2.2.4 Ellenáramú bordáscsőves és lemezes hőcserélő:

Szerepe ⇒ Utóhűtés ⇒ utóhűtéssel növelhető a fajlagos hőfelvétel.

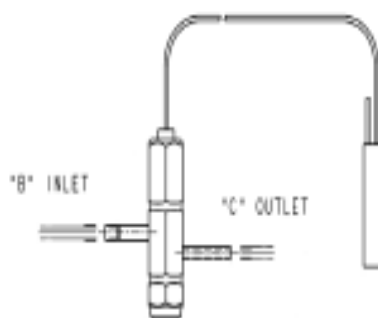
Hőcserét valósít meg a tapintható hőmérsékletű, magas nyomású, folyadék halmazállapotú hűtőközeg, valamint az alacsony hőmérsékletű, alacsony nyomású, gőz halmazállapotú hűtőközegek között. A folyékony közeg túlhevítése valósul meg egyrésztől, másfelől pedig a gáznemű közeget hevítjük túl. Egyrésztől előnyösen befolyásolja utóhűtött folyadék által a működést. Másrésztől a mélyhűtő tartományban nagyon alacsony túlhevítéssel üzemelő expanziós szelep, esetlegesen az elpárolgatóban el nem párolgott, így a szívócsőbe juttatott cseppfolyós hűtőközeg az ellenáramú hőcserélőn keresztül haladva nagy biztonsággal teljesen túlhevül és csak gőz halmazállapotban kerül vissza a kompresszorba. (6.2.5 ábrák)



6.2.5. ábrák. Ellenáramú bordacsöves és lemezes hőcserélő
 Forrás: Thermo King Truck and Trailer training

6.2.2.5 By-pass befecskendező szelep

Amennyiben a kompresszió vég hőmérséklet eléri a kritikus határát, szükség van a kompresszor visszahűtésére. Ezt a feladatot látják el az úgynevezett bypass szelepek, melyek a folyadék ágban vannak bekötve és cseppfolyós hűtőközeget fecskendeznek a kompresszor szívó csővébe. Elhelyezkedhetnek közvetlenül a kompresszor mellett, vagy az elpárologtatóba beszerelve. Működtetésük lehet mechanikus (azaz termosztatikus) vagy elektromos (tehát klixonos), mindkét esetben az érzékelő a nyomócső kompresszor fittingjén helyezkedik el (6.2.6 ábra).



6.2.6. ábra By-pass befecskendező szelep
 Forrás: Thermo King Truck and Trailer training

6.2.2.6 Nyomás kapcsolók, jeladók

Nyomáskapcsolóknak több típusát ismerjük. Léteznek biztonsági magas nyomáskapcsolók, biztonsági alacsony nyomáskapcsolók és kondenzátor nyomásszabályzó kapcsolók. Külső jegyeik alapján hasonlóak vagy teljesen megegyeznek. A csatlakozás módjában eltérhetnek, elektromosan és mechanikusan. Egy példa a nyomáskapcsolókra a 6.2.7. ábra.



6.2.7. ábra. Nyomáskapcsolók.

Forrás: <https://hu.sgmls.com/c-pressure-switch-car-ac-cooling-system.html>

A magas nyomáskapcsolók szolgálnak a nem kívánatos túl magas nyomás esetleges károsodás hatásainak megakadályozására. Az alacsony nyomás kapcsolók a túl alacsony nyomás kialakulásának káros hatásai ellen védenek, és az ez által kialakuló meghibásodásoktól védik a rendszert. A kondenzátor nyomásszabályzó a kényszerhűtést vezérli, ezzel biztosítva a megfelelő üzemi körülményeket. Esetenként a nyomáskapcsolók akár egy testben is összeépítve megtalálhatók, nem képeznek feltétlenül külön egységet. Nyomásjeladók (távadók) alkalmazása mellett a rendszer működését nem ki- és bekapcsolt elemek határozzák meg, hanem lehetővé válik a vezérlés helyett a rendszer szabályozása. Van visszacsatolt adat a rendszer működéséről, így a működtetés a nyomás jeladó alkalmazásával képes a szabályozásra, az optimális üzemi körülmények meghatározására és beállítására, akár egy kondenzátor ventilátor fordulatszámának szabályozásával. Amennyiben az automatika képes a jeleket feldolgozni és a kimenő oldalon a működtetett eszközöket megfelelően szabályozni. A nyomástávadós rendszereknél nyomástávadó látja el az üzemeltetés és a biztonsági lekapcsolás funkcióját is. Szükséges esetben a kompresszor mágnes kuplung kikapcsolásával.

Hálózati üzem:

Hálózati üzemből a berendezések figyelik a rendelkezésre álló villamoshálózat megfelelőségét, fázissorrendjét és feszültségesését.

A kompresszort működtető villamos motor lehet, külső villanymotor, mely szíjjal hajt, illetve a beépített fél hermetikus vagy hermetikus kompresszorba szerelt betét motor. Mindegyik esetben termisztor-lánc figyel a motorban található tekercsfejek hőmérsékletét és további motorvédő van beépítve a mágneskapcsoló mellé.

6.2.2.7 Járműhűtés csoportosítás:

Battery, Akkumulátoros berendezések

Járműhűtést, más néven raktérhűtést csoportosíthatjuk teljesítményük, meghajtási rendszerük, üzemelési módjuk, kivitelük, felszerelési helyük és funkcióik alapján. Ezek alapján a legkisebb teljesítményű berendezések az akkumulátorról üzemeltetett berendezések, melyek típusjelében jellemzően a „B” betű szerepel, mint Battery. Lehetnek csak akkumulátorról hajtottak, illetve rendelkezhetnek kettős üzemmel, azaz hálózatról is üzemeltethetők. A berendezés ezekben az esetekben mindig egy kompresszorral van szerelve és pusztán a kompresszor meghajtásának módja változik. Kondenzátor egységben található mindig a kompresszor, mely mellett megtaláljuk a meghajtáshoz szükséges motor(oka)t felszereltségtől függően egyet vagy kettőt. A hűtőgép gyártók nagyáramú DC motoros kompresszor meghajtás alkalmazásakor előírják a minimális akkumulátor kapacitást, illetve a gépjármű gyári generátorának minimális teljesítményét. Amennyiben ezt nem éri el a gépjármű alap specifikációja, átalakítás szükséges, máskülönben a berendezés áramfelvétele a biztonságos üzemeltetés rovására mehet. Jellemzően 100Ah-ás akkumulátor és 100A teljesítményű generátor szükséges. Kettős üzemű berendezés esetén gondoskodnunk kell arról, hogy a hűtőberendezés 12 V-os komponensei az üzemi feszültséget ne a gépjármű hálózatából kapja. Az akkumulátor gyors lemerüléséhez vezetne. Ehhez több technikai megoldást is alkalmaznak. Alap megoldásként elfogadott, hogy transzformátorral a hálózatról használt feszültséget 12-14 V-ra csökkentjük és egyenirányítón keresztül, pufferkondenzátorral biztosítjuk az üzemeltetéshez a feszültséget. A transzformátor speciális kivitelű, ugyanis biztosítani kell a hőelvezetését, annak

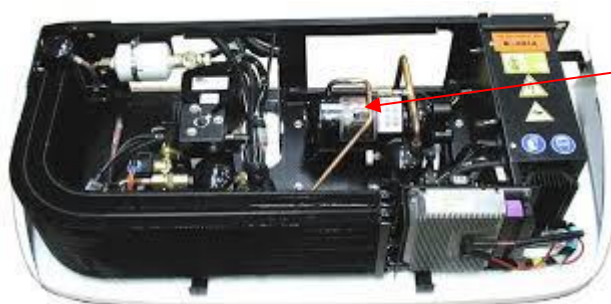
figyelembevételével, hogy kültéren alkalmazott technológiának megfeleljen és érintésvédelmi szempontból mégis biztonságos legyen. Ezért a transzformátorokat kvarchomokkal feltöltött, majd kiöntött műgyantába házba építve gyártják. Ezek lehetnek hagyományos "E-I E-E " vasmaggal szereltek, Hipersil vagy toroid transzformátorok. Egy, illetve három fázisú kivitelben, a hálózati működtető feszültségnek megfelelően, de előfordul 1x400V-is 2 fázis alkalmazásával. A másik elfogadott megoldás, hogy a hálózati villamos motor (AC), amely a meghajtást biztosítja, megforgatja az egyenáramú motort, amely dinamó üzemben biztosítja a ventilátoroknak és a többi 12 V-ról működő részegység működéséhez a törpefeszültséget.

Alkalmazásukat főként abban az esetben részesítik előnyben, amikor a jármű motorjára nem lehetséges a működtetéshez szükséges kompresszor felszerelése és kizárólag jármű elektromos rendszerére támaszkodva kell megvalósítani a hűtési feladatot.

6.2.2.8 Direct-drive, közvetlen hajtás

A direct-drive, vagy közvetlen hajtás alatt azt értjük, amikor a hűtőberendezés jármű motorral meghajtott. A működtetésükhöz szükséges energiát a gépjármű motor forgatónyomatéka biztosítja, tengelykapcsolón keresztül a nyitott kompresszornak. Járműhűtés kategóriában a második legkisebb teljesítményű kategóriát képviselik. Jellemzően 0 °C-os teljesítményük nem haladja meg a legnagyobb berendezés esetében sem a 7-8 kW-ot.

Kialakítható belőlük kettős üzemű gép is, ami hálózatról is üzemeltethető. Kettős üzem esetén a hűtőkörben kettő kompresszor található. Az egyik a jármű motorjára szerelve, a másik pedig a kondenzátor egységben van elhelyezve (6.2.8. ábra). A két kompresszor működése egymástól reteszelve van és a hűtőkörön belüli összekapcsolásuk visszacsapó szelepen keresztül valósul meg, hogy egymás működését ne zavarják.

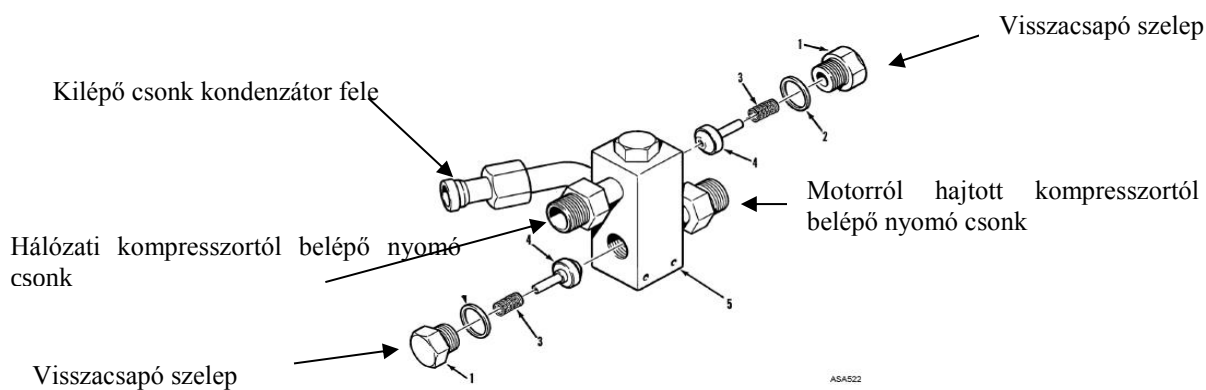


Hálózati kompresszor

Kondenzátor egység.

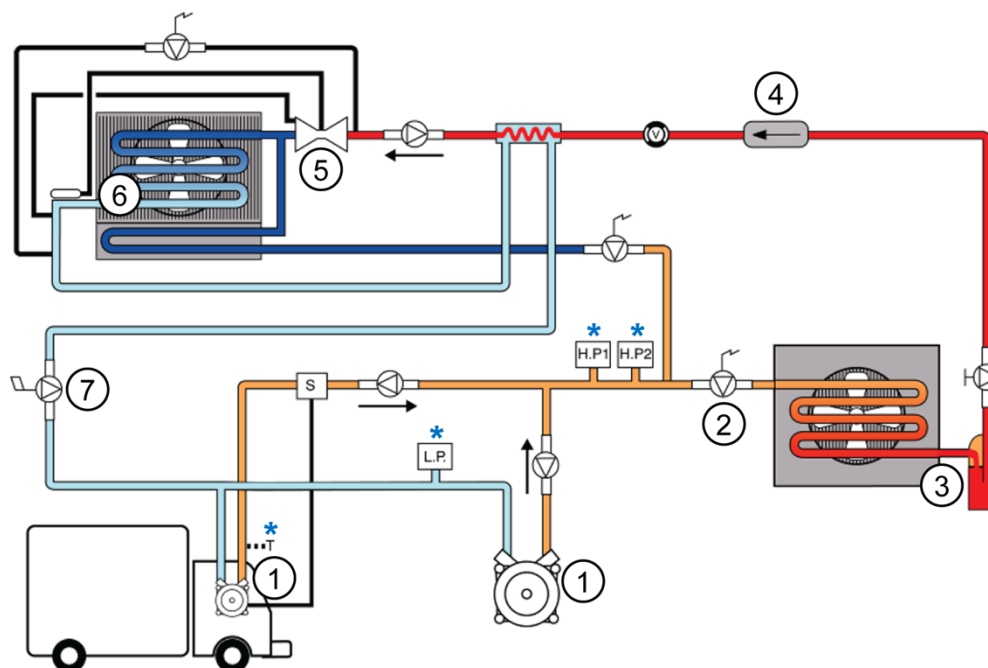
6.2.8 ábra

Forrás: Carrier Transicold Operating Manual



6.2.9. ábra

Forrás Thermo King Direct Drive training



6.2.10. ábra

Tekintettel arra, hogy az alkalmazott hálózati kompresszorok lehetnek hermetikus, illetve félhermetikus kivitelűek, és a hűtőkör közös a jármű motorral hajtott kompresszorral, a rendszerben alkalmazott kompresszor olajnak minden esetben meg kell felelnie annak a feltételnek, hogy a villamos betét motorral érintkezve ne okozzon kárt annak tekercselésében és megfelelő dielektromos állandója kell hogy legyen, amellet, hogy maradéktalanul el kell látnia a feladatait a hűtőkörben. A gyártók, ennek érdekében, szinte kizárólag POE, azaz poliészter alapú szintetikus kompresszorolajokat alkalmaznak (6.2.10. ábra).

6.2.2.9 Az olajokkal szemben támasztott elvárásaink:

Biztosítson megfelelő kenést, esetenként tömitést a kompresszor forgó-mozgó alkatrészei részére. Segítse a kompresszor megfelelő hűtését. Jól elegyedjen a hűtőközeggel, hiszen lényeges szempont, hogy az olaj vissza is jusson a kompresszorba. Fizikailag, kémiaiilag stabil legyen, ne lépjen reakcióba a hűtőközeggel, illetve a berendezésben alkalmazott egyéb anyagokkal. Minden olyan hőmérséklet tartományban, ami a jármű használata és a berendezés üzemi tartományán belül van, megfelelő legyen a viszkozitása. Ne legyen hajlamos savasodásra, ne legyen hajlamos kokszosodásra a kompresszió megengedett maximális vég hőmérsékletén belül.

POE olaj (poli-észter)

A poliészter olajok szintén higroszkópos, bár kevésbé, mint a PAG olajok. Elviselik a rendkívül magas kompresszió vég hőmérsékletet. Jól elegyednek a hűtőközeggel és magasabb a dielektromos állandójuk. Hermetikusan zárt, és villamos betét motorral szerelt fél-hermetikus kompresszorokban egyaránt alkalmazható, mivel nem oldja a lakkot. Szinte az összes biztonsági hűtőközeg alkalmazása esetén használható. Poliészter alapú olajokat jellemzően nagyteljesítményű klímaberendezésekben, járművek esetében buszokban, kötöttpályás közlekedésben alkalmazott klíma rendszerekben, valamint raktérhűtőkben alkalmaznak. Jellemzően az ezekben előforduló villamos betét motor és a szélsőséges, valamint nem kiszámítható környezeti viszonyok miatt, és a raktérhűtő esetében az alacsony elpárolgási hőmérséklet miatt indokolt poliészter olaj használata.

A kompresszor olajok nem keverhetők, nem elegyednek egymással és keveredésük előnytelenül befolyásolja minden tulajdonságukat. Egyértelműen a kompresszor illetve a rendszer meghibásodásához vezet. Sem az olaj típusok, sem a hűtőközегhez előírt olaj típusok nem keverhetők. A PAG és POE olajok esetében nedvességgel érintkezve paraffint képez, ami a kompresszorokban lerakódásokhoz vezet. Az elektromos teljesítmény szabályzó szelepeket eltömíti, így használhatatlanná téve a kompresszort.

Minden típusú kompresszorolaj különböző viszkozitási szintekkel elérhető. Mindig alkalmazzuk a gyártók által előírt megfelelő viszkozitású olajat a későbbi meghibásodások elkerülése érdekében.

A berendezésekből a javítás során visszanyert, vagy lecserélt kenőanyag veszélyes anyagnak minősül. A hűtőből visszanyert kompresszor olajat, soha ne tároljuk zárt tartályban mivel az még oldott hűtőközegek tartalmazhat. Biztonsági szelep vagy kissé meglazított záródugóval ellátott tartályban tároljuk, hogy ne tudjon túlnyomás

kialakulni. A jogszabályi előírásoknak megfelelően vezessünk róla nyilvántartást és jogosultsággal rendelkező vállalkozásnak adjuk át megsemmisítésre

Direct-drive berendezéstípusnál kettős üzem esetén a 12 vagy 24 Voltot a berendezés komponenseinek, kizárólag transzformátorral és egyenirányítással előállított törpefeszültség biztosítja. Csakúgy, mint a másik berendezés típus esetén, a transzformátor speciális kivitelű, ugyanis biztosítani kell a hőelvezetését, annak figyelembevételével, hogy kültéren alkalmazott technológiának megfelelően és érintésvédelmi szempontból mégis biztonságos legyen. Ezért a transzformátorokat kvarchomokkal feltöltött, majd kiöntött műgyanta házba építve szerelik. Ezek lehetnek hagyományos "E-I E-E " vasmaggal szereltek, Hipersil vagy toroid transzformátorok. Egy, illetve három fázisú kivitelben a hálózati működtető feszültségnek megfelelően, de előfordul 1x400V-is 2 fázis alkalmazásával. Egyenirányítás után minden esetben találhatunk pufferkondenzátort, amely nem összekeverendő az egyfázisú villamos motor segédfázis kondenzátorával. A pufferkondenzátornak több ezer mikro F a kapacitása és feszültség alacsony általában 50 V. Az egyenirányítás során találkozhatunk egyutas, kétutas és Graetz kapcsolású egyenirányító hiddal. Ennek megfelelően a transzformátorok szekunder feszültsége sokféle lehet a 10,5 V-tól egészen a 14 V-ig. Egyszer, kétszer, vagy akár háromszor.

6.2.3 Gépek felépítése

Felépítésüket tekintve a gépek lehetnek split, azaz osztott kivitelű gépek, lehetnek monoblokk rendszerű (azaz az elpárolgató és a kondenzátor egy egybeépített egységet alkot), valamint több kamrás (tehát multitemp) kivitelűek, ahol minden esetben egy kültéri egységhez, több beltéri egység tartozik. Az összes kivitel lehet kettős üzemű. Elhelyezésük történhet a gépjármű karosszériájának tetején furgonok esetében, vagy alvázra szerelt dobozos hűtőautók esetében a homlokfalon a fülke felett. Több gyártó is ajánl úgynevezett rejtett kondenzátoros egységet. Ezek nem képezik a teljesen összeszerelt gépek csoportját. Gyakorlatilag az üzemeltetéshez szükséges eszközök rendelkezésre állnak és többnyire a kivitelezőkre bízva a fő komponensek elhelyezését. Lehetőség van a gépjármű elején hűtőtartóban elhelyezni a kondenzátort, vagy a jármű padlólemeze alatt, amennyiben ez a biztonságos gépjármű hasmagasság megtartása mellett megtehető. Ezek a gyártók legritkábban alkalmaznak típus specifikus szetteket, amelyek egy-egy adott jármű típusra vonatkoznak. Általában univerzális eszközöket használva a kivitelezést a szakemberre bízzák. Az összes fent említett berendezés esetében meghatározhatjuk, hogy a berendezést csak hűtési céllal használjuk, vagy fűtésre is alkalmas opcióval kérjük.

A legegyszerűbb:

Kizárólag a jármű motorjával működtethető hűtő berendezés. Csak hűtési célokat szolgál, kifejezetten friss áruszállításra gyártották. Forrógázos leolvasztást sem tartalmaz. Az esetlegesen kialakuló jegesedést a raktér levegőjének ventilátorral történő forgatásával szünteti meg, miközben a kompresszor nem üzemel.

Leolvasztással:

Azoknál a berendezéseknél amelyeknél fennáll a fokozott dér képződés-, jegesedés veszélye, szükséges leolvasztani az elpárolgató lamella felületét időről-időre. A leolvasztás indításának módja lehet időzített, automatikus és manuálisan, kézzel indított. Időzített leolvasztásnak nevezzük, amikor adott, fix intervallumonként indítja a leolvasztást a berendezés. Automatikusnak nevezzük, amikor az első leolvasztást követően a berendezés kalkulál a leolvasztás hosszából egy intervallumot, mely alapján szükségessé teszi a következő leolvasztás kezdetét. Manuális leolvasztást a vezérlő megfelelő gombjának megnyomásával indíthatunk, abban az esetben ha az elpárolgató borda hőmérséklete 0 °C fok alatt van.

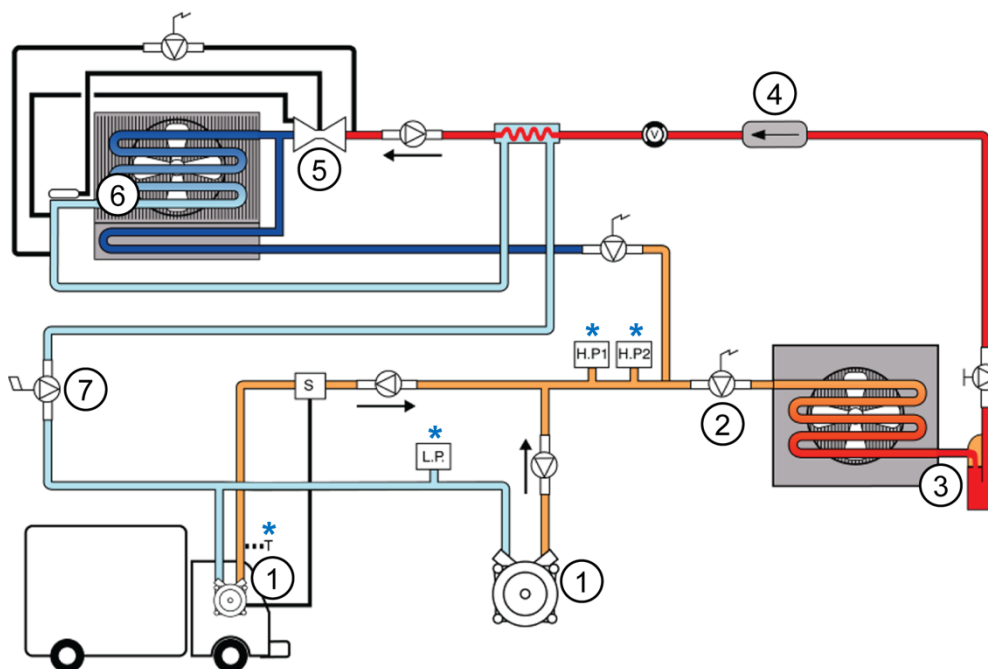
A leolvasztás befejezése mindig automatikus. Megtörténhet hőmérsékletre, illetve időtartamra. Általában az elpárolgató vég hőmérséklete az, ami leállítja leolvasztást. Jellemzően 8 Celsius fokos bordahőmérsékletnél, de amennyiben az olvasztás hossza meghaladja a programban meghatározott leghosszabb időtartamot, a leolvasztás abbamarad, a berendezés visszaáll hűtés üzemmódba és hibaüzenetet továbbít a kezelője fele.

Forró gázos leolvasztással szerelt Direct drive berendezések esetében egy mágnesszelep (HGS, Hot Gas Solenoid) a kondenzátor előtt a kompresszor által továbbított forró gőzt bevezeti az elpárolgatóba. Első körben csepptálcafűtés csőkiágóján halad végig felolvasztva az abban képződött jeget, hogy biztosítsa a leolvasztáskor keletkező olvadékvíz megfelelő elvezethetőségét a csapdából. A csőkiágó vége becsatlakozik az expanziós szelep mögé az elpárolgatóba. A forró gőz az elpárolgatótón végighaladva a szívócsőben végződik. Egy szívóoldali nyomásszabályzó van beépítve a kompresszor megvédése érdekében, majd az eddigre már lehűlt és részben kondenzálódott hűtőközeg a szívócsőben elpárolgva jut vissza a kompresszorba.

Fűtéssel:

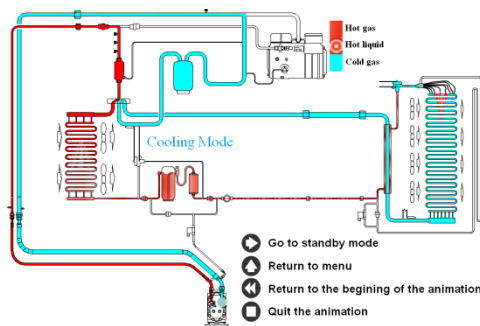
Fűtési opcióval szerelt berendezés esetében (6.2.11. ábra) a leolvasztó mágnesszelep mellett egy fordított alapállapotú (alaphelyzetben nyitott) kondenzátor elzárószeleppel is ellátják a berendezést. Ilyen esetekben a hűtőközeg kizárólag az elpárolgató fele tud áramlani fűtés üzemben. Így lényegesen nagyobb fűtési

teljesítmény érhető el. Annak érdekében, hogy a folyadéktartályban rekedt hűtőközegek a hűtő körbe visszajuttatva fűtés üzembe is részt vegyen a munkában, egyéb eszközök is szükségesek. A folyadék tartály belépő pontjánál visszacsapó szelepet kell elhelyezni. Egy harmadik mágnesszelepen keresztül a nyomóoldal közvetlenül a folyadéktartályra kerül visszavezetésre. Leolvasztás üzemben a forró gőz az expanziós szelepen keresztül az elpárolgatóba kényszerül. A folyadéktartályból az ott található folyadék állapotú hűtőközegek az elpárolgatót végighaladva már nem jut vissza a kondenzátorba. Kizárólag az elpárolgató körében fűtési feladatot ellátva kering. Annak érdekében, hogy az expanziós szelepen keresztül visszafele ne legyen képes a hűtőközeg áramlani a folyadékágba is, az expanziós szelep elé, visszacsapószelep kerül beépítésre. E technikai megoldással, a fűtési üzem során a hűtőkör hűtőközeg töltetének mintegy 60%-át képesek vagyunk a fűtési körbe visszaáramoltatni, és ezzel a működéshez szükséges hatékony fűtést biztosítani. Nem standard módja a fűtésnek, inkább a nagyobb Truck & trailer berendezéseknél jellemző (6.2.11 ábra).

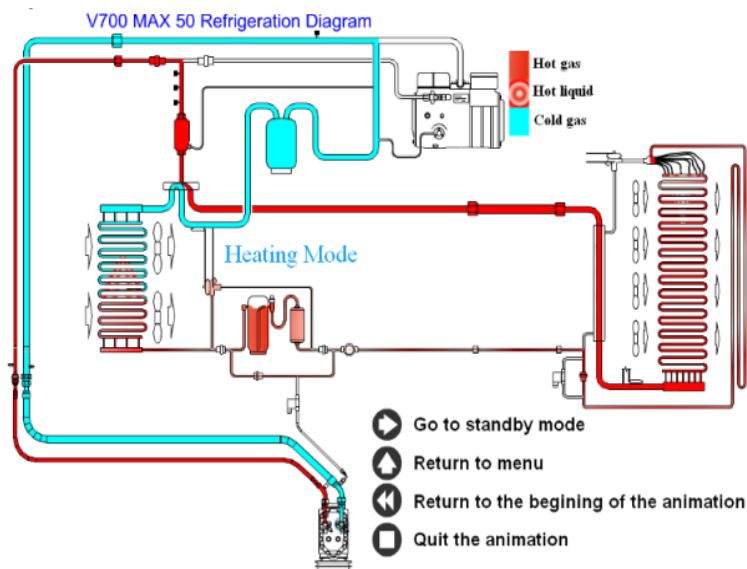


6.2.11. ábra Járműmotorról hajtott rendszer forrógázos leolvasztással, fűtéssel
 Forrás: Carrier Transicold Direct Drive training

A Direct drive járműfűtés területén ritkán, de találkozhatunk teljes ciklusfordítás elvén működő raktérhűtő berendezésekkel. Itt a hűtőkörfolyamatot teljes egészében megfordítva, két expanziós szeleppel biztosítják az elérni kívánt szükséges fűtési teljesítményt (6.2.12a., b. ábra). Amennyiben a fent felsorolt módszerek által leadott teljesítmény nem elégséges a fűtési igény kielégítésére, jellemzően kiegészítő fűtőberendezést, kályhát építenek be és vezérelnek a raktérhűtő berendezés vezérlésével.



6.2.12.a. ábra. Hűtés üzem járműmotorról
 Forrás: Thermo King Direct Drive training



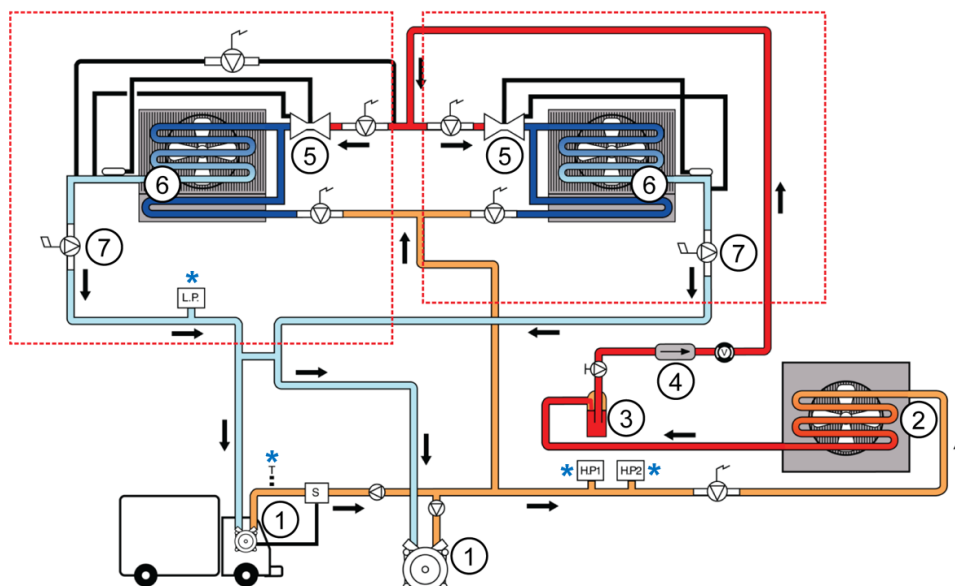
6.2.12.b. ábra. Fűtés üzem járműmotorról
 Forrás: Thermo King Direct Drive training

Osztott kamrás berendezések, Bitemp és Multitemp:

Osztott kamrás berendezéseknek azokat az eszközöket nevezzük, melynél egy kondenzátor egységhez egynél több elpárolgató csatlakozik. Külön raktér részben vannak elhelyezve. Eltérő hőmérséklet beállítása esetén is képesek az adott rakteret a beállított értéken tartani. Több lehetőség van megvalósításukra. Az első csoportba soroljuk az úgynevezett bi-temp berendezéseket. Ezeknél a berendezéseknél a fő kamra működése előfeltétele a második kamra működésének. Önállóan a második kamra nem képes üzemelni. Multi-temp berendezéseknek nevezzük azokat a berendezéseket, ahol a két kamra egymástól teljesen független, külön-külön és együtt is képesek üzemelni. Ellentétes üzemmódban, eltérő beállított terem hőmérséklet mellett is.

Legegyszerűbb kivételek esetén a két elpárolgató párhuzamosan, folyadék, illetve forró gáz szelepekkel el van választva egymástól. Azonos üzemmódokban párhuzamosan működnek egymással, ellentétes üzemmódokban pedig, míg az egyik el nem éri a beállított set pontot, a másik várakozik, majd a másik indul és végrehajtja a feladatot. Az ilyen kivételek esetén az áru megvédeése érdekében jellemzően a vezérlés látja el a precízebb szabályozás feladatát, több fajta szabályozási rendszer működik. Az alap szabályozásban az egyik kamra prioritást élvez, és amíg az el nem éri a beállított értéket, csak az üzemel. Jellemzően a friss áru szállítására szánt raktér élvez prioritást a fagyasztottal szemben, de lehetnek kivételek, mint például cukrászati termékek esetében, ahol a fagyalt elsőbbséget élvez a hűtést igénylő édességekhez képest. A prioritást meghatározhatja a konkrétan kijelölt kamra, de akár a teremben beállított munkapont is meghatározhatja a kamrák szabályozásának sorrendjét. Az ilyet progresszív szabályozásnak hívják. A szerkezetileg így felépített rendszer esetében azonban automatikus üzemmódban regresszív szabályozás is megvalósítható. Ez azt jelenti, hogy a két kamra üzemelése felváltva, adott ciklus idővel ellentétes üzemben párhuzamosan történik, és a teremhőmérséklet változása, illetve a beállított munkaponttól való távolsága határozza meg, hogy a berendezés milyen irányban tolja el egymástól a ciklusidőket. Az eltérő üzemmódban üzemelő elpárolgatóknál így elérhető az, hogy mindkét raktér egyenletes tempóban éri el a beállított értéket, és igazodik a környezeti terheléshez.

Eltérő megoldásként megvalósítható az osztottkamrás hőmérséklet szabályozás úgy is, hogy amennyiben ellentétes üzemmód szükséges az üzemelés során, a külső egységet a hűtőkörből kizárjuk. A fűtési feladatot ellátó elpárolgatóból kondenzátor lesz, és az ott kondenzált folyadék a hűtést kiszolgáló térben párolog el, elpárolgató üzemmódban. Az üzemmódok tetszőlegesen felcserélhetőek a két elpárolgatók közt annak megfelelően, hogy milyen feladatot látnak el.



6.2.12. ábra Két raktér, hűtés-fűtés, hálózati hajtás
 Forrás: Carrier Transicold Xarios Mt training

6.2.4 Gyakori szervíz eljárások:

- Gyors hűtőközeg töltetmennyiség ellenőrzés:

Gyors hűtőközeg töltet mennyiség ellenőrzésről akkor beszélünk, ha nem pontosan szeretnénk tudni, hogy megfelelő mennyiségű hűtőközeg van-e a rendszerünkben, hanem azt a célt szolgálja, hogy információt szerezzünk arról, hogy az üzemszerű működés biztosításához elegendő vagy nem túl sok hűtőközeget tartalmaz-e a berendezés. A hűtőközeg folyadék tartály oldalán kettő kémlelőnyílás található. Az alsó nézőüveg azt a célt szolgálja, hogy üzem közben ellenőrizzük, biztosított-e az expanziós szelep folyamatos folyadék ellátása. A felső nézőüveg szolgál a hűtőközeg mennyiségének nagyságrendi ellenőrzésére. Ugyanis ha a folyadék tartály kilépő sarokszelepét elzárjuk, és a rendszert leszívátjuk, akkor a hűtőközeg mennyisége a folyadék tartályban feltorlódik és meg kell jelennie a felső nézőüvegben. Amennyiben teljes egészében feltöltődik és a berendezés magasnyomás hibával lekapcsol, illetve nem jelenik meg a folyadék, akkor vagy túl sok, vagy túl kevés a hűtőközeg a berendezésben. Egyéb esetekben a rendeltetészerű működéshez elégséges hűtőközeget tartalmaz a hűtőkör. Amennyiben a folyadék tartályon nincs kémlelőnyílás, csak nézőüveg, akkor a kondenzátort kikapcsolásával (szükség szerint) 45 °C fokos kondenzációs nyomáson kell működtetni a berendezést maximális hűtési terhelés mellett. A folyadékvezetékben a tartály után található nézőüvegben a folyadék buborékmentes folyadéktelt állapotot kell, hogy mutasson.

- Hűtőközeg töltetmennyiség pontos ellenőrzése:

A rendszerből a hűtőközeget lefejtve, mérleggel ellenőrizzük, hogy a gyártó által megadott megfelelő hűtőközeg mennyiséget tartalmazza-e a hűtőkör.

- Működőképes rendszer részleges hűtőközeg töltése:

Amennyiben megállapítottuk, hogy a rendszerünk hűtőközeg hiányos és pótlásra szorul, ellenőriznünk kell, hogy a rendszer szivárog-e. Amennyiben a rendszeren szivárgást nem találtunk, a hiányzó hűtőközeg pótlását a következőképpen végezzük el: a kondenzátor kikapcsolásával (szükség szerint) 45 °C-os kondenzációs nyomás mellett addig töltjük a berendezést, míg a maximális hűtési terhelés mellett a folyadék tartályban az alsó nézőüveg, vagy a folyadékvezetékben a tartály után található nézőüveg buborékmentes folyadéktelt állapotot nem mutat. A hűtőközeget, amennyiben Blend hűtőközegekről beszélünk, minden esetben folyadék állapotban töltjük. Körültekintő módon úgy, hogy a betöltött hűtőközeg mennyiség meghatározó-e a teljes töltet tekintetében. Szivárgás során megváltozhatnak: a megmaradt hűtőközeg összetétele, fizikai, kémiai, hűtőtechnikai tulajdonságai. A rátöltés csak akkor megoldás, ha biztosak lehetünk abban, hogy a hűtőközeg pótlása nem változtatja meg a hűtőkör üzemelésének tulajdonságait. A rendszerből a hiányzó hűtőközeg pótlása csak azeotróp hűtőközeg esetében javasolt.

- Hűtőközeg feltöltés súly alapján üres vákuumozott rendszer esetében:

A hűtőközeg betöltése során ügyelni kell arra, hogy a betöltést követő indításnál a kompresszor folyadékutását elkerüljük. Valamint azt hogy, a kompresszorból az olajat ne mossuk ki a beáramló hűtőközeggel. Üres, vákuumolt rendszerrel a hűtőközeg betöltését minden esetben a nyomó vagy a folyadék ágban kezdjük meg betölteni. Ameddig a rendszer nyomása lehetővé teszi, kizárólag ebből az irányból töltjük. Amennyiben a nyomás kiegyenlítődt a töltő palack és a rendszer közt, nincs lehetőségünk további hűtőközeg betöltésére nyomó oldalról. Ilyenkor már annyi hűtőközegnek kell lennie a rendszeren, hogy megkezdhetjük a rendszer üzemeltetését. (Amennyiben nem így van, ellenőrizni kell, hogy van-e a gyártónak egyéb betöltési protokollja a rendszerre vonatkozóan.) Üzem közben körültekintően kell eljárni, anélkül kell a feladatot elvégezni, hogy a kompresszor folyadékutást kapna, vagy az olaj kimosódna a szívó oldalról. Így fejezzük be a rendszer feltöltését

- Szívóoldali nyomásszabályozó szelep ellenőrzése és beállítása:

A szívóoldali nyomásszabályozó szerepe az, hogy az indításkor a szívó oldalon fellépő túlnyomás, illetve fűtés vagy leolvasztáskor kialakuló magas elpárolgató nyomás ne tudja túlterhelni, túlelegíteni a kompresszort. A beállítása minden esetben csak akkor lehetséges, ha garantálni tudjuk azt, hogy az elpárolgási nyomás magasabb az elpárolgatóban, mint a szívóoldali nyomásszabályozó szelep beállítási értéke. Ezt úgy érhetjük el, hogy fűtés vagy leolvasztás üzemmódba kapcsoljuk a berendezést, hiszen ilyenkor az expanziós szelep mögött forró gőz áramlik az elpárolgatóba, tehát biztosított az, hogy az elpárolgató nyomása magasabb, mint a beállítási érték. Amennyiben egy rendszeren több elpárolgató található, egy időben egyszerre csak az egyik, majd azt követően a többi szívóoldali nyomásszabályozó beállítása külön-külön lehetséges. Csak az az elpárolgató üzemelhet, ami éppen beállítás alatt van, máskülönben a beállítás nem valósítható meg. Amennyiben több elpárolgató van és a berendezés elpárolgatói között több mint 5 méter távolság van, a beállítás során figyelembe kell venni a csatlakozó csővezeték a nyomásesést, és a beállítással kompenzálni kell ezt.

- Kompresszor (szállító)teljesítményének és védelmeink ellenőrzése:

A hűtőkörben a kompresszornak minden körülmények között tudnia kell biztosítani a védelmek által meghatározott keretek között a hűtőkör működését. Ezért ellenőrzött körülmények között iktassuk ki a kondenzátor hűtését, vagy nagyon lassan kezdjük zárni a nyomó oldali sarokszelepet és várjuk meg, míg a biztonsági nyomáskapcsoló a megengedett maximális értéknél lekapcsol és megállítja a berendezést. Amennyiben ezt a kompresszor tudja teljesíteni, nyomóoldali rendszere vélhetően rendben működik. Egyúttal ellenőrizni is tudjuk a védelem pontos működését, azáltal, hogy a teszt során kontrolláljuk a rendszer nyomóoldali nyomását Szükség esetén be is tudunk avatkozni, amennyiben a védelem nem működne a gyártó által megállapított határérték elérésénél. Állítsuk vissza a rendszert alapállapotba. Hűtés üzemben a folyadéktartály bezárásával várjuk meg, míg a kompresszor a szívóoldalt vákuum közeli állapotra, azaz a biztonsági alacsony nyomáskapcsoló értékig leszívja. Szintén kontrollálni kell az eseményeket, és amennyiben szükséges be kell avatkozni, ha a rendszer a biztonsági értékeken kívül üzemel. Ezzel a módszerrel nem csak a kompresszor szívó rendszerét teszteljük, hanem meggyőződhetünk arról is, hogy a 3 vagy 4 utas szelep esetlegesen más rendszerű, hogy a forrógázos leolvasztás alaphelyzetben megfelelő módon zárva van-e, és hogy az alacsony nyomású oldal védelme jól működik-e. A tesztet mindig hűtés üzemben végezzük.

- Kompresszorolaj ellenőrzés

A kompresszorolajat minden esetben először vizuális, majd érzékszervi ellenőrzéssel vizsgáljuk meg. Először tehát ellenőrizzük a szintjét, és a színéből is következtethetünk állapotára. A jelenleg már általánosan használt poliészter olaj a raktérhűtő rendszerekben színtelen, víztiszta és szagtalan. Szintje pedig a kompresszoron található nézőüveg közepéig kell hogy érjen. Szilárd testektől mentes, selymes tapintású. Amennyiben elszíneződött vagy darabok láthatóak benne, feltételezhetően nem megfelelő. A kompresszor olaj tényleges állapotáról laborvizsgálat képes megfelelő információt adni. Viskozitást, savtartalmat, szilárdtest tartalmat minden esetben ellenőriznek, és egyúttal a labor javaslatot tesz arra, hogy szükséges-e a kompresszorolaj cseréje.

- Expanziós szelep beállítása

Nagyon fontos, hogy az expanziós szelep beállítását minden esetben hűtés üzemmódban kell elvégezni!

A külső nyomás kiegyenlítésű termosztatikus expanziós szelep az elpárolgatóba áramló hűtőközeg mennyiségét, az elpárolgatóból kilépő túlhevített, gőz halmazállapotú hűtőközeg hőmérséklete és az elpárolgató hőcserélő kilépő oldalának nyomása alapján szabályozza.

Az expanziós szelep megfelelő beállításával érjük el, hogy az elpárolgó hűtőközeg az elpárolgató teljes térfogatát igénybe vegye anélkül, hogy az el nem párolgott hűtőközeg a kompresszor szívóágába jutna, vagy túlságosan túlhevülne. A fent említett beállítása berendezés mérőeszközökkel történő felszerelésével végezhető el, a gyár által megadott túlhevítési érték beállításával. Raktérhűtés esetében ez 0 °C-os terem hőmérséklet mellett 8 Kelvin -20 °C-os terem hőmérséklet mellett 4 Kelvin. A termosztatikus expanziós szelep állítócsavarjának óramutatóval megegyező irányú elforgatásával az expanziós szelep záródik, ezzel csökken az

áteresztő képessége, a túlhevítést neveljük. Ellentétes irányba forgatva a túlhevítést csökkentve, nő az áteresztő képessége, azaz nyit.

Amennyiben az tapasztalható elektronikus expanziós szelep esetén, hogy az nem megfelelően működik, meg kell mérni a túlhevítést. Túl nagy, vagy túl kicsi értékek esetében ellenőrizzük le, hogy a berendezés jeladói által mért érték, és az általunk mért tényleges értékek közt van-e különbség, amennyiben igen, a szükséges érzékelőt cseréljük le, és ellenőrizzük le ismét a berendezést. A jeladók vizsgálata után ellenőrizni kell az adagoló szelep léptetőmotorjának ellenállását. Üzem közben meg kell mérni, hogy a megfelelő működtető feszültséget megkapják-e a tekercsek. Ellenőrizni kell a mechanikus sérülések nyomait az expanziós szelepen. Amennyiben az összes jeladó mért értéke és a vezérlés által kiadott vezérlő feszültségek megfelelőek, az adagoló szelep viszont még mindig nem üzemel megfelelően, vélhetően mechanikus probléma okozza a meghibásodását, a nem megfelelő működést.

6.2.5 Leggyakrabban előforduló hibajelenségek:

Alacsony szívóoldali nyomás – fagyos szívóág

A berendezés nagyon alacsony túlhevítéssel vagy túlhevítés nélkül üzemel. A hiba oka az, hogy az expanziós szelep túlságosan sok folyadékot juttat az elpárologtatóba, vagy lecsökkent légáram az elpárologtatón keresztül. Adódhat ventilátor hibából, vagy elpárologtató elszennyeződéséből. Jegesedés okozta átjárhatatlanságból, vagy az áru nem megfelelő elhelyezése miatt. Amennyi a berendezés légsákkal, azaz mennyezeten elhelyezkedő befűjő elemmel rendelkezik, meg kell vizsgálni azt, hogy nem gyűrte-e össze vagy nem zárta-e el valami a levegő útját más módon. Rakodás során ügyelni kell arra, hogy biztosítva a legyen a levegő általi átjárhatóság az áru között, alatta illetve fölötte. Hűtött árut mindig raklapon kell szállítani, és a raklapot tilos lefóliázni vagy a levegő szabad áramlásának útját más módon elzárni.

Alacsony szívóoldali nyomás – száraz szívóág

A berendezés túlhevítése túl magas. Ez adódhat a túl alacsony hűtőközeg töltetből, és az ebből fakadó alacsony hűtőközeg térfogatáramból. Adódhat abból, hogy a rendszer szívóoldalán dugulás van. Adódhat eltömődött adagoló szelep vagy dűzni miatt. Ledugult szárítósűrítő miatt. A szívóoldali nyomásszabályzó szelep nem megfelelő működése, vagy hibája miatt. Esetenként előfordul, hogy az elsavasodott nagy nedvességtartalmú, vagy idegen anyagok miatt megváltozott tulajdonságú kompresszorolajtól az adagoló szelep befagy. Amennyiben mechanikus hiba nem tapasztalható a berendezésen, meg kell vizsgálni annak lehetőségét, hogy esetlegesen a vezérlésben résztvevő jeladók vagy hőmérsékletérzékelők megfelelő jelet továbbítanak-e a vezérlés fele. A meghibásodott jeladók téves, de még értéktűrésen belüli (nem szakadt, nem zárlatos) adatai miatt a léptetőmotoros működtetésű szelepek mozgatása nem az üzemállapotnak megfelelő módon fog megtörténni.

Magas szívóoldali nyomás – fagyos szívóág

A magas nyomású folyadék oldal átereszt az alacsony nyomású oldal felé.

Az adagoló szelep termosztatikus érzékelője nem érintkezik megfelelően vagy nem megfelelő helyen van elhelyezve a szívócsövön. Az adagoló szelep meghibásodott, ezért túlzottan nyitva van. A folyadék utóhűtését végző hőcserélő átszakadt, ezért folyadék áramlik a szívócsőbe folyamatosan. A kompresszor visszahűtő szelep folyamatosan működik, ennek oka lehet a szelep meghibásodása, vagy az azt működtető termosztatikus, vagy elektromos jeladó hibája.

Magas szívóoldali nyomás – száraz szívóág

Magas nyomású gáz halmazállapotú oldal átereszt az alacsony nyomású oldal felé.

A fűtés szelep vagy vannak a helyettesítésére szolgáló szeleppár nem megfelelő működése, azaz a kondenzátor ág átereszt a forró gőz oldalra is. Ezáltal gyakorlatilag a folyadékkört kikerülve szívó oldalra kerül a gőz halmazállapotú hűtőközeg. Ugyanez az eredmény tapasztalható abban az esetben is, ha a kompresszor szelepei közül valamelyik meghibásodik és a kompresszoron belül átereszt. Akár a szívó, akár a nyomó szelep, vagy a közdarab meghibásodásánál is azonos a hibajelenség. A kopott dugattyú, és hüvely szintén okozhatja a jelenséget. Minden kompresszornak van úgynevezett billenési fordulatszáma. Az önműködő lapszelepek mechanikai tulajdonságukból adódóan, az ehhez a fordulatszámhoz tartozó szállítási teljesítménynél kezdenek el üzemelni. Lecsökkennek vagy megszűnnek a káros terek. A túl alacsony kompresszor fordulatszám, a billenési pont alatti üzemeltetés elégtelen üzemet és a fent leírt jelenséget okozhatja.

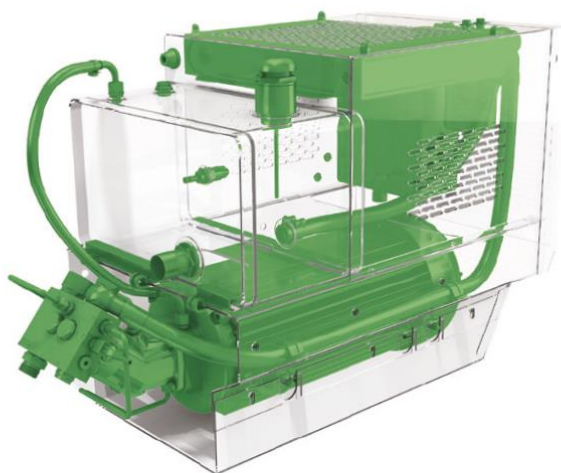
6.2.6 Eutektikus hűtők

A közvetlen hajtású jármű hűtési rendszerek közé sorolnak néhány érdekes technikai megoldást is, mint például az eutektikus hűtő berendezéseket. Hétköznapi megnevezésével a „csilingelős autót”. Ezek a berendezések furcsa elegyei a raktérhűtésnek, a hűtőkamráknak és a folyadékhűtőknek. Járműhűtés menet közben gyakorlatilag nem valósul meg. Hűtést pusztán a tárolt hőmennyiség leadása biztosít. Működési elv tekintetében egy hálózatról üzemeltetett aggregát úgynevezett eutektikus paplanokat, sóoldattal feltöltött lapokat hűt. Ezekben az eutektikum megszilárdul. A megszilárdulási hőmérséklet általában -32-38 Celsius. A megfelelő használhatóság feltétele, hogy az eutektikus lapokat ez alá a hőmérséklet alá kell hűteni. A lehűtött sólapok általánosan körülbelül 90 kg súlyúak. Méretük 1600x800x40mm és a mennyezetre rögzítve és a homlokfalon elhelyezve szereltek. Az általunk tárolt hőmennyiség a bennük található megszilárdult eutektikum olvadása által, a környezetből felvett energiával hűti környezetét és a szállítás során tartja a rakert megfelelő hőmérsékleten. Szerkezeti felépítésüket tekintve több fajta berendezéssel találkozhatunk. Hagyományos esetben a sólapokba integrált csőhálózat biztosítja az eutektikum hűtését. Az aggregát a járművön kerül elhelyezésre. A hűtőkör szerves része a járműnek és üzemeltetéséhez csak villamos energiára van szükség. Létezik azonban más technikai megoldás is, tekintettel arra, hogy a jármű súlyát nagyban megnövelik már az eutektikus lapok is, így találkozhatunk olyan megoldással, ahol az aggregát egy telepített eszköz. Ilyenkor kizárólag az eutektikus csatlakozás van kialakítva a járművön. Az autón nem található meg a hűtőberendezés, az eutektikus anyagot egy külső folyadék hűtővel hűtik. Egészen addig a pontig, amíg az áramlás meg nem szűnik hűtés közben, jelezve azt, hogy az eutektikum megszilárdult.

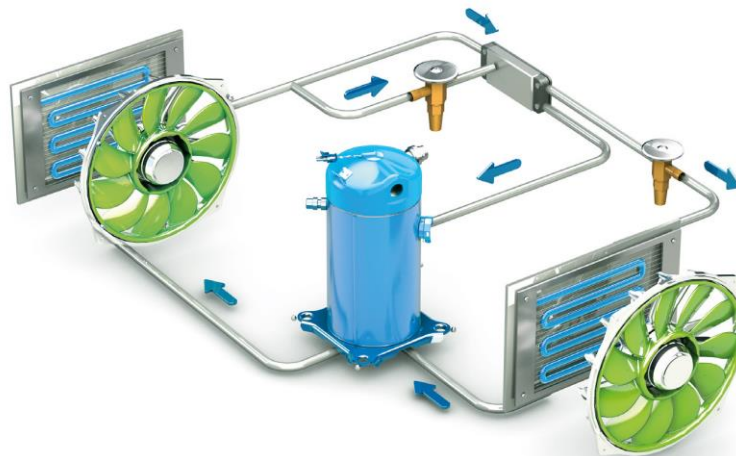
Speciális járműfelépítményt igényel, mert hordozni képes mennyezetet kell kialakítani amely elbírja az eutektikus lapok nagy súlyát. Az ajtókeretek minden esetben fűtött menet közben is, és a lehűtés során is, hogy ne fagyjanak be. A felépítményen kisebb ajtókat alakítanak ki, viszont a többet. Az ajtónyitással elveszített hőmennyiség menet közben nem pótolható. Csak tárolt mennyiségre lehet számítani, ezért több kisebb nyílással optimalizálják a rakodást-szállítást és minimalizálják a veszteséget. Üzemeltetés során az első lehűtés 24 óra időtartamot igényel. Ezt követően minden 8 órás üzemidőt követően 12 órás töltési szakasszal fenntartható a teremben elvárt hőmérséklet és biztonságossá teszi a mélyfagyasztott áruk szállítását. A rendszer kizárólag a fagyasztott termékek szállítására alkalmas, pluszos tartományban nem alkalmazható.

6.2.7 Segédenergiát használó berendezések:

Említenünk kell egy másik kategóriát is, amely esetében a szó szerinti Direct drive elv, azaz a közvetlen meghajtás elve nem valósul meg. Viszont még nem önálló meghajtással rendelkező berendezésről beszélünk. Itt nem a rendszert működtető kompresszort hajtja meg a jármű motorja. Ezekben az esetekben valamilyen segédenergiát veszünk igénybe. A generátort, vagy a hidraulikus hajtását viszont továbbra is a jármű motorja biztosítja, de indirekt módon történik a kompresszor meghajtása a termelt villamos energiával vagy hidraulikus hajtással. Esetenként a hidraulikus hajtást alkalmazzák áramfejlesztésre, és a megtermelt villamos energiáról üzemel a hűtőberendezés (6.2.13. ábra).



6.2.13. ábra Hidraulikus áramfejlesztő és az általa működtetett hűtőkör.
 Forrás: Carrier Transicold TRS Technical Manual



6.2.14. ábra

Forrás: Carrier Transicold TRS Technical Manual

Ahol a jármű motorja nem közvetlenül hajtja meg a kompresszort, hanem áramforrást működtet vagy olajszivattyút hajt és a hidraulikus rendszer biztosítja a meghajtást, a működtetett kiegészítő segédenergiát biztosító eszközök teljesítményének függvényében maximális teljesítmény akár 30 kW is lehet (6.2.14. ábra). Nehézpótkocsis szerelvényt, és egyidőben több berendezést is működtethet. Ezek a kivitelek csak egyes járműmárkák speciális átalakítása után valósíthatók meg. Szerkezeti kialakításuk és technikai megoldásaik miatt átmenetet képeznek a direct drive és a truck and trailer kategória között. Az ilyen eszközök teljesítményük és jármű tekintetében a truck and trailer kategóriába tartoznak, azonban a hűtőberendezések csak üzemelő jármű motor esetén használhatóak. Meghajtási rendszerük és felhasználási módjuk miatt ezért a direct drive kategóriába kell sorolni őket.



6.2.15.a. ábra. Nagy teljesítményű AC generátor

Forrás: Thermo King FrigoBlock Technical Manual

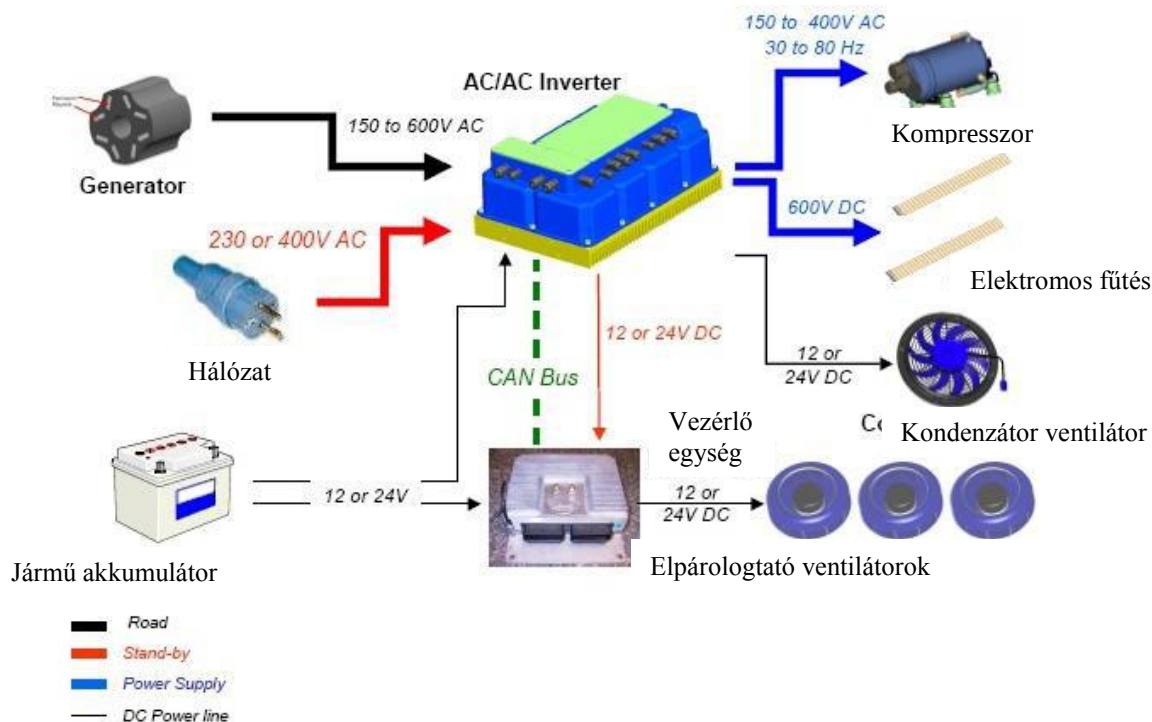


6.2.15.b. ábra. Nagy teljesítményű AC generátor
 Forrás: Thermo King FrigoBlock Technical Manual

6.2.8 A piacon megjelenő új berendezések:

A technika fejlődésével és a generátorok méretének csökkenésével egyre inkább előtérbe kerülnek az e-fajta technikai megoldások. Csakúgy mint a járműiparban, az elektromos hajtások területét a kevesebb károsanyag kibocsátás, az egyszerűsödő hűtőkör (csak hűtés), és a hosszútávú megbízhatóság szem előtt tartása dinamikusan fejleszti. Az ezeken a járműveken előforduló technikai fejlesztések már részben megjelentek a Truck & trailer kategóriában, és várható egyre dinamikusabb elterjedésük a folyamatosan szigorodó környezetvédelmi normák miatt.

A lenti sémán található szabályozási, vezérlési rendszer a piacon több éve megtalálható, üzemszerű használatban bizonyította létjogosultságát és igazolta hatékonyságát (6.2.16. ábra).



6.2.16. ábra Példa raktérhűtő vezérlési, szabályozási rendszerére
 Forrás: Carrier Transicold Pulsor training

Ezek a kifinomult vezérlések egyszerre figyelik az összes beérkező információt, adott esetben a generátor vagy a hálózat feszültségét, stabilitását, maximális terhelhetőségét, a jármű akkumulátorának állapotát. Ezek alapján döntenek az üzemelés módjáról és intenzitásáról. A vezérlés feladata a hálózati kompresszor üzemé, terhelése és szabályozása, az elektromos fűtések ki-be kapcsolása, akár hűtés üzemmel párhuzamosan, az esetleges elpárologtató túlmelegedés elkerülése, a kondenzátor illetve az elpárologtató ventilátorok fordulatszámának figyelése és működtetése, valamint informatikai protokollok alapján a hűtésvezérlővel való kommunikáció is feladataik közé tartozik.

6.2.9 Truck & Trailer raktérhűtők

Truck & Trailer, Járműtől független hajtású raktérhűtők (hűtőkamion, pótkocsi)

Raktérhűtés hűtés funkciója és feladata:

A raktérhűtő hűtési feladata: hogy a szállítás során a berakodott árut a berakodási hőmérsékleten tartsa! Nem feladata a szállítás közben az áru hőmérsékletének megváltoztatása. Méretezése sem ennek megfelelő. Kivételt képeznek ez alól a speciálisan így méretezett egyedi berendezések, mint például az élőállat szállítók. Más-más szállítási feladatokat eltérő kivitelű, eltérő hűtőközeggel üzemelő berendezésekkel lehet megoldani. Raktérhűtés esetén a másik nagyon fontos szempont, hogy a szigetelési hiányosságot a raktérhűtő méretével nem lehet kompenzálni, vagy csak kis mértékben, de hosszú távon semmiképpen sem megoldás. A nem megfelelő szigetelés következményei lehetnek, a túlzott jegesedés, az elégtelen hőmérséklet az elvárthoz képest, a túl magas elpárolgási hőmérséklet, amely akár további meghibásodásokhoz is vezethet.

Összefoglaló néven azokat a berendezéseket nevezzük így, melyek saját dízelmotorral rendelkeznek. Ezen belül is a „Truck” a teherautóra, esetenként nehézpótkocsira szerelt önálló dízelmotorral hajtott, vagy működtetett raktérhűtő berendezéseket jelöli. A „Trailer” pedig félpótkocsira szerelt, önálló dízelmotorral hajtott vagy működtetett, legnagyobb berendezése esetenként a közel 1t súlyú raktérhűtőket jelenti. Ezeket a berendezéseket kifejezetten a 3,5 t feletti járművek rakterének hűtésére, fűtésére fejlesztették ki. Truck and trailer berendezések esetében általános, hogy a berendezés monoblokk kivitelű. A Truck hűtők esetében az üzemanyag ellátás történhet a jármű üzemanyagtartályból, vagy saját tankból. Trailer hűtők esetében tekintettel a félpótkocsik kialakítására, kizárólag saját üzemanyagtankról üzemelnek. Az önálló dízelmotorral szerelt hűtőberendezések villamos rendszere is teljesen független a gépjárműtől. Önálló 12 V-os rendszerrel üzemelnek, saját akkumulátorral, beépített áramfejlesztővel, mely biztosítja az akkumulátor töltését és üzem közben szükséges energiaellátást. Truck hűtő esetében az akkumulátor a berendezésen kívül kerül elhelyezésre. Trailer berendezéseknél a szerkezeti egység belsejében kap helyet. Split rendszerű berendezésről csak akkor beszélhetünk, ha az eszköz multi temp, azaz osztott kamrás kivitelű. Üzemanyag ellátásuk történhet berendezésen kívül elhelyezett elektromos üzemanyag tápszivattyúval, vagy a diesel motorba beépített saját mechanikus üzemanyag szivattyúval is.

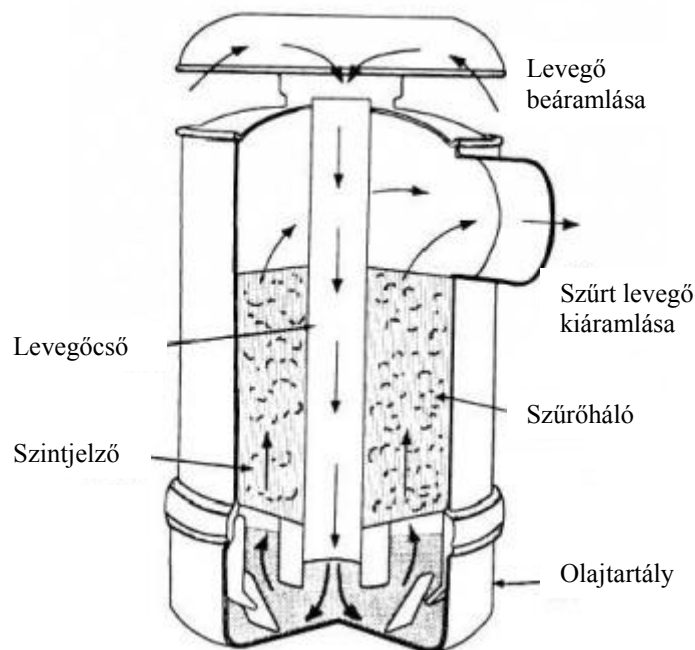
Önálló dízelmotorral szerelt hűtőberendezés esetén feltétlenül szükséges, hogy a dízelmotor és a hozzátartozó perifériás egységek működése hibátlan legyen. A hűtési rendszer működésének alapvető feltétele, hogy a dízelmotor üzemképes állapotban legyen. Ezért mind az üzemanyagrendszer, mind az olaj rendszer, mind a dízelmotor hűtési rendszere, illetve a folyadék szintek, az akkumulátor állapota, a dieselmotor fordulatszáma, mind kontrollálásra kerül a hűtőrendszer vezérlésénél és befolyásolja a hűtőberendezés működését.

Ezekkel kapcsolatban néhány jármű gépészeti alapszabály. Alapvető szerkezeti különbség van az üzemanyagszűrő és az olajszűrő közt. A szerkezeti különbség a felhasználás módjából adódik. A diesel motor üzemanyagrendszerének alkatrészei és adagolója nagy tisztaságot igénylő finommechanikai eszközök, ezért inkább ne kapjon üzemanyagot, minthogy szennyezett gázolajjal üzemeljen. Ellentétben a motorolajjal, amely érintkezik a korommal illetve a légszűrő által meg nem szűrt szennyezett levegővel. Viszont a motor üzemelését tekintve inkább kapjon szennyezett olajat a csapágysor, minthogy olajozás nélkül maradjon. Ezért az olajszűrőt egy biztonsági szeleppel látják el, mely átszakad dugulás esetén és továbbra is biztosítja a motor kenését, ugyan szűretlen szennyezett olajjal, viszont megakadályozza a maradandó sérülést okoz károsodást. A diesel motoron kialakítanak bypass olajszűrő kört is. Ez az olajteknő körét szűri, a visszacsorgó olajat, melyre azért van szükség, hogy ne a rendszerben lévő fő szűrő szennyeződjön el, hanem inkább a másodlagos szűrő. Másodlagos szűrőként viszont minden esetben üzemanyagszűrőt alkalmaznak, hogy el tudjon dugulni. Dugulás esetén a megkerülő ágba, a bypass szűrőt megkerülve kerül vissza az olajteknőbe az olaj.

Mindez azért nagyon fontos, hogy tudjuk, melyik szűrő milyen célt szolgál, hogy a karbantartás során a megfelelő helyre az oda illő alkatrészt építsük vissza.

Levegőszűrő tekintetében találkozhatunk olajtükrös, illetve száraz, papírbetűtes levegőszűrőkkel. A papír betűtet minden esetben cserélni kell az olajtükrös légszűrőben, az esetlegesen lecsökkent olajsintet maximum jelzésig feltölteni. Amennyiben a szennyeződés miatt megnőtt az olajsint, azt új olajra kell cserélni a szükséges mennyiségben.

Olajtükrös légszűrőbe használhatjuk a dízelmotor által használt motorolajat (6.2.17. ábra). A levegőszűrőből elhasznált olajat a dízelmotorolajjal azonos kezelési feltételek mellett, veszélyes hulladéknak kell tekinteni, melynek tárolásáról és elszállításáról a vonatkozó környezetvédelmi szabályok betartása mellett elszámolni és gondoskodni kell.



6.2.17. ábra Olajtükrös Levegőszűrő
 Forrás: Veteraninfo.hu

A dízelmotor hűtési rendszerét minden esetben megfelelő töménységű és minőségű fagyállóval kell feltölteni, még akkor is ha fagy veszély nem áll fenn. Különböző gyártók eltérő minőségű fagyállót írnak elő. A fagyálló feladata a fagyveszély nélkül motorhűtési feladat ellátása, valamint a motor hűtési rendszerében lévő alkatrészek kenése (például vízpumpa, termosztát), emellett a motor hűtési rendszerben a korrózió gátlása. Ezeket csak a gyártó által előírt minőségű fagyálló képes teljesíteni.

A dízelmotor hűtője nem minden esetben képez külön szerkezeti egységet. Előfordul, hogy a kondenzátorral egy szerkezeti egységbe van integrálva, külön csőkiágként. Ezért az elhanyagolt motorhűtési rendszer, vagy a nem megfelelő fagyálló hűtőfolyadék okozta károsodás miatti javítása, cseréje jelentős költséggel, illetve a hűtőkör megbontásával járó munkafolyamat lehet.

Csoportosításuk egyszerűbb, mint a járműmotorral hajtott hűtőberendezések esetében. A szerkezeti felépítés szerint lehetnek homlok falra, illetve alvázra szerelhető kivitelűek. Az alvázra szereltek jellemzően „U” betűvel jelölik, mint Under-mount. Felépítésük és funkciójuk tekintetében megkülönböztetünk monoblokk és osztott kivitelűeket. Egyterű és osztott kamrás, azaz multi temp berendezéseket.

Nézzük azokat a szerkezeti egységeket, amelyeket kifejezetten truck & trailer raktérhűtő berendezésekben alkalmaznak, autóklimáknak és kisebb raktérhűtőkben egyáltalán nem, vagy szerkezeti felépítését tekintve eltérnek az általános hűtőkörökben használt alkatrészeketől.

6.2.9.1 Folyadék leválasztó

Az elpárologtatóból kilépő, még folyadék állapotú hűtőközeg a nagy térfogatú térbe érkezve azonnal párologni kezd, megakadályozva a kompresszorba jutást. A belépő folyadékcseppek kompresszorba jutását a tartály szerkezeti felépítése akadályozza meg. A tartályban elpárologva egy „U” alakú kivezető csövön (6.2.18. ábra) a kompresszor felé kilép a tartályból. A tartály térfogata mindig akkora, hogy semmilyen körülmények között ne juthasson folyadék a kompresszorba. Az „U” alján található apró lyuk biztosítja azt, hogy a rendszerben keringő kompresszor olaj ne halmozódjon fel a tartályban, hanem visszajusson a kompresszorig. A tartály mérete, kialakítása alkalmazkodik a hűtőkör töltetmennyiségéhez és a berendezés típusához.

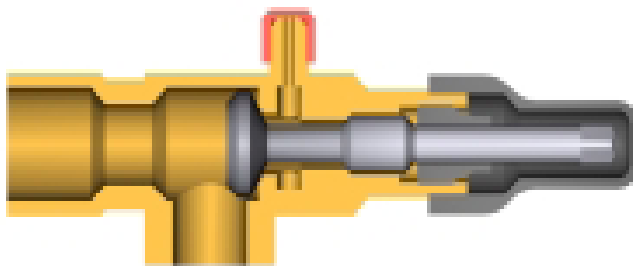


6.2.18. ábra „U” alakú kivezető cső

Forrás: <https://www.viveos.net/rev/refrigerant%2Baccumulator>

6.2.9.2 Sarokszelep

Feladata: egyes szerkezeti elemeket a hűtőkörön belül el-, illetve kizárni (6.2.19., 6.2.20., 6.2.21. ábra). Üzemelő berendezés esetén a sarokszelep ki van teljesen hajtva, így zárja a szervizcsatlakozót, illetve megakadályozza az üzemi nyomás folyamatos terhelésének tömszelencéhez jutását.



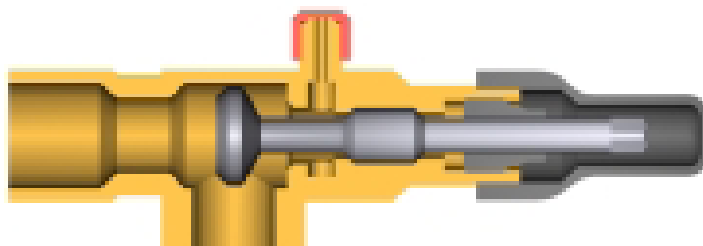
6.2.19. ábra Teljesen kihajtott sarokszelep

Forrás: Carrier Transicold Truck and Trailer Training

A védőkupak leszerelése után lehetőség van félállásba állításra. Így a hűtőkör is üzemel, és lehetőségünk van mérni is a hűtőkör nyomását az adott ponton.

TILOS A SAROKSZELEPET NYITOTT SZERVIZCSATLAKOZÓVAL KINYITNI!

Súlyos sérülést, és a hűtőközeg légkörbe jutását okozza.

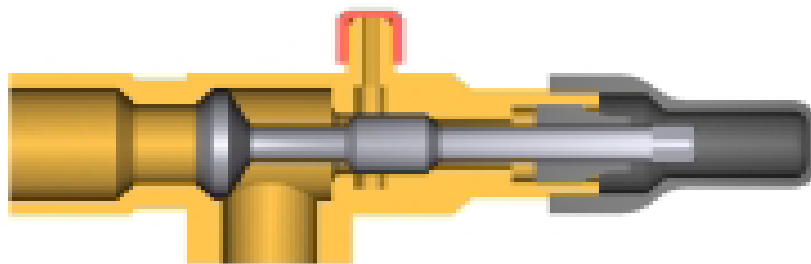


6.2.20. ábra Sarokszelep félállásban

Forrás: Carrier Transicold Truck and Trailer Training

(Csőre)zárt sarokszelep.

Lehetővé teszi a rendszer szakaszolását, vagy például a kompresszor kiszereklését a rendszerből, amennyiben zárás után a kompresszorból lefejtettük a benne maradt hűtőközeget.

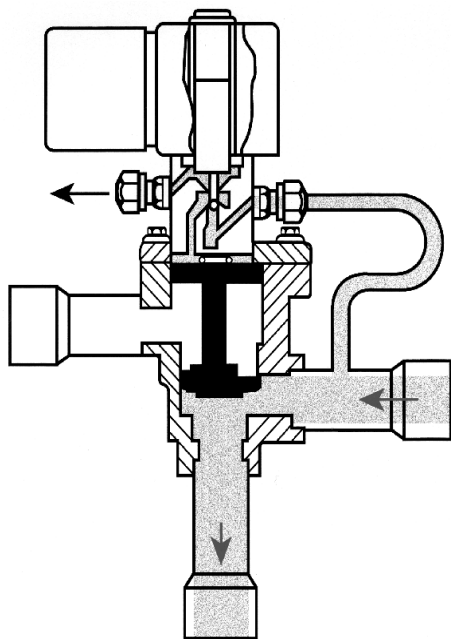


6.2.21. ábra. Csőre zárt sarokszelep

Forrás: Carrier Transicold Truck and Trailer Training

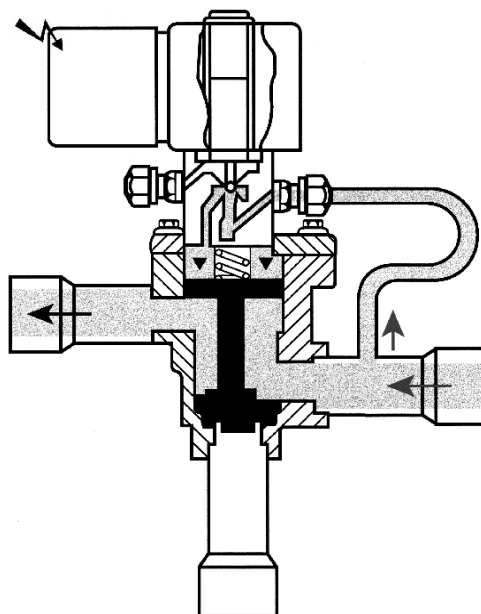
6.2.9.3 3 utas (ágú) szelep

Szerkezetét tekintve több fajtája lehet. Vezérléssel egybeépített 3 utas szelep, (6.2.22. és 6.2.23. ábrák), valamint egy külső úgynevezett „pilot” szelep vezérelt kivitel (6.2.24. ábra). Funkciójukat tekintve megegyeznek. Feladatuk: a kompresszor által összenyomított nagynyomású forró hűtőközeg gőz áramlási irányának meghatározása. Alaphelyzetben a szelep: hűtés üzemmódban üzemel, (6.2.22. ábra) az-az a kompresszor nyomóoldalát a kondenzátorba vezeti. Amennyiben a szelepet „megvezéreljük” (6.2.23. ábra), átvált és a hűtőközeg gőzt az elpárolgatóba vezeti az expanziós szelep mögé, és lehetőségünk van az elpárolgató leolvasztására, vagy a raktér fűtésére.

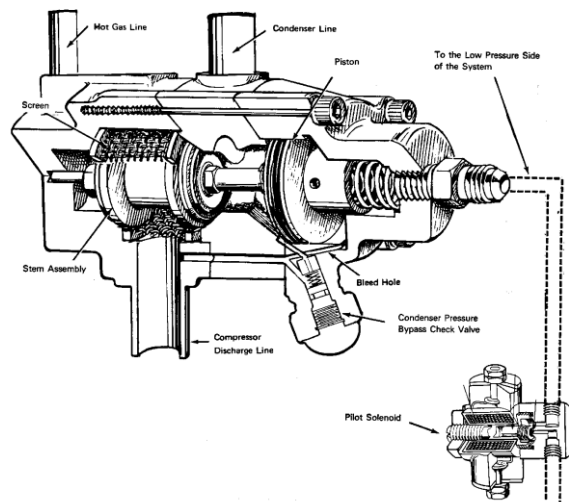


6.2.22. ábra

Forrás: Carrier Transicold Truck and Trailer Training



6.2.23. ábra

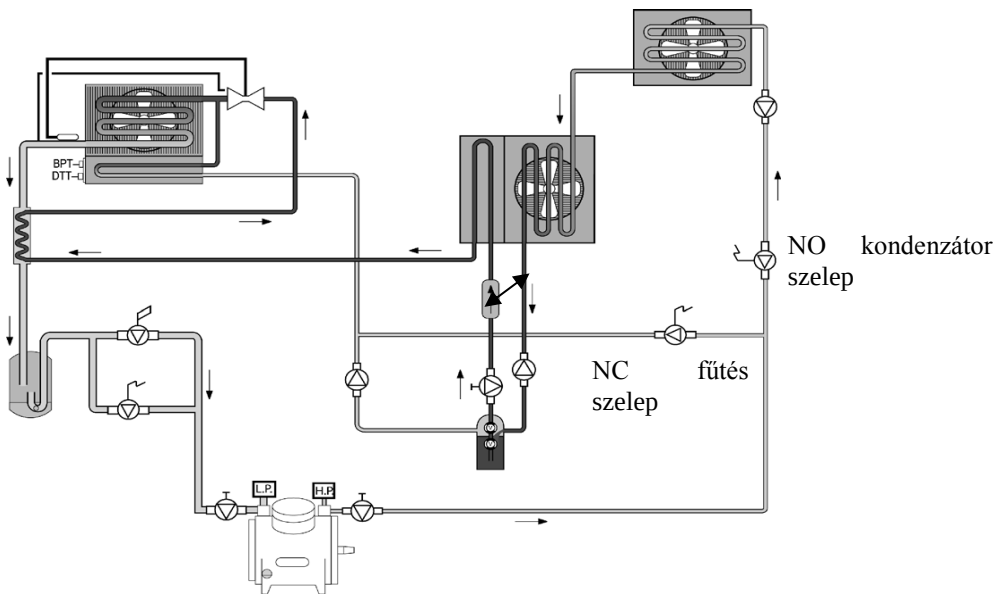


6.2.24. ábra

Forrás: Thermo King Truck and Trailer Training

Vannak berendezések melyekben a szelep funkciót két másik szelep végzi el (6.2.25. ábra). A két egymással ellentétes működésű szelep szinkronban működik. Az alaphelyzetben nyitott (NO), fordított működésű szelep a kondenzátorral, az alaphelyzetben zárt (NC) szelep az elpárologtatóval van sorba kötve. Az ilyen elrendezés lehetővé teszi az osztott kivitelű készülékek esetében a fűtés és leolvasztás kamránkénti elvégzését, illetve ellentétes üzemmódot.

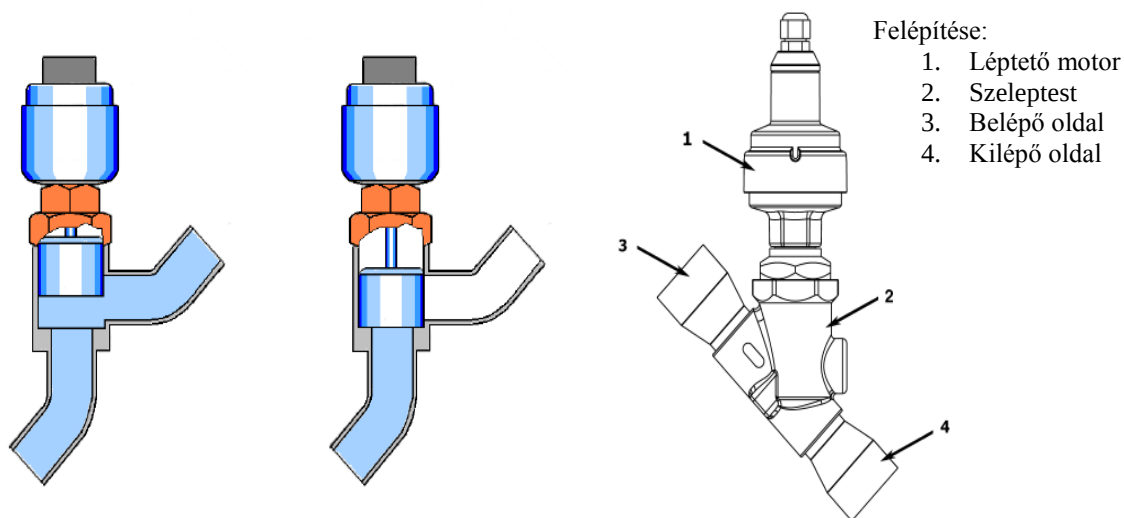
A három utas vagy háromjártatú szelep funkcióját betöltheti két különálló szervoműködtetésű mágnesszelep is, megfelelő áteresztőképességgel. Feltétel, hogy a két szelep működése ellentétes legyen, az egyik alaphelyzetben nyitott, azaz NO (Normaly Open), a másik pedig alaphelyzetben zárt NC (Normaly Close) szelep legyen. A két szelep egyszerre, egy időben üzemel. Alaphelyzetben a rendszer itt is hűtés üzemben üzemel. Megvezérelve a szelepeket a rendszer fűtésüzemet biztosít.



6.2.25. ábra

Forrás: Carrier Transicold Truck and Trailer Training

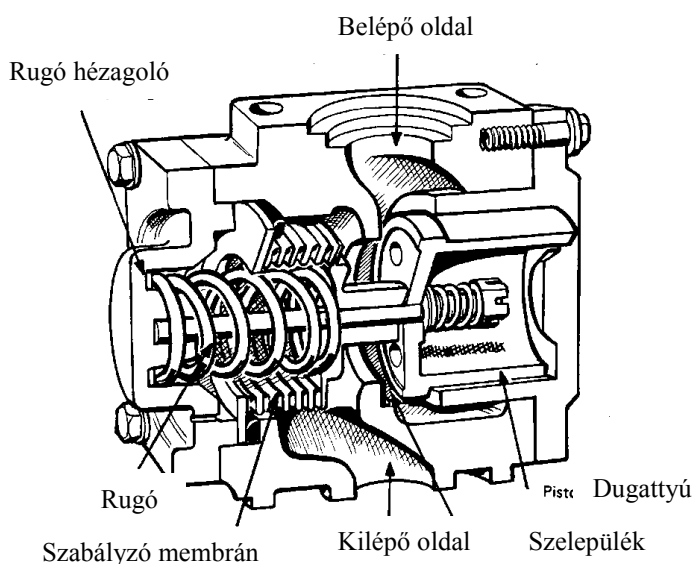
Elektromos Szívóoldali Fojtószelep Feladata: a hűtőkör aktuális paramétereit alapján a legnagyobb maximális szívóoldali nyomás beállítása (6.1.26. ábra).



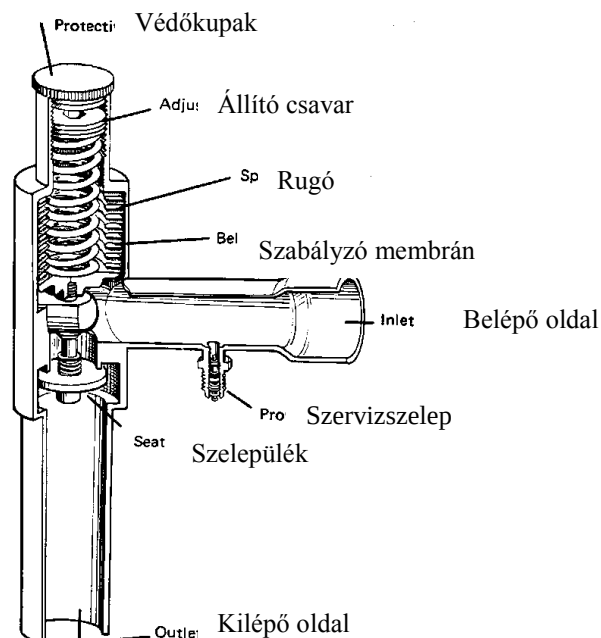
6.2.26. ábra Elektromos Szívóoldali Fojtószelep
 Forrás: Carrier Trascold Vector Training

A szívóoldali nyomásszabályzó szelepet gyakran szívóoldali nyomásvisszatartó szelepként is emlegetik, szabályozza a kompresszorhoz visszatérő hűtőközeg nyomását/mennyiségét. Ezzel a mennyiség szabályzással magas raktérhőmérsékletek mellett is biztosítani lehet, hogy az elektromotort, illetve a dízelmotort ne terheljük túl.

A vázlatok két típust mutatnak, működésük megegyezik, az eltérés mindössze annyi, hogy az első kivitel szabályozott (6.2.27. ábra), kimenő nyomása nem állítható, a szelep azonban javítható, míg a második esetben (6.2.28. ábra) a kimenőoldali nyomás szabályozható, a szelep viszont nem javítható.



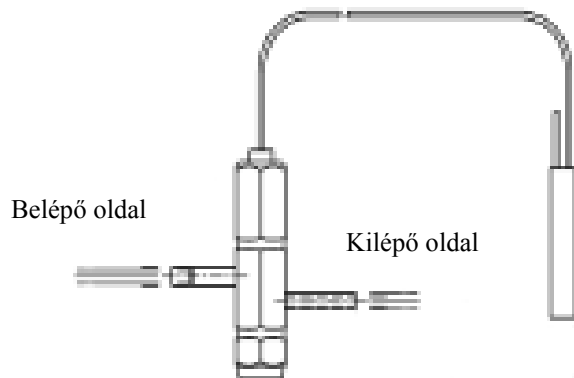
6.2.27. ábra
 Forrás: Thermo King Truck and Trailer training



6.2.28. ábra

6.2.9.4 By-pass befecskendező szelep

Amennyiben a kompresszió vég hőmérséklet eléri a kritikus határát, szükség van a kompresszor visszahűtésére. Ezt a feladatot látják el az úgynevezett by-pass szelepek (6.2.29. ábra), melyek a folyadékáramba vannak bekötve, és cseppfolyós hűtőközeget fecskendeznek a kompresszor szívó oldalába. Elhelyezkedhetnek közvetlenül a kompresszor mellett, vagy az elpárolgatóba beszerelve. Működtetésük lehet mechanikus (azaz termosztatikus), vagy elektromos (tehát klixonos), mindkét esetben az érzékelő a kompresszor nyomó fittingjén helyezkedik el.



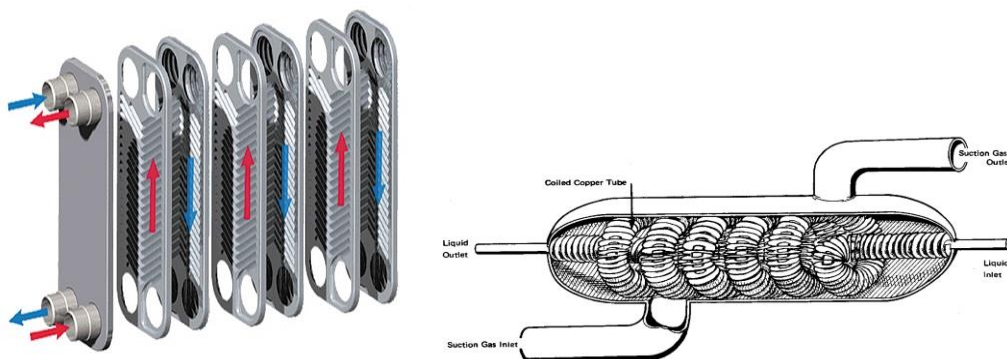
6.2.29. ábra By-pass befecskendező szelep

Forrás: Carrier Transicold Truck and Trailer training

6.2.9.5 Ellenáramú bordáscsőves és lemezes hőcserélő:

Szerepe ⇒ Utóhűtés ⇒ utóhűtéssel növelhető a fajlagos hőfelvétel.

Hőcserét valósít meg a tapintható hőmérsékletű, magas nyomású, folyadék halmazállapotú hűtőközeg, valamint az alacsony hőmérsékletű, alacsony nyomású, gőz halmazállapotú hűtőközegek között. Egyrészt a folyékony közeg túlhevítése valósul meg, másfelől pedig a gáznemű közeget hevítjük túl. Egyrészt előnyösen befolyásolja az utóhűtött folyadék által a működést, másrészt a mélyhűtő tartományban nagyon alacsony túlhevítéssel üzemelő expanziós szelep által esetlegesen az elpárolgatóban el nem párolgott, így a szívócsőbe juttatott cseppfolyós hűtőközeg az ellenáramú hőcserélőn keresztül haladva nagy biztonsággal teljesen túlhevül és csak gőz halmazállapotban kerül vissza a kompresszorba (6.2.30. ábra).





6.2.30. ábra. Ellenáramú bordáscsöves és lemezes hőcserélő
 Forrás: Thermo King Truck and Trailer training

6.2.9.6 Expanziós szelepek:

Expanziós szelepeknek több fajtáját alkalmazzák: mechanikus és elektronikus

Mechanikus expanziós szelepek:

A legelterjedtebb típus a külső nyomáskiegyenlítésű termosztatikus expanziós szelep, de alkalmaznak még külső nyomáskiegyenlítés nélküli termosztatikus szelepeket is.

Termosztatikus expanziós szelepnek nevezzük azt az expanziós szelepet, melyen egy termosztatikus patron található, amit kapilláriscső köt össze az expanziós szelep fej részével (membránjával). A folyadékáramban, sorban, az elpárolgató előtt kerül beépítésre. A szelep termosztatikus patronját pedig az elpárolgatóból kilépő szívócsőhöz kell rögzíteni. Jellemzően kis ellenállású elpárolgatókon alkalmazzák, ahol a szívócső hőmérsékletét meghatározó elpárolgási nyomás nem esik nagymértékben az elpárolgatón belül, annak mechanikus ellenállása miatt.

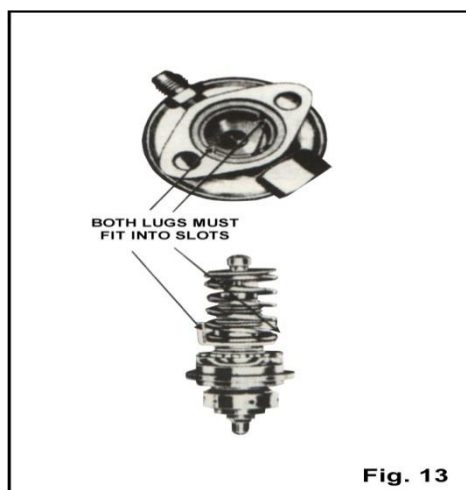
A külső nyomáskiegyenlítésű termosztatikus expanziós szelep annyiban tér el csak a termosztatikus expanziós szeleptől, hogy a szívócsőnyomás a vissza van vezetve a szeleptestbe, ez által alkalmazható nagy ellenállású elpárolgatók esetében is, mivel a szívócső nyomásának mérése kompenzálja a nagy mechanikai ellenállásból adódó nyomáscsökkenést, mivel mind a cső hőmérséklete, mind, a csőben uralkodó nyomás és ez által az elpárolgási hőmérséklet részt vesz a szelep szabályozásában.

A termosztatikus és a külső nyomáskiegyenlítésű termosztatikus expanziós szelepekben egy fűvóka, más néven dűzni található, amely megfelelő teljesítményszinthez van hangolva, a fűvókák 00-6-ig vannak méretezve. A fűvóka mérete határozza meg az expanziós szelep névleges teljesítményét. Többféle kivitelben és teljesítménytartományban léteznek.



6.2.31. ábra. Komplettszelep
 Forrás: Store.Danfoss.com

20kW feletti teljesítménynél már a több részből álló szelepeket is alkalmazzák (6.2.32. ábra).

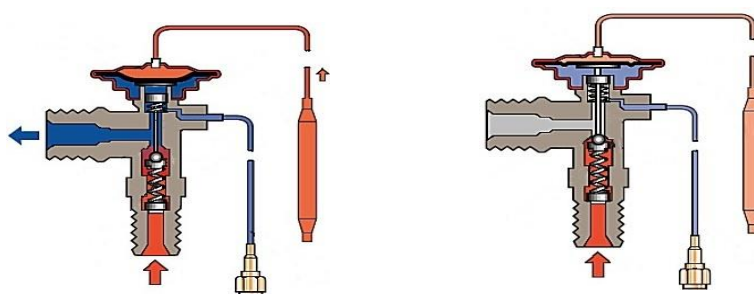


6.2.32. ábra Több részből álló szelep
 Forrás: Thermo King Truck and Trailer training

Feladata: a túlhevítést a beállítottnak megfelelő, állandó értéken tartani.

Áteresztőképességének szabályozásával eléri, hogy az elpárolgó hűtőközeg az elpárologtató teljes térfogatát igénybe vegye anélkül, hogy az el nem párolgott hűtőközeg a kompresszor szívóágába jutna, vagy túlságosan túlhevülne.

A külső nyomás kiegyenlítésű termosztatikus expanziós szelep az elpárologtatóba áramló hűtőközeg mennyiségét az elpárologtatóból kilépő túlhevített gáz halmazállapotú hűtőközeg hőmérséklete és az elpárologtató hőcserélő kilépő oldalának nyomása alapján szabályozza.



Nyitott helyzet

Zárt helyzet

6.2.33. ábra. Több részből álló szelep nyitott és zárt helyzetben
 Forrás: Tanfolyami jegyzet, Fellner Ákos

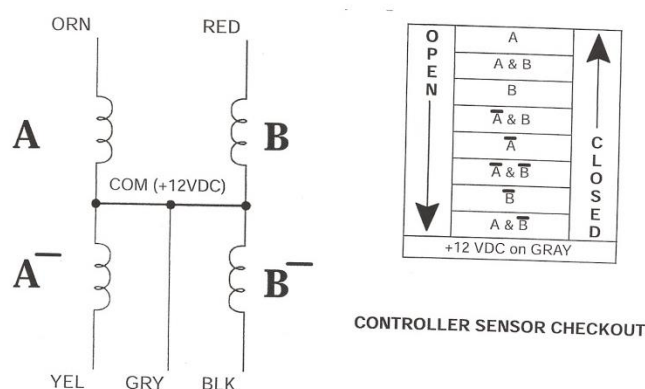
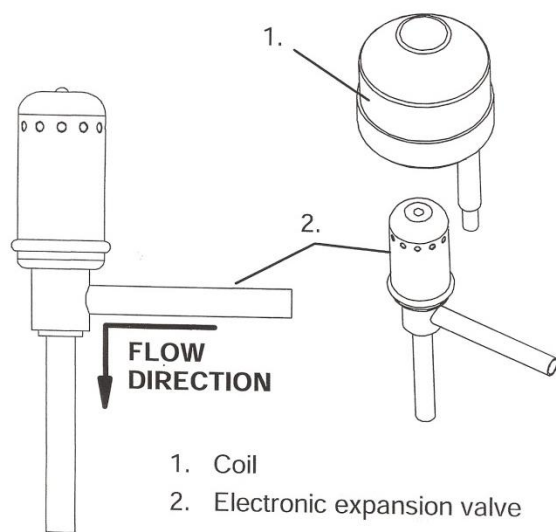
Elektronikus expanziós szelep:

Expanziós szelepek léteznek léptetőmotoros elektronikus formában is, melyek viszonylag komoly vezérlést igényelnek, jelenleg ezeket csak Trailer hűtőkben alkalmazzák. Az elektronikus léptetőmotoros expanziós szelep működése megegyezik a külső nyomáskiegyenlítésű termosztatikus expanziós szelep működésével. A szívócső hőmérsékletét egy hőmérsékletérzékelő szonda, nyomását pedig egy nyomás távadó méri. A beérkező adatok alapján a vezérlő elektronika a léptető motort az ideális pozícióba állítja, és ez által valósítja meg az expanziós szelep pontos működését, elektronikus expanziós szeleppel sokkal gyorsabban és pontosabban érhető el a megfelelő túlhevítés.

A hőmérséklet és a nyomás egy összetartozó adatpár, egy adott közegre. Ha nő a hőmérséklet, nő a nyomása, ha csökken a nyomása, csökken a hőmérséklete. Emiatt a mechanikus expanziós szelepek egy adott hűtőközeghez vannak hangolva, mely hűtőközeg típus fel van a szelepen tüntetve és csak ehhez használható. Elektronikus expanziós szelep esetében a vezérlő az úgynevezett túlhevítés szabályzó, beállítható az alkalmazott hűtőközegnek megfelelően. A szelep cseréje nem szükséges, csak a megfelelő hűtőközeg kiválasztása.

Érzékelő meghibásodás esetén elektronikus expanziós szeleppel (6.2.34. ábra) szerelt vezérlésnél képes az eszköz számított értékből dolgozni. Tehát ha meghibásodik az elpárologtató kilépőhőmérséklet-érzékelő szondája, képes kiszámolni a befűjt és a visszaszívott levegő hőmérsékletéből, a kompresszor szívónyomásából és a szívó oldali nyomásszabályozó szelep százalékos beállításából, hogy milyen érték a szívócső hőmérséklete.

Képes ezzel az eredménnyel vezérelni a szelepet. Több szenzor együttes meghibásodása esetén is képes a berendezés üzemben maradni. Nagyobb pontosságot, nagyobb hatékonyságot, és nagyobb biztonságot, a hűtőközeg váltások kapcsán pedig nagyobb rugalmasságot ad az új technológia alkalmazása.

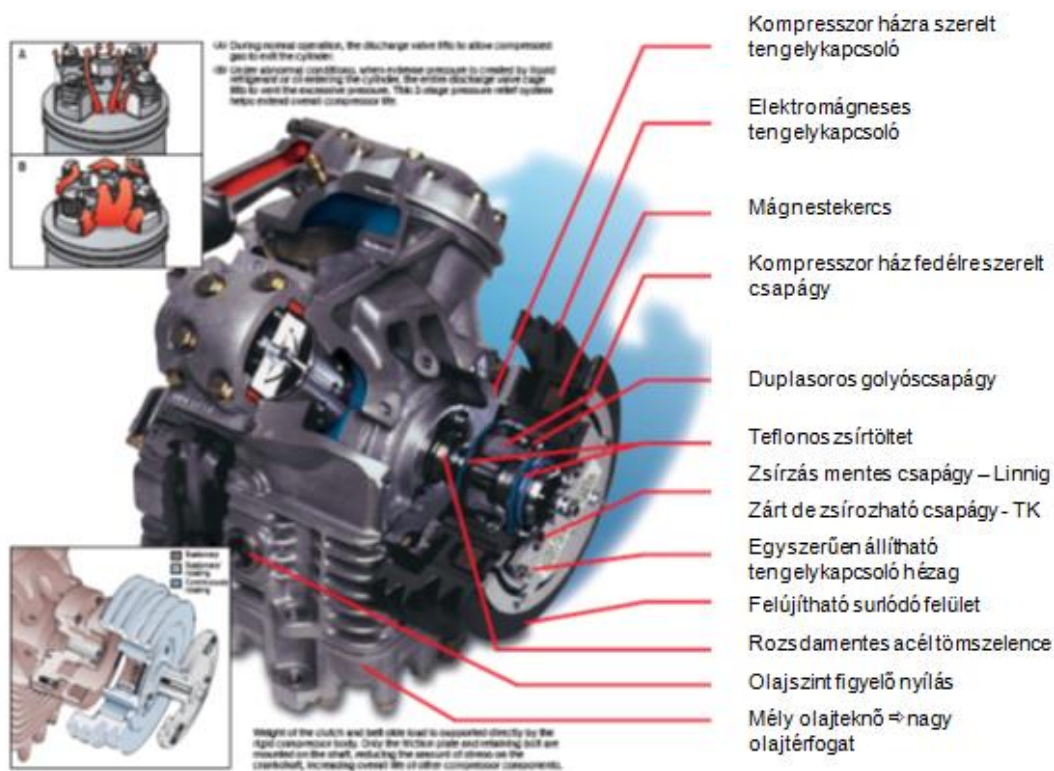


6.2.34. elektronikus expanziós szelep.
Forrás: Carrier Transicold Vector trining

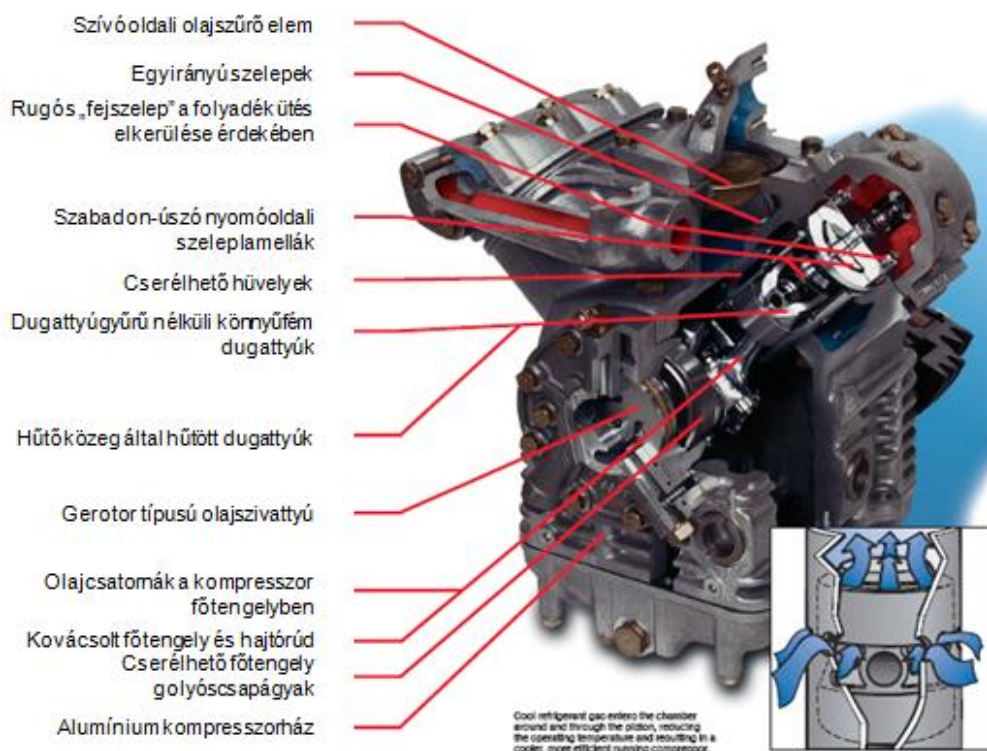
6.2.10 Dieselmotoros hűtőkben alkalmazott kompresszorok:

6.2.10.1 Egyenáramú dugattyús kompresszor:

Az egyenáramú dugattyús kompresszor annyiban tér el a hagyományos kompresszoroktól, hogy a hűtőközeg áramlási iránya a komprimáló térben nem változik meg. A gyűrűmentes dugattyúk szoknyái perforáltak. Lefele haladás közben a hűtőközeg a forgattyús ház irányából a dugattyú tetején beépített szívószelepen keresztül kerül a sűrítő térbe. Felfele mozgás közben a szívószelep zár a dugattyúra, teteje pedig a hüvely legmagasabb pontján a hézagmentes záródással fejezi be a komprimálás folyamatot. A közdarab csak nyomószelepet tartalmaz, így károsármentesen képes a sűrítésre a kompresszor. Nagyobb hatékonyságot biztosítva a váltakozó áramú dugattyús kompresszorhoz képest.



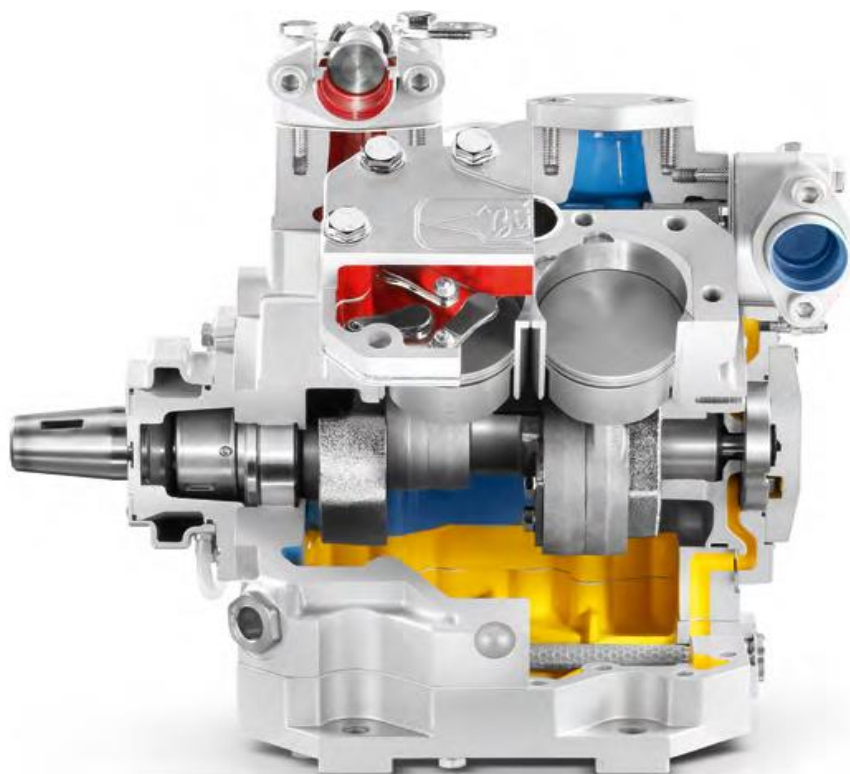
6.2.35. ábra Egyenáramú kompresszor
 Forrás: Thermo King Truck and Trailer training



6.2.35. ábra. Egyenáramú kompresszor
 Forrás: Thermo King Truck and Trailer training

6.2.10.2 Váltakozó áramlású kompresszor:

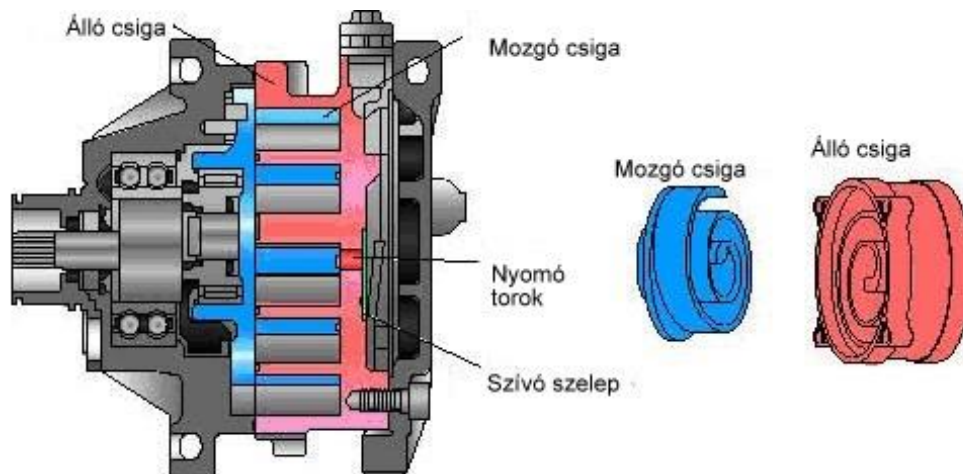
Váltakozó áramlású kompresszor esetében a hűtőközeg szintén a forgattyús házba áramlik üzem közben. A hűtőközeg a kompresszortesten belül, járatokon keresztül a hengerfejen át a kétoldalas önműködő rugós lapszelepekkel szerelt közdarabon keresztül a dugattyú fölé vezetjük. A szívás ütemet követően a dugattyú felfele mozgása zárja, segíti zárni az önműködő lapszelepet a szívó oldalon, majd a közdarab ellentétes oldalán nyit a nyomószelep és a dugattyú fölül kiáramlik a komprimált forró gőz. Ellenáramlásának azért nevezzük, mivel a hűtőközeg – irányát megváltoztatva – azonos irányból érkezik és távozik a komprimáló térbe, térből.



6.2.36. ábra. Váltakozó áramlású kompresszor
Forrás: Bock.de

6.2.10.3 Scroll kompresszor:

A scroll kompresszorban (6.2.37. ábra) két egymással szembe fordított Archimedesi spirál vonalban kialakított csiga kapcsolódik össze. Mozgása orbitális oszcilláló mozgás. Valójában soha nem fordul el. A mozgó csigaház a rögzített csigához egy Oldham kapcsoló villával csatlakozik. Feladata: gátolja, hogy a bolygóspirál elfordulhasson és az esetleges folyadékütés esetén nyit a szerkezeten, ezzel engedi eltávolodni az álló csigától a bolygócsigát, így akadályozva meg kompresszor mechanikus sérülést. Tekintettel arra, hogy üzem közben összekapcsolódó felületek nagyok, ezért speciális olajozásra van szükség, amihez speciális olajat is kell használni. Scroll kompresszor esetében kiemelt figyelmet kell fordítani a gyártó által előírt megfelelő minőségű és mennyiségű kompresszor olaj használatára.

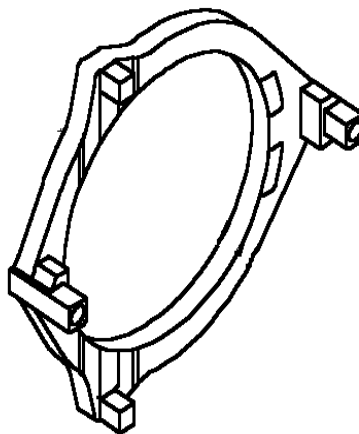


6.2.37. ábra. Scroll kompresszor

Forrás: [https://www.toyota-](https://www.toyota-shokki.co.jp/about_us/business/automobile/compressor/kind_3/index.html)

[shokki.co.jp/about_us/business/automobile/compressor/kind_3/index.html](https://www.toyota-shokki.co.jp/about_us/business/automobile/compressor/kind_3/index.html)

Az Oldham kapcsoló gátolja, hogy a bolygó spirál elfordulhasson.



6.2.38. ábra. Oldham kapcsoló elem,

Forrás Thermo King Truck and Trailer training



6.2.39. ábra. Scroll-kompresszor csigáinak egymáshoz képesti mozgása

Forrás Thermo King Truck and Trailer training

- A sűrítés vázolt menete folyamatosan megy végbe. Mielőtt a sűrített hűtőközeg kilép, a külső terekbe újabb hűtőközeg mennyiség lép be.
- Azonos időben hat térben történik sűrítés, ami folyamatos, egyenletes kompressziót tesz lehetővé.
- A sűrített hűtőközeg a középső nyomóoldali kilépésnél hagyja el a kompresszort.

A nyitott scroll kompresszorok a hajtáslánc elrendezéséből adódóan vízszintes tengelyűek, míg előfordulnak hálózati hajtásban – hermetikus kompresszorként alkalmazva – függőleges tengelyelrendezésűek, többek között a kedvezőbb olajozási tulajdonságaik miatt.

A legelterjedtebb berendezésekben egy darab nyitott mechanikus kompresszor található. Kettős üzem esetén csupán a meghajtás módja tér el egymástól. Hol a dízelmotor, hol pedig egy külső elektromos motor biztosítja a

működtetéshez szükséges mozgási energiát. A hajtáslánc összekapcsolását ezekben az esetekben röpsúlyos tengelykapcsoló biztosítja.

Tengelykapcsolók:

A tengelykapcsoló a dízelmotoron található. A szerepe az, hogy a hálózati meghajtás során a villanymotor ne forgassa a dízel motort.

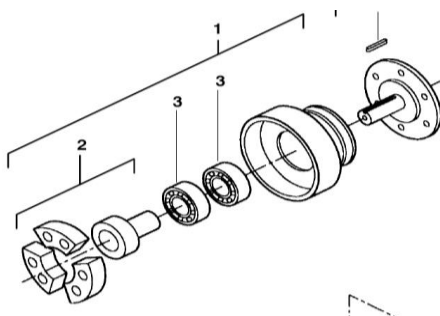
A tengelykapcsolók felépítése többféle lehet:

- Elektromágneses. Ami áll egy tekercsből, egy tárcsából, egy csapágyból, és egy nyomó lapból (6.2.40. ábra). A tárcsa meghajtása ékszíjjal történik, a nyomólap pedig szorosan a kompresszor tengelyéhez van rögzítve. Amint a tekercs megkapja a működtető feszültséget, a tekercs mágneses tere a nyomólapot nekihúzza a forgó tárcsának, és ezzel meghajtásra kerül a kompresszor. Amint a kompresszor működtető feszültsége megszűnik, a nyomólap rugók ellenében alaphelyzetbe kerül, oldja a kapcsolatot a tárcsával, és a tárcsa szabadon fut a csapágyán tovább, de a kompresszor meghajtása megszűnik. Kuplung javításához a hűtőkör megbontása nem szükséges.

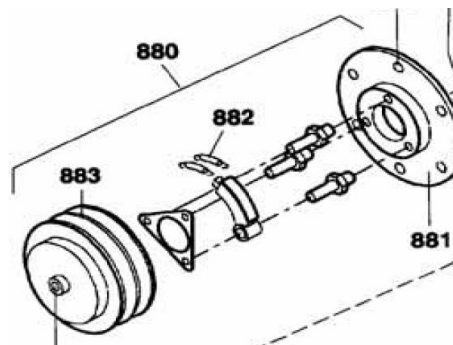


6.2.40. ábra Elektromágneses tengelykapcsoló
Forrás: Themo King Bus training

- Röpsúlyos, mechanikus (6.2.41.a., b. ábra): A dízel motor forgó mozgása keltette centrifugális erő hatására a röpsúly pofák kirepülnek rugó ellenében, nekifeszülnek a röpsúly-háznak, megforgatva azt – biztosítva a hajtást dízel üzemben. Elektromos üzemben pedig a szabadon futást biztosítja, hogy visszafele ne hajtsa meg a belsőégésű motort a villanymotor.



6.2.41.a. ábra. Röpsúlyos, mechanikus tengelykapcsoló, ékszíjjal hajtott kompresszor esetén.
Forrás: Carrier Transicold Truck and Trailer Training



6.2.41.b. ábra. Röpsúlyos, mechanikus tengelykapcsoló. Tengelyirányból, közvetlenül hajtott kompresszor esetén.

Forrás: Carrier Transicold Truck and Trailer Training

A jelenleg használt legáltalánosabban és legelterjedtebben használt hajtástól eltérő megoldásokkal is találkozhatunk egyre nagyobb számban a piacon. Ezek a következők lehetnek:

6.2.11 Nyomáskapcsolók, nyomásjeladók

Nyomáskapcsolóknak több típusát ismerjük. Léteznek biztonsági magas nyomáskapcsolók, biztonsági alacsony nyomáskapcsoló és kondenzátor nyomásszabályzó kapcsolók. Külső jegyeik alapján hasonlóak, vagy teljesen megegyeznek. A csatlakozás módjában eltérhetnek, elektromosan és mechanikusan. Egy példa a nyomáskapcsolókra a (6.2.42. ábra).



6.2.42. ábra Nyomáskapcsolókra példa

Forrás: <https://hu.sgmls.com/c-pressure-switch-car-ac-cooling-system.html>

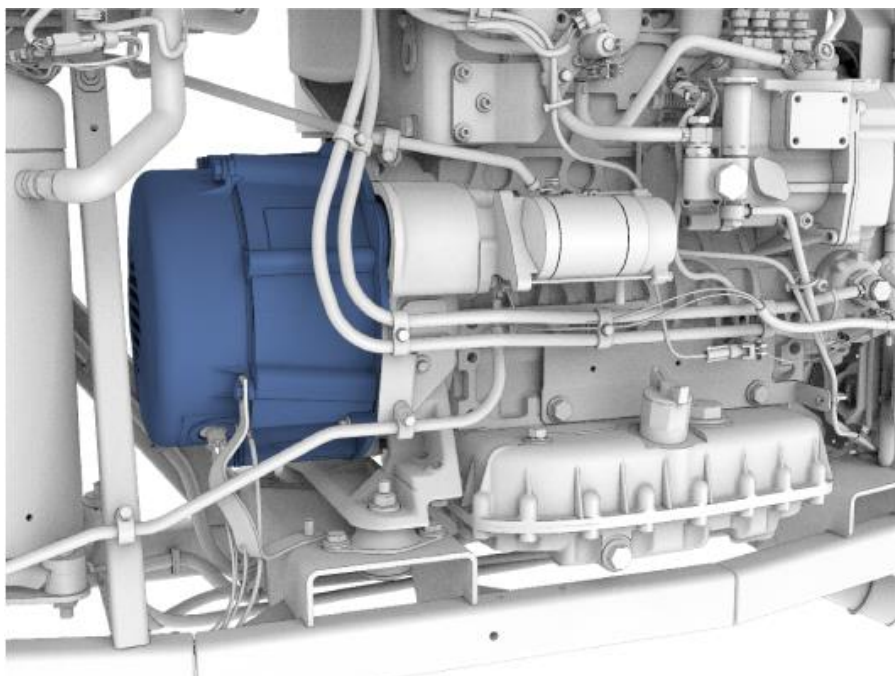
A magasnyomás-kapcsolók szolgálnak a nem kívánatos túl magas nyomás esetleges károsító hatásainak megakadályozására. Az alacsonynyomás-kapcsolók a túl alacsony nyomás kialakulásának káros hatásai ellen védenek, és az ez által kialakuló meghibásodásoktól védik a rendszert. Kondenzátor nyomásszabályzó a kényszerhűtést vezérli, ezzel biztosítva a megfelelő üzemi körülményeket. Esetenként a nyomáskapcsolók akár egy testben is összeépítve megtalálhatók, nem képeznek feltétlenül külön egységet. Nyomásjeladók (-távadók) alkalmazása mellett a rendszer működését nem a ki- és bekapcsolt elemek határozzák meg, hanem lehetővé válik a vezérlés helyett a rendszer szabályozása. Mivel van visszacsatolt adat a rendszer működéséről, így a működtetés a nyomásjeladó alkalmazásával képes a szabályozásra, az optimális üzemi körülmények meghatározására és beállítására. Ez megtörténhet egy kondenzátor ventilátor fordulatszámának szabályozásával, vagy a kompresszor szabályzóinak adott jel formájában, vagy akár a térfogatáram és a teljesítményszabályozás lehetősége is adott, ha az automatika képes a jeleket feldolgozni és a kimenő oldalon a működtetett eszközöket megfelelően szabályozni.

Nyomástávadós rendszereknél a nyomástávadó látja el az üzemeltetés és a biztonsági lekapcsolás funkcióját is. Szükség esetén a kompresszor teljesítményének minimumra való csökkentésével vagy a mágneskuplung kikapcsolásával. A szívóoldali nyomástávadó jele alapján meghatározható a kompresszor üzemállapota, annak

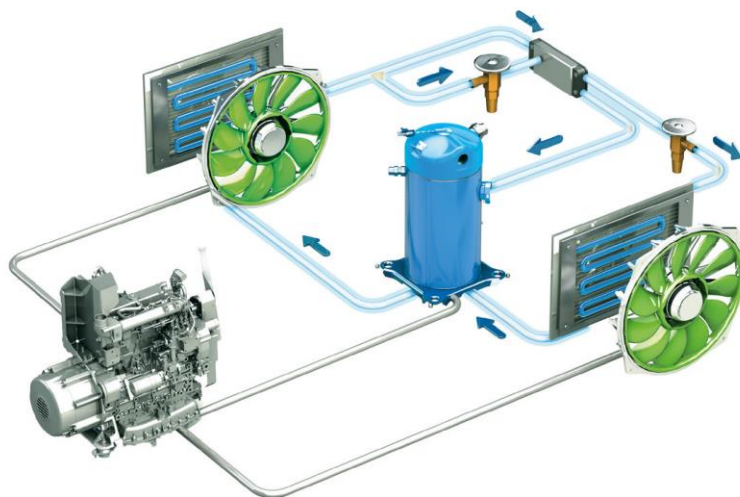
függvényében, hogy a nyomóoldali nyomás mekkora. Abban az esetben, ha elektronikus szívóoldali nyomásszabályzó szelep van beépítve a rendszerbe, a terhelését a nyomóág maximumáig, vagy generátor üzemi berendezés esetén, a maximum üzemi áramig terheli. A szívóoldali átáramlási keresztmetszetet egyre inkább növeli a szívóoldali nyomásszabályzó állításával – kihasználva ezzel a berendezés teljes kapacitását.

6.2.12 Generátor üzem:

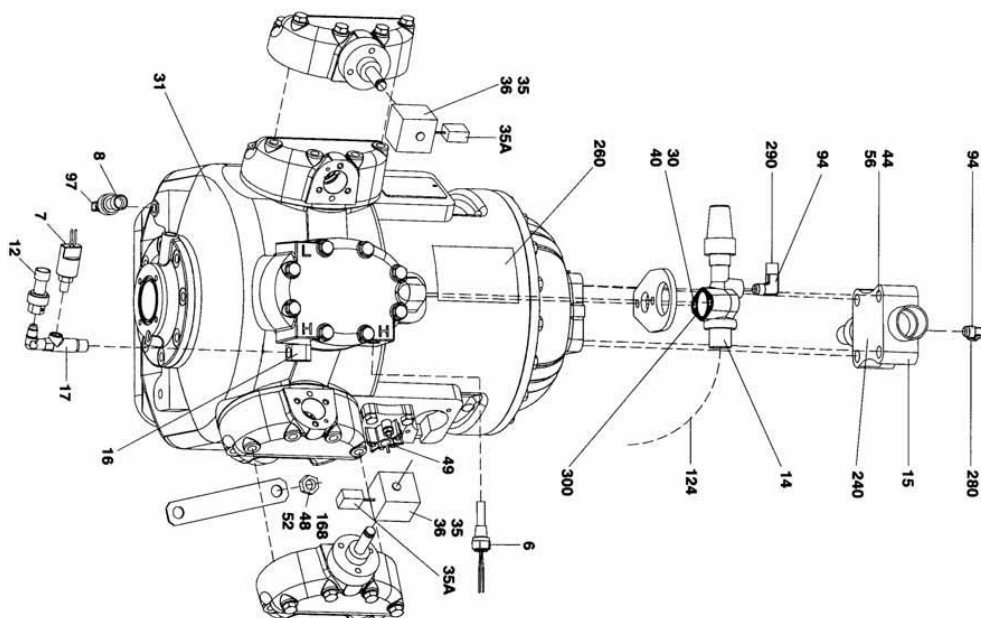
Nagy számban megtalálhatóak olyan berendezések, amelyeknél a dízelmotor egybe van építve a generátorral. Ebben az esetben a lendkerékre szerelt neodímium mágnesekből álló forgórész pusztán belóg a kuplungharang helyére szerelt állórészbe, így kopó alkatrészt nem tartalmaz. A forgórészt a dízelmotor főtengely csapágysora tartja vonalban. Sem gerjesztésre, sem külső áramforrásra nincs szüksége az energiatermeléshez, teljesítménye meghaladhatja a 20 kVA-t (6.2.43. ábra kiemelt alkatrésze a generátor.). Az így előállított háromfázisú szabványos feszültség alkalmas nagyteljesítményű hermetikus, illetve fél hermetikus kompresszorok működtetéséhez. A dieselmotor alacsony fordulatonál a hálózattal megegyező 400 V-os, 50 Hz-es, 3ph-ú szabványos feszültség jelenik meg. Emelt fordulatszámon 490 V-os, 60Hz-es, 3ph-ú a feszültség és a frekvencia. A kompresszoron kívül, a ventilátor motorok, a kondenzátor, az elpárologtató erről a feszültségről üzemelnek (6.2.44. ábra). Fontos tudni, hogy a javítások és karbantartások nagyfokú villamos felkészültséget igényelnek. **A generátor megbontása pedig csak körültekintően történhet, ugyanis a nagyon erős mágneses tér akár a szívritmus szabályzót is képes megzavarni.**



6.2.43. ábra Dízelmotorral egybeépített generátorhajtás
 Forrás: Carrier Transicold Vector 19 HE training



6.2.44. ábra Generátorról üzemelő hűtőkör elemek
Forrás: Carrier Transicold TRS Operating Manual



6.2.45. ábra Félhermetikus kompresszor.
Forrás: Carrier Transicold 06D Spare Parts Manual

Több esetben a két kivitel kombinációját is alkalmazzák.

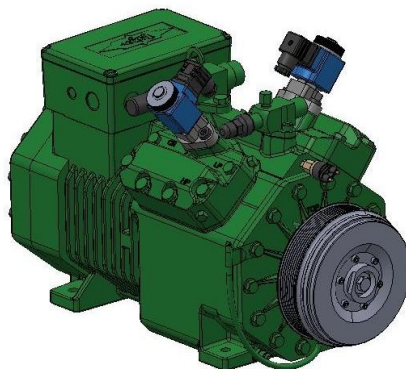
A segédüzem a ventilátorok üzemét biztosítja, míg a kompresszor meghajtását továbbra is a diesel motor adja.

2: Általánosan elfogadott konstrukció, hogy amennyiben a villamos hajtást külső aszinkronmotor biztosítja, diesel üzemben a fűtés üzemhez felgerjesztik generátornak. Az így megtermelt villamos energiát villamos fűtésre fordítja a berendezés, ilyenkor a feszültség nem mindig szabványos, de a fűtőtestek szempontjából erre nincs is szükség, pusztán a szimmetrikus terhelésre.

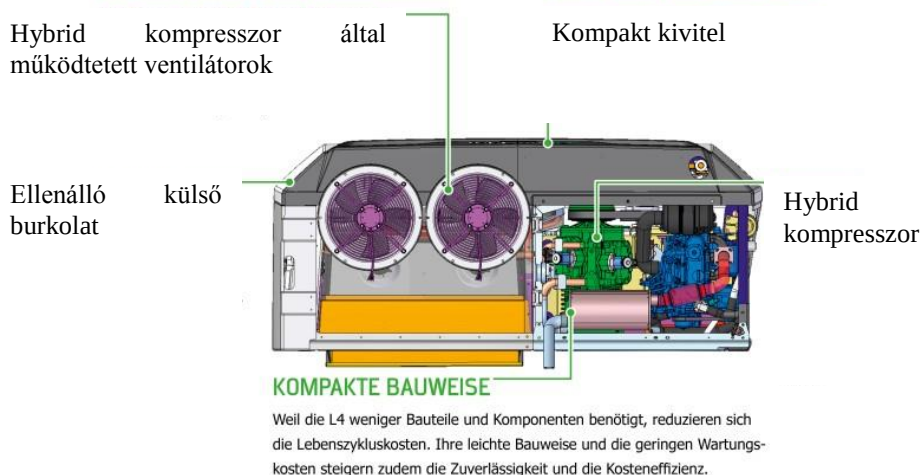
3: Azonban az üzemszerűen erre méretezett villamos motorok képesek ellátni a generátor szerepét is. Erre is találhatunk példát a külső meghajtású fél-hermetikusként ismert kompresszor átalakításával. Ebben az esetben mágneskuplungot találunk a kompresszoron, mely nem fél hermetikus, hanem nyitott (6.2.46. ábra.).

Amikor a kompresszor meghajtását a raktérhűtőbe épített dízelmotor végzi (dízel üzemben), akkor a mágneskuplung meghúzó, a kompresszor forog és ellátja a hűtés feladatát. A villamos betétmotor generátorként üzemel és biztosítja az energiát a ventilátorok számára. Amennyiben a raketeret fűteni kell, vagy pusztán a légáramlást biztosítani benne. Diesel üzemben a kompresszor meghajtását a raktérhűtőbe épített dízelmotor végzi, így a kompresszor hengerfej teljesítmény-szabályzó tehermentesíti a kompresszort. A hűtőkör nem

üzemel, pusztán villamos energiát állít elő a betétmotorja, mellyel mind a fűtési feladatot (elektromos fűtőbetétekkel), mind a ventilátorok üzemét biztosítja. Hálózati üzemben a mágneskuplung szétkapcsol, a ventilátorok a hálózatról üzemelnek, a kompresszor pedig fél hermetikus kompresszor üzemmódban látja el a hűtési feladatot.

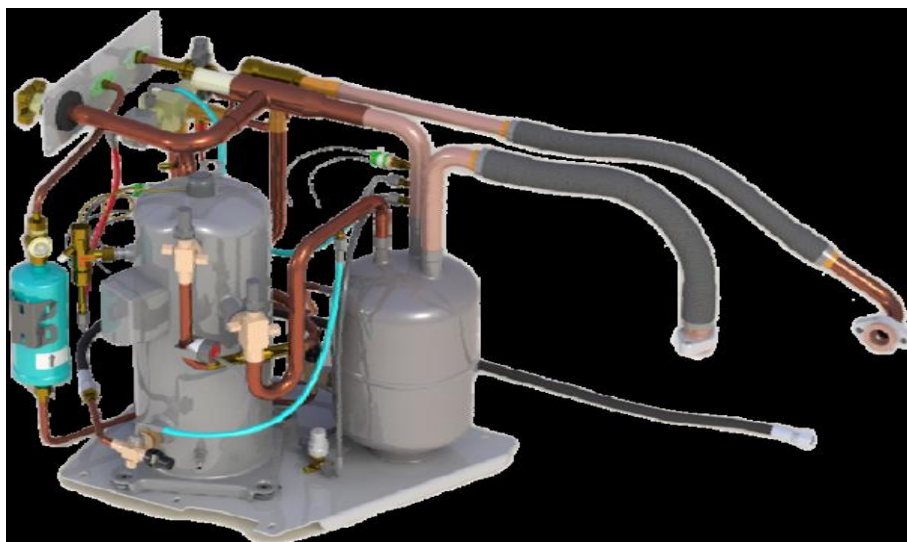


6.2.46. ábra Nyitott kompresszor mágnes kuplunggal
Forrás: Lumikko.com



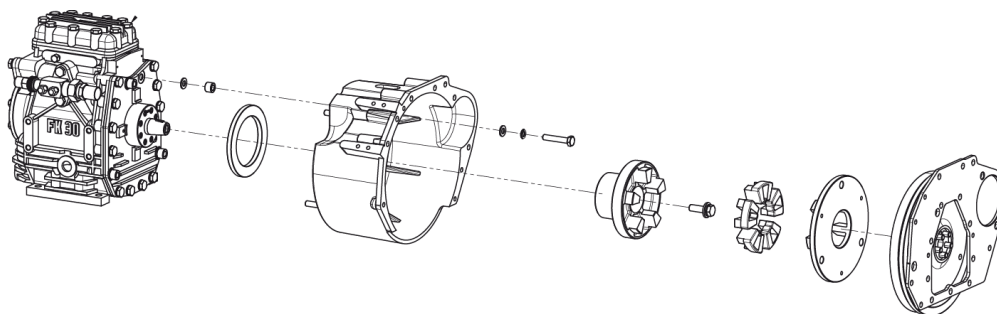
6.2.47. ábra Elkülönülő hajtási rendszer, mely külön részegységet képez
Forrás: Lumikko.com

A gyártók leleményességét, sokszínűségét jelzi, hogy a jármű rakterek hűtésének és fűtésének biztosítására hány lehetséges megoldás van. Tükrözi ezt az is, hogy olyan berendezés is készül, amely szerkezeti felépítésében megegyezik a jármű motoros gépekkel. Nem egy, hanem kettő kompresszor található benne. Külön-külön látják el a hűtési feladatot, dízelmotorról hajtott és villamos hálózatra csatlakoztatott üzemben. A két kompresszor működése egymástól reteszelve van, és a hűtőkörön belüli összekapcsolásuk visszacsapó szelepen keresztül valósul meg, hogy egymás működését ne zavarják. Ebben az esetben a dízelmotorral szembe fordítva (6.2.51. ábra) Hardy-tárcsával (6.2.50. ábra) hajtja meg a kompresszort. A villamos üzemet pedig egy külön erre a célra beépített scroll kompresszor látja el (6.2.48. ábra). Elektromos hálózati üzemben nagy teljesítményű transzformátor egyenirányított és stabilizált feszültsége biztosítja a 12 voltos ventilátormotorok működtetését, valamint a vezérléshez szükséges villamos energiát. Minden gyártó más szemszögből közelíti meg a feladat megoldását. Ebben nagyrészt szerepet játszanak erőforrásaik, kapcsolati rendszerünk, az, hogy milyen háttértámogatásuk van, valamint a karbantartás és javítási költségek redukálására való összpontosítás. A minél alacsonyabb üzemeltetési költség, az új hűtőközegek használata és a minél kevesebb hűtőközeg alkalmazása pedig a legnagyobb kihívás a piacon maradás érdekében.



6.2.48. ábra

Forrás: Zanolli Uno Technical Manual



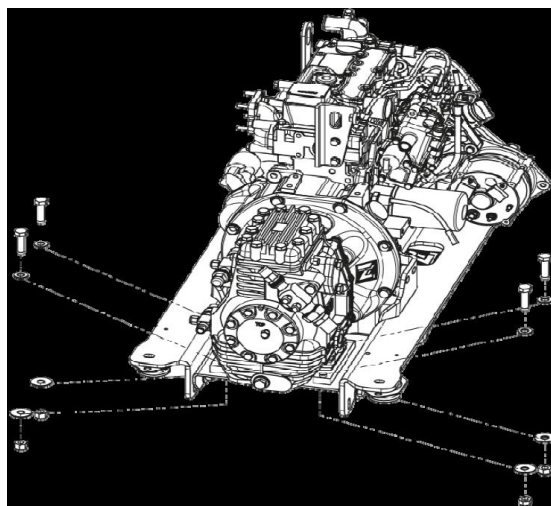
6.2.49. ábra

Forrás: Zanolli Uno Parts Catalogue



6.2.50. ábra

Forrás: Zanolli Uno Technical Manual



6.2.51. ábra

Forrás: Zanotti Uno Parts Catalogue

Az alkalmazott kompresszorok mechanikai tulajdonságai nagyban eltérnek. Egy scroll, vagy csavarkompresszor lényegesen jobban igénybe veszi a fokozott terhelés, és a nagyobb súrlódó felületek miatt az alkalmazott olajakat. Emiatt a kompresszorokban használt olajoknak illeszkednie kell az egyes kompresszortípusok üzemelési feltételeihez és biztosítani a hosszú távú biztonságos üzemelést. Egy adott gyártón belül géptípusonként eltérhetnek az olajok specifikációi, az alkalmazott hűtőközeztől, a hűtőkör felépítésétől, és az alkalmazott kompresszor típusától függően. Azonos megnevezéssel is eltérhetnek a berendezésben alkalmazott hűtőközegek, emiatt az alkalmazott olajok is. Csak az adott kompresszortípushoz szükséges, géptípuson belül előírt olajat lehet használni.

6.2.13 Hűtőközeg csere (retrofit eljárás):

Retrofit hűtőközegeknek nevezzük azokat a környezetre kevésbé káros, újabb hűtőközegeket, melyeket be lehet tölteni a leváltani kívánt hűtőközeg helyére. Amennyiben mind fizikai, mind kémiai tulajdonságaiban megfelel a rendszer követelményeinek, és betöltésük hűtőköri átalakítást nem igényel, úgy nevezett drop-in hűtőközegeknek nevezzük őket.

Hűtőközegek tekintetében fontos megemlíteni, hogy az általánosan használt R-404A hűtőközeg kivételre kerül(t) a raktérhűtők alkalmazásából. Megfelelve ezzel az európai uniós jogszabályoknak. Helyettesítő hűtőközegeként R-452A hűtőközeget határozták meg a gyártók. Az R-404A retrofit hűtőközegek hőmérséklet csúszása eltérő, így a kompresszió véghőmérséklete is. Retrofit hűtőközegeként csak a gyártók által megjelölt hűtőközeget szabad használni. A kompresszió véghőmérséklete, a kondenzátor mérete, a kompresszorban lévő olaj mennyisége, és típusa, mind-mind befolyásoló tényezők annak tekintetében, hogy milyen hűtőközeget lehet alkalmazni. Mivel erről pontos információ általában nincs, ezért hagyatkozni kell a gyártó által meghatározott pontos hűtőközeg típusára és mennyiségére.

6.2.14 Olajok

Az olajok elengedhetetlen részét képezik a hűtőrendszernek, fontosságuk alábecsült. Az olajokkal kapcsolatos munkavégzés során (kompresszor vagy kompresszor olajcsere, olajsint ellenőrzése, javítást követő olajpótlás) a körütekintés mértéke jellemzően nem éri el azt a szintet, amit a gyártók (és az ügyfelek) elvárnának. Látszik ez mindabból, hogy a kompresszor meghibásodások egyik fő jellemző oka az olajokra vezethető vissza. A nem megfelelő típus, a nem megfelelő viszkozitás, a nem megfelelő mennyiség kiválasztásával, és az adalékanyagokkal jelentős károk keletkeznek.

Az olajokkal szemben támasztott elvárásaink:

Biztosítson megfelelő kenést, esetenként tömitést a kompresszor forgó-mozgó alkatrészei részére. Segítse a kompresszor megfelelő hűtését. Jól elegyedjen a hűtőközeggel, hiszen lényeges szempont, hogy az olaj vissza is jusson a kompresszorba. Fizikailag, kémiailag stabil legyen, ne lépjen reakcióba a hűtőközeggel, illetve a berendezésben alkalmazott egyéb anyagokkal. Minden olyan hőmérséklet tartományban, ami a jármű használata

és a klímaberendezés üzemi tartományán belül van, megfelelő legyen a viszkozitása. Ne legyen hajlamos savasodásra, ne legyen hajlamos kokszosodásra a kompresszió megengedett maximális vég hőmérsékletén belül.

A hűtőtechnikában is használt olajokra vonatkozó néhány alapfogalom:

1. Higroszkóposág fogalma a Wikipédia szerint:

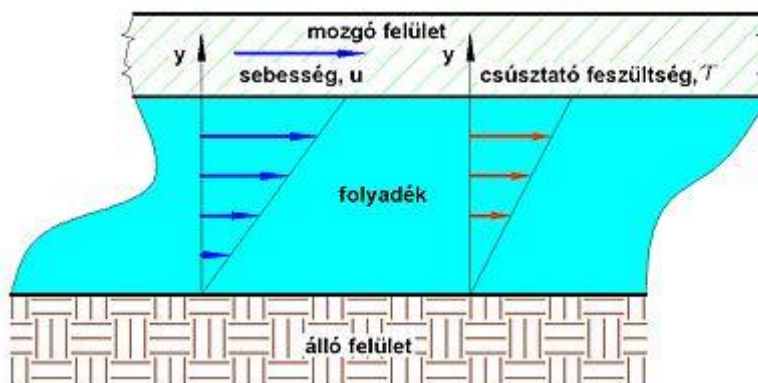
„Számos szilárd és folyékony anyag levegőn állva annak nedvességtartalmát megköti, ezáltal felhígul, illetve – szilárd anyag esetén – elfolyósodik, vagy összezsomósodik.”

Miért kell a rendszerben tartanunk a víztől?

Az olajba bejutó nedvesség rontja annak kenési hatékonyságát. Nyomás alatt felforrhat, elzárva az olajat a súrlódó felületektől. A kompresszorolaj valamennyi hűtőközeget elnyel, a hűtőközeg-olaj keverék vízzel érintkezve savas elegyet alkot. A hűtőközeg típusától függően eltérő savak keletkeznek. Amennyiben a rendszerben savasodás indul el, ez kihat a rendszer többi elemére is. Mivel nem egyanyagú a rendszer, hanem adott esetben réz a kondenzátor, alumínium az elpárolgató, vagy akár fordítva, a savak hatására helyi galvánelem alakul ki. Elindul az elektrolízis folyamata és réz kicsapódás alakulhat ki a forró nyomás alatti felületeken, mint például a dugattyúkon vagy csapágyakon. A víz ezen kívül gőz formájában a kondenzációs vég hőmérsékletet és a nyomást is jelentősen megemeli, ezzel rontva a hűtőkör hatékonyságát.

2. Viskozitás a Wikipédia szerint:

A **viszkozitás**, más elnevezéssel a **belső súrlódás**, egy gáz vagy folyadék (**fluidum**) belső ellenállásának mértéke a **csúsztató feszültséggel** szemben. Így például a vizet, vet mivel folyékonyabb, kisebb viszkozitásúnak mondjuk, míg az étolaj vagy a méz_ kevésbé folyékony, nagyobb a viszkozitása. Minden valóságos folyadéknak vagy gáznak van viszkozitása (kivéve a **szuperfolyékony** anyagoknak), az **ideális folyadék** és **ideális gáz** viszkozitása nulla. A köznyelvben általában a nagy viszkozitású anyagokat **sűrűn folyónak** vagy egyszerűen **sűrűnek**, a kis viszkozitásúakat pedig **könnyen mozognak** vagy **híg**nek nevezik, azonban a **sűrűség** mint fizikai fogalom mást jelent, illetve a „híg” kifejezést helyesebb az ’alacsony **koncentráció**’ értelemben használni.



6.2.52. ábra. Laminárisan áramló folyadék
Forrás: Wikipédia

Egy gáz vagy folyadék **lamináris áramlása** során a közeg egyes rétegei különböző sebességgel áramlanak. A különböző sebességű rétegek elcsúsznak, súrlódnak egymáson, melynek következtében nyíróerő lép fel. Ennek az erőnek semmi köze a szilárd testek elmozdításakor ébredő **súrlódáshoz**, mert a felületre merőleges erőnek (jelen esetben a gáz- vagy a folyadékrétegeknek egymásra gyakorolt nyomásából származó erőnek) nincs hatása a nyíróerőre. Ezen kívül a szilárd testek súrlódásával ellentétben nyugvó gáz vagy folyadék rétegei között nem lép fel nyíróerő.

A viszkozitás értelmezését elsőként **Newton** adta meg, aki feltételezte, hogy a rétegek párhuzamos és egyenletes áramlása esetén az elmozdulás irányával ellentétes irányú belső súrlódási erő (F) egyenesen arányos a súrlódó felületek nagyságával (A) és a sebességgradienssel (du/dy). Az arányossági tényező az adott gáz vagy folyadék anyagi minőségére jellemző állandó, a **dinamikai viszkozitás** (η).

6.2.15 Kompresszorolaj típusok

Alapolaj típus szerint különböző kompresszorolaj típusokat ismerünk. Ezek közül a leggyakoribbak a PAO, PAG és POE olajok.

PAO olaj (Polialfa-olefin)

Az alapolajok IV. csoportjába tartozó szintetikus olaj. A szintetikus szénhidrogén alapú alapolajokat minden esetben adalékolni kell. Az adalék határozza meg a kopásgátló képességet, a korróziós képességet, módosítja a sűrűlődséget, antioxidánsokat, habzás gátló adalékot tartalmaz és különböző viszkozitás módosító, dermedéspont csökkentő és tömítés regeneráló anyagokat is tartalmazhat.

A PAO olajat „univerzális” olajként emlegetik, szinte nem higroszkópos. Viszont kismértékben elegyedik csak a hűtőközeggel, ami nem feltétlenül jó, mivel kevésbé kering a rendszerben, így kevésbé is hűl. Csak abban az esetben javasolt a betöltése, ha a gyártók által megadott specifikációknak megfelel.

PAG olaj (polialkilén-glikol)

A PAG olajok rendkívül higroszkóposak, viszont képesek jól elegyedni a hűtőközeggel, megfelelő keringést biztosítva az olajnak a rendszeren belül. Elsősorban klímatautomatákban alkalmazzák, pl.: Buszklímák esetén. Két fő csoportját különböztetjük meg, az egyik csoport az a nyílt kötésláncú, a másik pedig a zárt, azaz kettős kötésű speciális PAG olaj.

Azért fontos tudni azt, hogy a rendszerben használt PAG olaj milyen kötésű kémiaiilag, mivel a PAG a legelterjedtebb klímakompresszor olaj. A légkondicionáló rendszerekben emellett a legelterjedtebb hűtőközeg pedig az R-134a, mely hűtőközeg típusnak a kiváltása folyamatban van. Új típusbizonyítványt járműre ezzel a hűtőközeggel már nem engedélyeznek. A forgalomban lévő berendezéseket pedig átállítják a jelenleg alkalmazott hűtőközegekre, az R-1234yf-re (HFO típusú hűtőközeg) vagy blendjeire (keverékeire). A HFO hűtőközegek viszont kizárólag a modern kettős kötésű molekulaszervezettel rendelkező olajjal használhatók. **A nyílt láncú olajjal reakcióba lép és mérgező elegyet is alkothat.** Jelenleg mindkettő a piacon van, ezért kellő körültekintéssel kell megválasztani a számunkra megfelelő PAG kompresszor olajat. **PAG olajat kizárólag olyan kompresszorokban lehet alkalmazni, melyek nem rendelkeznek villamos betétmotorral.** A higroszkóposága miatt kialakuló savasodás hatására oldhatja a villamos betétmotor szigetelésére szolgáló lakott.

POE olaj (poli-észter)

A poli-észter olajok szintén higroszkóposak, bár kevésbé, mint a PAG olajok. Elviselik a rendkívül magas kompresszió vég hőmérsékletet. Jól elegyednek a hűtőközegekkel, és magasabb a dielektromos állandójuk. Hermetikusan zárt és villamos betét motorral szerelt fél-hermetikus kompresszorokban egyaránt alkalmazható, mivel nem oldja a lakkot. Szinte az összes biztonsági hűtőközeg alkalmazása esetén használható. Poliészter alapú olajokat jellemzően nagy teljesítményű klímaberendezésekben, járművek esetében buszokban, kötöttpályás közlekedésben alkalmazott klíma rendszerekben, valamint raktérhűtőkben is alkalmaznak. Jellemzően az ezekben előforduló villamos betétmotor és a szélsőséges, valamint nem kiszámítható környezeti viszonyok miatt és a raktérhűtő esetében az alacsony elpárolgási hőmérséklet miatt indokolt poliészter olaj használata megfelelő viszkozitás mellett.

A kompresszor olajok nem keverhetők, nem elegyednek egymással és előnytelenül befolyásolja minden tulajdonságukat keveredésük. Egyértelműen a kompresszor, illetve a klímarendszer meghibásodásához vezet. Sem az olaj típusok, sem a hűtőközeghez előírt olaj típusok nem keverhetők. A PAG és POE olajok esetében nedvességgel érintkezve paraffint képez, ami a kompresszorokban lerakódásokhoz vezet. Az elektromos teljesítmény szabályzó szelepeket eltömíti, így használhatatlanná téve a kompresszort.

Minden típusú kompresszorolaj különböző viszkozitási szintekkel elérhető. Mindig alkalmazzuk a gyártók által előírt megfelelő viszkozitású olajat a későbbi meghibásodások elkerülése érdekében.

A berendezésekből a javítás során visszanyert, vagy lecserélt kenőanyag veszélyes anyagnak minősül. A hűtőből visszanyert kompresszor olajat soha ne tároljuk zárt tartályban, mivel az még oldott hűtőközegek tartalmazhat. Biztonsági szelep vagy kissé meglazított záródugóval ellátott tartályban tároljuk, hogy ne tudjon túlnyomás kialakulni. A jogszabályi előírásoknak megfelelően vezessünk róla nyilvántartást és jogosultsággal rendelkező vállalkozásnak adjuk át megsemmisítésre.

6.2.16 Hűtőközeg betöltést megelőző kötelező munkafolyamatok:

6.2.16.1 Nyomáspróba:

Nyomáspróbát minden esetben száraz nitrogénnel kell végezni. Maximális értéke a rendszer tervezési nyomása. Amennyiben ezt nem ismerjük, akkor a rendszerben előfordulható, a védelmek által garantált legmagasabb üzemi nyomás. Nyomástartási próba alatt azt értjük, hogy a nagynyomású, száraz nitrogénnel feltöltött rendszert lezárjuk és célszerűen pl. 16-24 órán keresztül fenntartjuk a nyomásterhelést.

6.2.16.2 Vákuumolás:

A vákuumolandó hűtőberendezés nagyságához megfelelő teljesítményű, legalább 5 Pa (0,05mBar) abszolút nyomás előállítására alkalmas kétfokozatú vákuumszivattyúra van szükség.

A maradó abszolút nyomás max. értéke 270 Pa (2,7mBar) lehet és értékét a hűtőberendezésnek a vákuumszivattyú szívócsonkjától legtávolabbi pontján kell mérni.

Az előírt abszolút nyomásra levákuumolt hűtőberendezést lezárjuk és célszerűen pl. 16-24 órán keresztül figyeljük, hogy emelkedik-e a nyomás. Akkor, ha az előzetes, hűtőközeg nélküli tömörségi vizsgálatok, azaz a nagynyomású és vákuumtartási próbák sikeres eredménnyel zárultak, betölthetjük a hűtőközeget.

A szivárgás helyét vákuumolással nem lehet meghatározni.

6.2.17 Hűtőközegek legalapvetőbb tulajdonságai és csoportosításuk:

Biztonsági hűtőközegnek nevezzük azokat a hűtőközegeket, melyek nem tűz és robbanásveszélyesek és nem mérgezőek.

Blendnek nevezzük azokat a hűtőközeget, melyet kettő vagy több különböző hűtőközeg által alkotott keverékek.

Azeotrop keverék: Olyan folyadék elegy, amelynek összetétele azonos a belőle távozó gáz elegyével. Tölthető és utántölthető gőz illetve folyadék állapotban is.

Az azeotrop keverékek összetétele nem változik meg a hűtőközeg szivárgás során és egykomponensű anyagként viselkedik.

Zeotrop keverék: Állandó nyomáson eltérő hőmérsékleten párolognak komponensei. Hőmérsékletcsúszásuk van.

A zeotrop blend hűtőközeg keverékeket minden esetben folyadék halmazállapotban töltjük.

A zeotrop keverékek összetétele nem feltétlenül változik meg minden esetben, két okból kifolyólag:

1 - Azoknak a keverékeknek az összetétele csak kis mértékben változik meg, amelyek közel azonos tulajdonságú anyagokból állnak és nagyon alacsony hőmérsékletcsúszással rendelkeznek. Gőzfázisú szivárgás után egyszerű rátöltéssel helyreállítható az egyensúlyi állapot. Pl.: R-404A, R-410A

2 - Nagy hőmérsékletcsúszású anyag (például: R-407C) összetétele csak gőzfázisban változik meg, amennyiben folyadékfázis is jelen van (pl. leállított gép esetén). Működő berendezésnél az összetétel megváltozásának valószínűsége elenyésző.

Ha kétségek merülnek fel, meg kell mérni a nyomás/hőmérséklet arányát, amiből következtethetünk arra, hogy megváltozott-e a keverék eredeti összetétele. Elfogadható nyomásváltozás $p < 0,3 - 0,5$ bar. Teljesen megnyugtató eredményt hűtőközeg vizsgálattal kaphat. Erre szakosodott labor végzi, vagy a forgalmazó.

Minden hűtőközegek van GWP értéke, mely a CO₂ egyenérték mérőszáma. A CO₂ egyenérték határozza meg az adott hűtőközeg globális felmelegedésre (üvegházhatásra) gyakorolt befolyását a szén-dioxidhoz viszonyítva, a szén-dioxid GWP értéke 1. Azaz megmutatja, hogy az adott (üvegházhatású) gáz egy kilogrammja hány kilogramm CO₂ felmelegítő hatásának felel meg. Amennyiben nem ismeretes a hűtőközeg GWP értéke, de ismertek a komponensei a következő módon számolható ki:

Az alkotóelemek GWP-jével kell szorozni az alkotóelemek arányát:
 $\Sigma \text{GWP} = (X \text{ anyag \%} * \text{GWP}) + (Y \text{ anyag \%} * \text{GWP}) + (N \text{ anyag \%} * \text{GWP}) \dots$

6.2.18 Egyéb védelmek:

A Truck and trailer hűtőberendezések úgy vannak kialakítva, hogy a hűtőköri biztonsági elemeken kívül az egyéb perifériás eszközeinek védelmére is figyelmet fordítottak. A beépített védelmi funkciók nem csupán a hűtőkört védik, hanem olyan fontos körülményeket is figyelnek, amelyek egy esetleges meghibásodás során maradandó vagy jelentős anyagi károsodást okozhatnak a berendezésben, vagy akár emberéletet követelő balesetet is okozhatnak.

Alapvetően el kell különíteni a két üzemmódot. A dízelmotorral hajtottat és villamos hálózatról használt üzemmódot. Más-más védelmi eszközök szükségesek használatukhoz

Diesel üzem:

Működés közben a védelem figyeli a megfelelő motorolaj szint meglétét, illetve a motor folyamatos kenése érdekében a megfelelő olajnyomás mértékét.

A vezérlés (processzor) méri a fagyálló hűtőfolyadék szintjét és/vagy hőmérsékletét. Kritikusan magas dízelmotor hűtőfolyadék (fagyálló) hőmérséklet esetén egyes berendezések képesek a dízelmotor terhelését csökkenteni a hűtőkör befolyásolásával, ezzel megakadályozni a védelmek leoldását és a berendezés kikapcsolását hibaüzenettel. A csökkentett teljesítmény is sokkal jobb helyzetet eredményez, mintha letiltana a berendezés és nem üzemelne.

A rendszer folyamatosan méri a külső hőmérsékletet a dízelmotor fagyálló hűtőfolyadék hőmérsékletének kordában tartása érdekében, illetve a kondenzációs nyomás meghatározásával kapcsolatban. A mai modern vezérlések képesek a kompresszor teljesítményét csökkenteni akkora mértékig, hogy a túl magas környezeti hőmérséklet okozta túlmelegedést a berendezés elkerülje.

Generátor üzemű berendezés esetén dízel üzemben az áramfejlesztő szinte összes mérhető üzemi paraméterét védelmek figyelik. A szimmetrikus fázisterhelést, a csillagponti feszültséget, az áram felvételt a kimenő oldalon a generátor hőmérsékletét, ezzel összefüggésben a dízelmotor minden üzemi fordulatszámát. Ahhoz, hogy a frekvencia megengedett tűrésen belüli tartományban maradjon, valamint a feszültség is megfelelő szinten legyen, elengedhetetlen a stabil fordulatszám.

Hálózati üzem:

Hálózati üzemben a berendezések figyelik a rendelkezésre álló villamos hálózat stabilitását, fázissorrendjét és feszültségesését.

A kompresszort működtető villamos motor lehet külső villanymotor, mely szíjjal hajt, illetve a beépített félhermetikus vagy hermetikus kompresszorba szerelt betétmotor. Mindegyik esetében termisztor-lánc figyel a motorban található tekercsfejek hőmérsékletét és további motorvédő van beépítve a mágnes kapcsoló mellé.

Folyadékűtésű villanymotor esetén a fagyálló hűtőfolyadék hőmérsékletét is figyeli a berendezés hálózati üzemben, ilyenkor a fagyállót egy kifejezetten erre a célra beépített elektromos vízpumpa forgatja a villanymotor és az eredetileg a dízelmotor hűtésére szánt hűtő között.

Mindkét üzemmód fokozott figyelmet fordít az akkumulátorra, és az azt töltő 12 V-os generátor figyelésére és védelmére. Azért van szükség a generátor védelmére és figyelésére, hogy garantálni tudjuk a berendezés újraindíthatóságát, és a folyamatos üzemeléshez szükséges segédenergiát. Modern vezérlések nem csak a töltő feszültséget, hanem a töltő áramot is figyelik. Védik a rendszer túlfeszültségtől és attól, hogy ha nincs töltés. Az akkumulátor kondícióján és a generátor megfelelő működésén kívül, a generátor fordulatszámát is figyelhet a vezérlés, melyet az egyik fázistekercs szabályozatlan fázisfeszültségével mér a W kivezetésen. Tekintettel arra, hogy a generátor a mechanikus hajtáslánc végén szokott elhelyezkedni, így lehetősége van a vezérlésnek összehasonlítani a lendkeréken mért fordulatszámot a hajtáslánc végén megfelelő áttétel kiszámolt fordulatszámmal. Amennyiben a fordulatszám eltér, túlrésztáron kívül a kuplung megcsúszása vagy a meghajtó szíjak megcsúszása okozhatja a problémát. A nagy sűrűlő felületek miatt tűzveszély alakulhat ki, ezért a fordulatszám differencia tiltja a berendezés üzemét. További fontos információt ad az indítási ciklusról, hogy az indítás sikeres volt, ilyenkor a D+ kivezetésen megjelenik a feszültség, és az olajnyomásjellel együtt igazolható a motor elindulása. Ha az indítási ciklus sikeres volt, az izzítás megállhat.

A fenti esetektől eltérő védelmek felépítéstől, géptípustól függően eltérhetnek. A védelmek működése a készülék biztonságos üzemeltetésének alapfeltétele. A védelmek sorba vannak kötve és egy üzemeltetésért felelős relét vezérelnek: RR (Run Relay) jelű relé. Mind a villamos, mind pedig a diesel védelmek közvetetten, vagy közvetve, de ezt vezéreltik. Amíg a Run Relay nem húz meg, addig a gép nem üzemel!

6.2.19 Üzem módok:

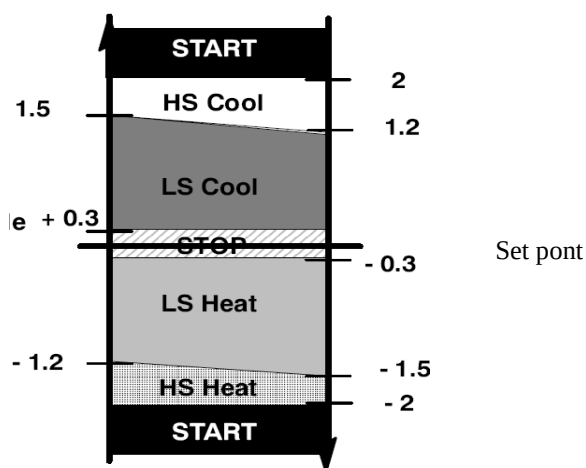
Truck and trailer berendezések esetében azért nem differenciáról beszélünk, mivel mindkét irányú hőmérséklet-eltérésre szabályoz a vezérlés, ellentétes üzemmód indításával. Nem egy adott értéktől való eltérésről beszélünk, hanem a beállított set ponttól való értékkülönbségről, ami a hiszterézis.

A hiszterézis meghatározása: A kimenet késleltetve reagál a bemenet változására, a bemenet előzményeit is figyelembe véve.

Példa: A szabályozó termosztát bekapcsolja a hűtést, ha a terem hőmérséklete „A” fok fölé emelkedik, de nem kapcsolja ki „A”-nál, csak ha „B” fok alá csökken. Így tehát a szabályzó KI/BE állapota, amikor a hőmérséklet az „A” és „B” értékek között van, a hőmérsékleti előzményektől függ. Ez megakadályozza, a gyors ki-be kapcsolgatást, ahogy a hőmérséklet a beállított érték körül oscillál.

6.2.19.1 Start-stop üzem

Szabályozás menete:



6.2.53. ábra Start-stop üzemmód

Forrás: Carrier Transicold Vector Training

HS Cool – Magas fordulátú hűtés

LS Cool – Alacsony fordulátú hűtés

LS Heat – Alacsony fordulátú fűtés

HS Heat – Magas fordulátú fűtés

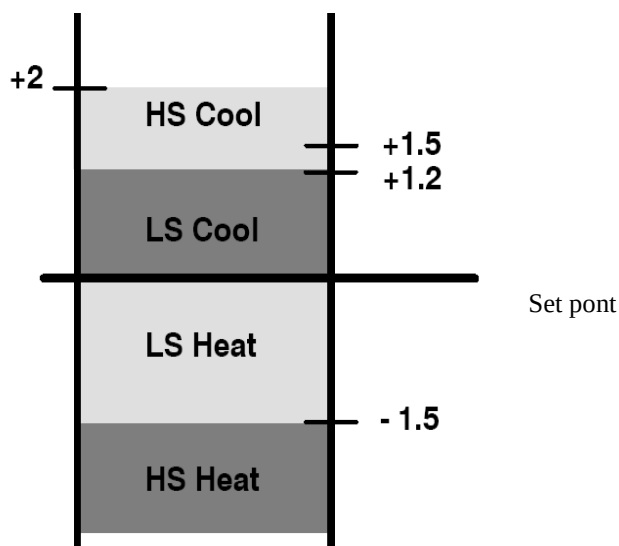
A start-stop üzem – mint a neve is mutatja – a berendezés elindításával és leállításával csak a szükséges időtartamban működteti a berendezést, ezzel csökkentve az üzemeltetési költségeket. Jellemzően fagyasztott termékek szállításánál alkalmazott üzemmód. A berendezések működését nem csupán a terem hőmérséklete határozza meg. Az üzemmódot egyéb feltételek is meghatározzák. A biztonságos üzemeléshez, újrainduláshoz szükséges feltételek megteremtése is szükséges ahhoz, hogy a berendezés leálljon vagy elinduljon.

Ezek a feltételek általában a következők:

- megfelelő motorhőmérséklet: alacsony külső hőmérséklet esetén, (ha a fagyálló hőmérséklete a dieselmotor hűtővíz rendszerében eléri a 0 Celsius fokot) a dízelmotor automatikusan elindul, hogy fagymentesítse a rendszert. A minimális üzemi hőmérséklet eléréseig és/vagy a minimális járási idő elteltéig üzemel. A terem hőigényének megfelelő üzemmódban hűt vagy fűt.
- akkumulátor megfelelő kondíciója: mind az akkumulátor töltőfeszültségének és/vagy a töltőáramának is a gyártó által meghatározott értékeken belül kell kerülnie ahhoz, hogy a berendezés megálljon, így biztosítva az akku kondícióját és a berendezés újraindíthatóságát.
- minimális járás idő és minimális állásidő eltelte: mind a minimális járásidő (On time), mind pedig a két indulás közti minimális időtartam (off time) adott értékhez van rendelve. Az esetlegesen nem megfelelő hőmérsékletű berakodott áru, vagy a szigetelési hiányosság okozta gyors hőmérsékletváltozásból adódóan a berendezés túl sűrűn kapcsol ki illetve be. Mivel ez nagymértékben növelné a meghibásodások számát, ezért amennyiben minimális járásidőn belül a terem hőmérséklete elérte a megfelelő értéket, a berendezés ellentétes üzemre vált és a folyamatos üzemmód feltételei szerint a minimális járás idő elteltéig üzemel.

6.2.19.2 Folyamatos üzem:

Folyamatos üzemben a berendezést működtető erőforrás akár dízel, akár elektromos, nem állhat meg. A légáramot a raktérben folyamatosan fenn kell tartani a megfelelő hőmérséklet mellett. Jellemzően a friss áru, vagy élőállat szállítás közben alkalmazott üzemmód. A szükséges hőmérsékletet a folyamatos üzem – az üzemmódok váltakoztatásával (hűtés-fűtés) – képes fenntartani.



6.2.54. ábra Folyamatos üzemű szabályozás
 Forrás: Carrier Transicold Vector Training

Szabályozás menete: (6.2.54. ábra):

HS Cool – Magas fordulátú hűtés

LS Cool – Alacsony fordulátú hűtés

LS Heat – Alacsony fordulátú fűtés

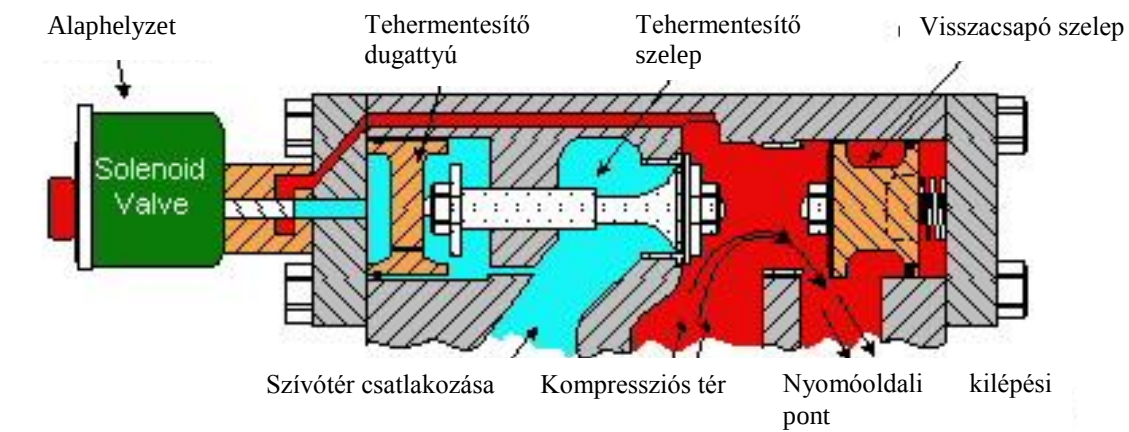
HS Heat – Magas fordulátú fűtés

6.2.20 Hűtőtéljesítmény szabályozási módjai

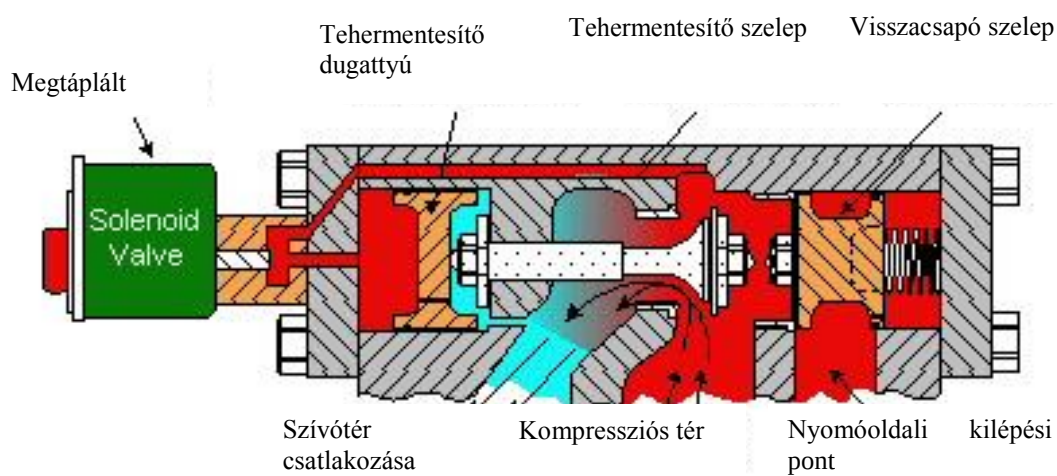
Természetesen a szabályozáshoz nem csak szélsőséges üzemmódváltások, illetve leállítás és elindítás áll a rendelkezésünkre. A berendezések hűtőkörében, illetve a vezérlés számos pontján a teljesítmény modulálásával precízen szabályozható a hűtő- és fűtőtéljesítmény.

Ezek a lehetőségek a következők:

- hengerfej teljesítmény-szabályozás (6.2.55. ábra): a hengerfejet kizárja a hűtőkörből, a dugattyú csak a hengerfejen belül cirkuláltatja a hűtőközeget.
- dízelmotor fordulatszám-szabályozása, hűtőközeg tömegáram, illetve légszállítás
- a kompresszor teljesítmény szabályozása



Teljesítményszabályozott hengerfej töltési pozícióban



Teljesítményszabályozott hengerfej szabályozott pozícióban

6.2.55. ábra Teljesítményszabályozott hengerfej pozíciói
 Forrás: Carrier Transicold Vector Training

berendezés. A hűtőközeg folyadék tartály oldalán kettő kémlelőnyílás található. Az alsó nézőüveg azt a célt szolgálja, hogy üzem közben ellenőrizzük, biztosított-e az expanziós szelep folyamatos folyadék ellátása. A felső nézőüveg szolgál a hűtőközeg mennyiségének nagyságrendi ellenőrzésére. Ugyanis ha a folyadéktartály kilépő sarokszelepét elzárjuk, és a rendszert leszívátjuk, akkor a hűtőközeg mennyisége a folyadék tartályban feltorlódik és meg kell jelennie a felső nézőüvegben. Amennyiben teljes egészében feltöltődik, és a berendezés magasnyomás hibával lekapcsol, illetve nem jelenik meg a folyadék, akkor vagy túl sok, vagy túl kevés a hűtőközeg a berendezésben. Egyéb esetekben a rendeltetésszerű működéshez elégséges hűtőközegek tartalmaz a hűtőkör.

Hűtőközeg töltetmennyiség pontos ellenőrzése:

A rendszerből a hűtőközeget lefejtve, mérleggel ellenőrizzük a gyártó által megadott megfelelő hűtőközeg mennyiséget tartalmazza-e a hűtőkör.

- Működőképes rendszer részleges hűtőközeg töltése, pótlása:

Amennyiben meggyőződünk arról, hogy a rendszerünk hűtőközeg hiányos és pótlásra szorul, ellenőriznünk kell, hogy a rendszer szivárog-e. Amennyiben a rendszeren szivárgás nem találtunk, a hiányzó hűtőközeg pótlását a következőképpen végezzük el:

A kondenzátor kitakarásával (szükség szerint) 45 °C-os hőmérséklethez tartozó kondenzációs nyomás mellett addig töltjük a berendezést, míg a maximális hűtési terhelés mellett, folyadék tartályban alsó, vagy a folyadékvezetékben, a tartály után található nézőüveg buborékmentes folyadéktelt állapotot nem mutat. A hűtőközeget, amennyiben Blend hűtőközegekről beszélünk, minden esetben folyadék állapotban töltjük. Körültekintő módon úgy, hogy a kompresszorok folyadékütést ne kaphasson. Blend hűtőközegek esetében mérlegelni kell azt is, hogy a betöltött hűtőközeg mennyiség meghatározó-e a teljes töltet tekintetében. Szivárgás során megváltozhat a rendszerben megmaradt hűtőközeg összetétele, fizikai, kémiai, hűtőtechnikai tulajdonságai. A rátöltés csak akkor megoldás, ha biztosak lehetünk abban, hogy a hűtőközeg pótlása nem változtatja meg a hűtőkör üzemelésének tulajdonságait. A rendszerből a hiányzó hűtőközeg pótlása csak azeotrop hűtőközeg esetében javasolt

- Hűtőközeg feltöltés súly alapján üres, vákuumozott rendszer esetében:

A hűtőközeg betöltése során ügyelni kell arra, hogy a betöltés követő indításnál a kompresszor folyadékütését elkerüljük, valamint azt, hogy a kompresszorból az olajat ne mossuk ki a beáramló hűtőközeggel. Üres, vákuumolt rendszerrel a hűtőközeg betöltését minden esetben a nyomó vagy a folyadék ágban kezdjük meg betölteni. Ameddig a rendszer nyomása lehetővé teszi, kizárólag ebből az irányból töltjük. Amennyiben a nyomás kiegyenlítődött, a töltő palack és a rendszer közt nincs lehetőségünk további hűtőközeg betöltésére nyomó oldalról. Ilyenkor már annyi hűtőközegnek kell lennie a rendszeren, hogy megkezdhetjük a rendszer üzemeltetését. (Amennyiben nem így van, ellenőrizni kell, hogy van-e a gyártónak egyéb betöltési protokollja a rendszerre vonatkozóan.) Üzem közben körültekintően járunk el, anélkül, hogy a kompresszor folyadékütést kaphatna, vagy az olaj kimosódna a szívó oldalról. Ezzel befejeztük a rendszer feltöltését

- Szívóoldali nyomásszabályozó szelep ellenőrzése és beállítása

A szívóoldali nyomásszabályozó szelep szerepe az, hogy az indításkor a szívóoldalon fellépő túlnyomás, illetve fűtés vagy leolvasztáskor kialakuló magas elpárolgató nyomás ne tudja túlterhelni, túlmelegíteni a kompresszort. A beállítása minden esetben csak akkor lehetséges, ha garantálni tudjuk azt, hogy az elpárolgási nyomás magasabb az elpárolgatóban, mint a szívóoldali nyomásszabályozó szelep beállítási értéke. Ezt úgy érhetjük el, hogy fűtés- vagy leolvasztás-üzemmódba kapcsoljuk a berendezést, hiszen ilyenkor az expanziós szelep mögött forró gőz áramlik az elpárolgatóba, tehát biztosított az, hogy az elpárolgató nyomása magasabb, mint a beállítási érték. Amennyiben egy rendszeren több elpárolgató található, egy időben egyszerre csak az egyik, majd azt követően a többi szívóoldali nyomásszabályozó beállítása lehetséges, külön-külön. Csak az az elpárolgató üzemelhet, ami éppen beállítás alatt van, máskülönben a beállítás nem valósítható meg. Amennyiben több elpárolgató van, és a berendezés elpárolgatói között több mint 5 méter távolság van, a beállítás során figyelembe kell venni a csatlakozó csővezetékben a nyomáscsökkenést és a beállítással kompenzálni kell ezt.

- Kompresszor-teljesítmény ellenőrzés

A hűtőkörben a kompresszornak minden körülmények között biztosítani kell tudnia a védelmek által meghatározott keretek között a hűtőkör működését. Ezért ellenőrzött körülmények között iktassuk ki a kondenzátor hűtését, vagy nagyon lassan kezdjük zárni a nyomóoldali sarokszelepet, és várjuk meg, míg a biztonsági nyomáskapcsoló a megengedett maximális értéknél lekapcsol, és megállítja a berendezést. Amennyiben ezt a kompresszor tudja teljesíteni, a nyomóoldali rendszere vélhetően rendben működik. Egyúttal ellenőrizni is tudjuk a védelem pontos működését, azáltal, hogy a teszt során kontrolláljuk a rendszer nyomóoldali nyomását. Szükség esetén be is tudunk avatkozni, amennyiben a védelem nem működne a gyártó

által megállapított határérték elérésénél. Állítsuk vissza a rendszert alapállapotba. Hűtés üzemben a folyadéktartály bezárásával várjuk meg, míg a kompresszor a szívóoldalt vákuum közeli állapotra – azaz a biztonsági alacsony nyomáskapcsoló értékig – leszívja. Szintén kontrollálni kell az eseményeket, és amennyiben szükséges, be kell avatkozni, ha a rendszer a biztonsági értékeken kívül üzemelne. Ezzel a módszerrel nem csak a kompresszor szívó rendszerét teszteljük, hanem meggyőződhetünk arról is, hogy a három-, vagy négyutas szelep, esetlegesen más rendszerű forró gázos leolvasztás alaphelyzetben megfelelő módon zárva van-e, és hogy az alacsony nyomású oldal védelme jól működik. A tesztet mindig hűtés üzemben végezzük.

- Kompresszorolaj ellenőrzés

A kompresszorolajat minden esetben először vizuális majd érzékszervi ellenőrzéssel vizsgáljuk meg. Először tehát ellenőrizzük a szintjét, és a színéből is következtethetünk az állapotára. A jelenleg már általánosan használt poliészter olaj a raktérhűtő rendszerekben szintelen, víztiszta és szagtalan. Szintje pedig a kompresszoron található nézőüveg közepéig kell hogy érjen, szilárd testektől mentes selymes tapintású. Amennyiben elszíneződött vagy darabok láthatóak benne, feltételezhetően nem megfelelő. A kompresszorolaj tényleges állapotáról laborvizsgálat képes megfelelő információt adni. Viskozitást, savtartalmat, szilárdtest tartalmat minden esetben ellenőriznek, és egyúttal a labor javaslatot tesz arra, hogy szükséges-e a kompresszorolaj cseréje.

- Kompresszorolaj-szivattyú nyomásellenőrzése

A kompresszorolaj nyomását minden esetben nettó értéként mérjük, azaz nem a légköri nyomáshoz viszonyítjuk, hanem az olajteknőben uralkodó nyomás értékét vesszük alapul, és ehhez viszonyítjuk a kialakult olajnyomást. Minden esetben el kell kerülni, hogy a hűtőközeg esetlegesen kiszorítsa a csapágycsatlakozás körüli olajat és ezzel maradandó károsodás keletkezzen a kompresszorban (6.2.58. ábra).

Olajnyomás mérés

Ajánlott „nettó” olajnyomás érték: 15 – 45 PSI

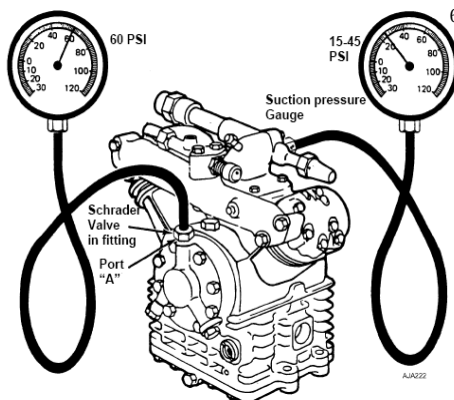
Számítás menete:

Olajszivattyúnál mért olajnyomás – Szívóoldali nyomásérték

azaz jelen esetben

60 PSI – 15 PSI = 45 PSI

60 PSI – 45 PSI = 15 PSI



6.2.58. ábra. Olajnyomás mérés

- Kombinált Fűtés ellenőrzés

Fűtés ellenőrzésekor minden esetben meg kell győződni arról, hogy a berendezés fűtési rendszere pusztán a hűtőkör kalorikus rendszerével működik-e, vagy esetlegesen villamos fűtőbetétekkel is rendelkezik. Kombinált ellenőrzés során mindkét rendszer ellenőrzése szükséges. A kalorikus fűtési kör ellenőrzése során győződjünk meg arról, hogy a kompresszor felől érkező forró gőz csupán az elpárologtató felé áramlik, és a kondenzátor ága teljesen zárva van. Az elektromos fűtés ellenőrzése során meg kell győződni a fűtőtestek fizikai épségéről, a rögzítésük megfelelőségéről még feszültségmentes állapotban. Működés közben pedig ellenőrizzük az áramfelvételeket illetve a csatlakozási pontjaikat.

- A 3-ágú szelep ellenőrzése

Ellenőrizni kell, hogy alaphelyzetben az átvezetés iránya megfelelő-e, teljes keresztmetszetű-e és hogy a fűtési kör fele nem áramlik-e forró gőz. Meg kell győződni arról, hogy az üzemeltető feszültség helyes értékű-e a

működtető tekercsen. Ellenőrizni kell, hogy a váltás teljes egészében megtörtént-e és az áramlás iránya megváltozott. Győződjünk meg arról, hogy a kondenzátor ág teljesen zárva van.

- Expanziós szelep beállítása

Nagyon fontos, hogy az expanziós szelep beállítását minden esetben hűtés üzemmódban kell elvégezni!

A külső nyomás kiegyenlítésű termosztatikus expanziós szelep az elpárologtatóba áramló hűtőközeg mennyiségét, az elpárologtatóból kilépő túlhevített gőz halmazállapotú hűtőközeg hőmérséklete, és az elpárologtató hőcserélő kilépő oldalának nyomása alapján szabályozza.

Biztosítja, hogy az elpárolgó hűtőközeg az elpárologtató teljes térfogatát igénybe vegye anélkül, hogy az el nem párolgott hűtőközeg a kompresszor szívóágába jutna, vagy túlságosan túlhevülne. A hűtőberendezést mérőeszközökkel felszerelve lehet elvégezni az expanziós szelep beállítását, a gyár által megadott túlhevítés érték beállításával, raktérhűtés esetében ez 0 °C-os terem hőmérséklet mellett 8 Kelvin -20 °C-os terem hőmérséklet mellett 4 Kelvin.

A termosztatikus expanziós szelep állítócsavarjának óramutatóval megegyező irányú elforgatásával az expanziós szelep záródik, ezzel csökken az áteresztő képessége, a túlhevítést neveljük. Ellentétes irányba forgatva a túlhevítést csökkentve, nő az áteresztő képessége, azaz nyit.

Amennyiben az tapasztalható, hogy az elektronikus expanziós szelep nem megfelelően működik, meg kell mérni a túlhevítést. Túl nagy vagy túl kis értékek esetében ellenőrizzük le, hogy a berendezés jeladói által mért érték és az általunk mért tényleges értékek közt van-e különbség. Amennyiben igen, a szükséges érzékelőt cseréljük le és ellenőrizzük le ismét a berendezést. A jeladók vizsgálata után ellenőrizni kell az adagoló szelep léptetőmotorjának ellenállását, üzem közben meg kell mérni, hogy a megfelelő működtető feszültséget megkapják-e a tekercsek. Ellenőrizni kell a mechanikus sérülések nyomait az expanziós szelepen. Amennyiben az összes jeladó mért értéke és a vezérlés által kiadott vezérlő feszültségek megfelelőek, az adagoló szelep viszont még mindig nem üzemel megfelelően, vélhetően mechanikus probléma okozza a meghibásodását, a nem megfelelő működést.

6.2.22 Leggyakoribb előforduló hibajelenségek:

- Alacsony szívóoldali nyomás – fagyos szívóág

A berendezés nagyon alacsony túlhevítéssel vagy túlhevítés nélkül üzemel. A hiba oka az, hogy az expanziós szelep túlságosan sok folyadékot juttat az elpárologtatóba, vagy a lecsökkent légáram az elpárologtatón keresztül. Adódhat ventilátor hibából vagy a meghajtás hibájából, az elpárologtató elszennyeződéséből, jegesedés okozta átjárhatatlanságból, vagy az áru nem megfelelő elhelyezése miatt. Amennyiben a berendezés légzsákkal, azaz a mennyezeten elhelyezkedő befűjő elemmel rendelkezik, meg kell vizsgálni azt, hogy nem gyűrődött-e össze vagy nem zárta-e el valami a levegő útját más módon. Rakodás során ügyelni kell arra, hogy biztosítva legyen a levegő általi átjárhatóság az áru között, alatta illetve fölötte. Hűtött árut mindig raklapon kell szállítani, és a raklapot tilos lefóliázni, vagy a levegő szabad áramlásának útját más módon elzárni.

Alacsony szívóoldali nyomás – száraz szívóág

A berendezés túlhevítése túl magas. Ez adódhat a túl alacsony hűtőközeg töltetből és az ebből fakadó alacsony hűtőközeg térfogatáramból, vagy abból, hogy a rendszer szívóoldalán dugulás van. Adódhat eltömődött adagoló szelep vagy düzni, ledugult szárítósűrítő miatt. Oka lehet szívóoldali nyomásszabályzó szelep nem megfelelő működése, vagy hibája is. Esetenként előfordul, hogy az elsavasodott nagy nedvességtartalmú, vagy idegen anyagok miatt megváltozott tulajdonságú kompresszorolajtól az adagoló szelep befagy. Amennyiben mechanikus hiba nem tapasztalható a berendezésen, meg kell vizsgálni annak lehetőségét, hogy esetlegesen a vezérlésben résztvevő jeladók vagy hőmérsékletérzékelők megfelelő jelet továbbítanak-e a vezérlés felé. A meghibásodott jeladók téves, de még értéktűrésen belüli (nem szakadt, nem zárlatos) adatai miatt a léptetőmotoros működtetésű szelepek mozgása nem az üzemállapotnak megfelelő módon fog megtörténni.

Magas szívóoldali nyomás – fagyos szívóág

Magas nyomású folyadékkoldal átereszt az alacsony nyomású oldal felé.

Az adagoló szelep termosztatikus érzékelője nem érintkezik megfelelően vagy nem megfelelő helyen van elhelyezve a szívócsövön. Az adagoló szelep meghibásodott, ezért túlzottan nyitva van. A folyadék utóhűtését végző hőcserélő átszakadt, ezért folyadék áramlik a szívócsőbe folyamatosan. A kompresszor visszahűtő szelep folyamatosan működik. Ennek oka lehet a szelep meghibásodása, vagy az azt működtető termosztatikus vagy elektromos jeladó hibája,

- Magas szívóoldali nyomás – száraz szívóág

Magas nyomású gáz halmazállapotú oldal átereszt az alacsony nyomású oldal felé.

A háromutas szelep, vagy vannak a helyettesítésére szolgáló szeleppár nem megfelelő működése, azaz a kondenzátor ág átereszt a forró gőz oldalra is. Ezáltal gyakorlatilag a folyadékkört kikerülve a szívó oldalra kerül a gőz halmazállapotú hűtőközeg. Ugyanez az eredmény tapasztalható abban az esetben is, ha a kompresszor szelepei közül valamelyik meghibásodik és a kompresszoron belül átereszt. Akár a szívó-, akár a nyomószelep, vagy a közdarab meghibásodásánál is azonos a hibajelenség. A kopott dugattyú és hüvely szintén okozhatja jelenséget. A kompresszor hengerfej teljesítmény-szabályzójának nem megfelelő működés esetében a forró gőzt átereszt a szívó oldalra, nem pedig a hengerfejen belül cirkuláltatja a hűtőközeget, a hűtőkörből kizárva. Így az megemeli a szívóoldali nyomását. Minden kompresszornak van úgynevezett billenési fordulatszáma. Az önműködő lapszelepek mechanikai tulajdonságukból adódóan az ehhez a fordulatszámhoz tartozó szállítási teljesítménynél kezdenek el üzemelni. Lecsökkennek, vagy megszűnnek a káros terek. A túl alacsony kompresszor fordulatszám, a billenési pont alatti üzemeltetés elégtelen üzemet és a fent leírt jelenséget okozhatja.

6.2.23 ATP egyezmény

ATP egyezmény

Agreement on the International Transport of Perishable Foodstuffs and on the Special Equipment to be used for such Transport (ATP)

Egyes romlandó élelmiszerek nemzetközi szállításáról és az ilyen szállításához használt különleges felszerelésről (ATP) szóló egyezmény.

Új felépítmény esetén érvényessége 6 év. Meghosszabbítása 3 évenként történik.

IN = Normális hőszigetelésű szállítóeszköz, amelyet a $0,7 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$, vagy annál kisebb K tényező jellemez;

IR = Fokozott hőszigetelésű szállítóeszköz, amelyet a $0,4 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$, vagy annál kisebb K tényező jellemez.

- az „A” osztályban $+7 \text{ } ^\circ\text{C}$ alatt;

- a „B” osztályban $-10 \text{ } ^\circ\text{C}$ alatt;

- a „C” osztályban $-20 \text{ } ^\circ\text{C}$ alatt;

- a „D” osztályban $0 \text{ } ^\circ\text{C}$ alatt

Hűtőgépes szállítóeszköz. (FR) Egyedi vagy több szállítóegységhez kötött olyan hűtőberendezéssel (mechanikus kompresszorgép-csoporttal, abszorpciós berendezéssel stb.) ellátott hőszigetelt szállítóeszköz, amellyel $+30 \text{ } ^\circ\text{C}$ külső középhőmérsékleten az üres felépítmény belsejében a hőmérséklet csökkenthető, majd pedig állandó szinten tartható – az osztályozásuknak megfelelően – a következők szerint:

- az A, B és C osztályokban bármilyen előírt gyakorlatilag állandó t^i hőmérsékleten tartható, a három osztály számára megállapított alábbi előírásoknak megfelelően:

A osztály, olyan hűtőberendezéssel ellátott hűtőgépes szállítóeszköz, amelyen a $t^i +12 \text{ } ^\circ\text{C}$ és $0 \text{ } ^\circ\text{C}$ között bezárólag állítható be.

B osztály olyan hűtőberendezéssel ellátott hűtőgépes szállítóeszköz, amelynél a $t^i +12 \text{ } ^\circ\text{C}$ és $-10 \text{ } ^\circ\text{C}$ között bezárólag állítható be.

C osztály - olyan hűtőberendezéssel ellátott hűtőgépes szállítóeszköz, amelynél a $t^i +12 \text{ } ^\circ\text{C}$ és $-20 \text{ } ^\circ\text{C}$ között bezárólag állítható be.

- A D, E és F osztályokban egy meghatározott, gyakorlatilag állandó t^i értéken, a három osztály számára megállapított alábbi előírásoknak megfelelően:

D osztály - olyan hűtőberendezéssel ellátott hűtőgépes szállítóeszköz, amelynél a t^i egyenlő, vagy alacsonyabb, mint $0 \text{ } ^\circ\text{C}$.

E osztály - olyan hűtőberendezéssel ellátott hűtőgépes szállítóeszköz, amelynél a t^i egyenlő, vagy alacsonyabb, mint $-10 \text{ } ^\circ\text{C}$.

F osztály - olyan hűtőberendezéssel ellátott hűtőgépes szállítóeszköz, amelynél a t^i egyenlő, vagy alacsonyabb, mint $-20 \text{ } ^\circ\text{C}$.

A, B, C, E és F osztályú szállítóeszközök K tényezőjének feltétlenül $0,4 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ -kal egyenlőnek vagy annál kisebbnek kell lennie.

Az ATP minősítés feltétele, hogy a vizsgált eszközt a szabványoknak megfelelő hőmérsékletregisztráló berendezéssel lássák el. A vizsgálat során a gépjármű alvázszámát, a felépítmény sorozatszámát, a raktérhűtő gyári számát, ha van kiegészítő elpárologtató, akkor annak gyári számát, valamint a hőmérséklet regisztráló berendezés sorozatszámát, egy közös ATP számla alá vonják össze. Az ATP felülvizsgálat alapfeltétele, hogy megújítás céljából végzett vizsgálatnál a vizsgált járművön található eszközök, megegyezzenek az ATP

bizonyítványban regisztrált eszközökkel. A bizonyítvány hosszabbítása csak ezzel a feltétellel történhet. Minden más esetben új ATP vizsgálat elvégzése szükséges.

A hőmérséklet regiszterek készülhetnek DIN rádió fiók méretű beltéri kivitelben, illetve vízhatlan dobozba szerelt kültéri kivételként. Elvárás velük szemben hogy rendelkezzenek memóriával, hogy a szállítás időtartama alatt rögzített hőmérsékleteket legyenek képesek tárolni, és hogy a fuvar végeztével az eszközből az adatok a helyszínen visszanyerhetőek legyenek. Ezt jellemzően beépített nyomtatóval valósítják meg a gyártók. A hőmérsékletregisztráló berendezések rögzítési rendszerének függetlennek kell lennie a raktérhűtő berendezés hőmérséklet szabályzó rendszeréről, az adatokat pedig nem módosítható formában kell tárolniuk. A berendezésnek az előírásoknak megfelelő osztálypontossággal kell rendelkeznie.

Hőmérséklet regiszterekről és azok időszakos felülvizsgálatáról és osztálypontosságáról az alábbi szabvány rendelkezik:

MSZ EN 13486:2002 szabvány, melynek tárgyköre a hőmérsékletváltozás-rögzítő és hőmérő hűtött, fagyasztott, mélyhűtött/gyorsfagyasztott élelmiszer és jégkrém szállításához, tárolásához és elosztásához. Rendszeresen ismétlődő vizsgálat

6.2.24 Diesel káros anyag emisszió szabályozás

A dízel káros anyag kibocsátást a nem közúti mozgó gépek belső égésű motorjainak a gáz- és szilárd halmazállapotú szennyezőanyag-kibocsátási határértékeire és típusjóváhagyására vonatkozó követelményekről, az 1024/2012/EU és a 167/2013/EU rendelet módosításáról, valamint a 97/68/EK irányelv módosításáról és hatályaon kívül helyezéséről szóló az [Európai Parlament és a Tanács \(EU\) 2016/1628 rendelete](#) (2016. szeptember 14.) szabályozza. .

A fent említett rendelkezés gondoskodik arról, hogy a jövőben Truck and trailer kategóriában használt raktérhűtő berendezések dízelmotorjai megfeleljenek az Európai Unió által elvárt emissziós normáknak. Ezen szigorításoknak megfelelően a jelenlegi raktérhűtő berendezések a jogszabály életbe lépésekor, a türelmi időn túl, már a kötelezően betartandó nem emissziós normáknak kell, hogy megfeleljenek. Jelenleg már csak olyan raktérhűtő berendezés típusjóváhagyása fogadható el, mely a jogszabályban előírt emissziós normáknak megfelel. A jelenleg típusjóváhagyással rendelkező berendezések a jogszabályban meghatározott türelmi idő végéig forgalomba hozhatók.

A Truck and trailer kategória egyik speciális felhasználási formája az élőállat szállítás. Jellemzően a napos szárnyasokat szállítják ilyen berendezésekkel. Hűtési igényük óriási. A rendkívüli hűtési igény abból adódik, hogy ezek az állatok nem képesek a testhőmérsékletük szabályozására, életük első néhány hetében. Testhőmérsékletük 40 °C felett van kicsivel, szűk térben egymás mellé helyezve őket, 26-27 °C feletti hőmérsékletet nem képesek elviselni, túlhevülnek, megfulladnak. Hőmérséklet szabályzás híján, a szervezetüknek még a hűtés mellett nagyon fontos a megfelelő oxigénellátás, emiatt a hűtést friss levegővel kell megoldani. Azaz nem a hőszigetelt felépítményben keringetett levegőt hűtjük, hanem a kintről beszívott friss levegő lehűtése történik meg óránként akár 8-9 ezer m³/h teljesítménnyel. Ebben a hőmérséklet tartományban a felpótkocsi hűtési igénye a nyári melegben meghaladja a 40 kW-ot. A téli hidegben nagy teljesítményű gázolaj üzemű vizes kályhák – a dízelmotor hulladék hőjével együtt – képesek ellátni a fűtési feladatot. Generátor üzemű berendezés esetén nagy teljesítményű elektromos fűtőbetétek dolgoznak a megfelelő hőmérséklet, és az állatok életben maradása érdekében. Egy-egy fuvar során a szállított állatok együttes száma elérheti a 100 000 darabot egy felpótkocsiban.

A másik speciális alkalmazásra a területnek a gyógyszer szállítás. Kifejezetten erre a célra kialakított szabályrendszernek kell megfelelni az alkalmazott technológiának. Sokszorosan ellenőrzött, validált kell hogy legyen a humán, azaz az emberi alkalmazásra szánt gyógyszerek szállítása. Már a tervezéskor meg kell, hogy feleljen számos speciális elvárásnak. Nagyon szigorú ellenőrzési és dokumentálási, biztonsági feltételeknek szükséges megfelelnie mind a felépítménynek, mind pedig az alkalmazott berendezések. Minimális hőingadozás alakulhat csak ki a felépítményen belül. Az áru értéke nem mérhető anyagiakban, mivel emberi alkalmazásra szánt hűtést igénylő gyógyszerek nem megfelelő szállítása akár maradandó egészségkárosodást, vagy még ennél is súlyosabb következményeket okozhatnak.

6.3 Jármű klimatizálás – kötött pályás alkalmazások

6.3.1 Rendeletek, előírások

Bár nem közvetlenül a hűtőtechnikai ismeretekhez tartozik, de mindenképpen szükséges az alapvető követelményekkel és előírásokkal tisztában lenni, ha kötött pályás járművek klimatizálásáról beszélünk.

Korábban az erre vonatkozó követelményeket és a járművek ellenőrzésével kapcsolatos teszteket az UIC 553 előírásai foglalták össze.

Napjainkban az következő Uniós rendeletek foglalkoznak ezzel a témakörrel:

- EN 13129-1: 2003 Vasúti alkalmazások - Fővonalai vasúti járművek légkondicionálása: komfort paraméterek
- EN 13129-2: 2004 Vasúti alkalmazások - Fővonalai vasúti járművek légkondicionálása: típus tesztek
- EN 14750-1: 2006 Vasúti alkalmazások – Városi és elővárosi vasúti járművek: komfort paraméterek
- EN 14750-2: 2006 Vasúti alkalmazások – Városi és elővárosi vasúti járművek: típus tesztek
- EN 14813-1: 2006 Vasúti alkalmazások – Vezetőállás: komfort paraméterek
- EN 14813-2: 2006 Vasúti alkalmazások – Vezetőállás: típus tesztek

Ha valaki mélyebben akar vasúti járművek légkondicionálásával foglalkozni, azon belül is rendszerek tervezésével és ellenőrzésével, úgy mindenképpen szükséges a fent felsorolt előírások ismerete.

Eddig még csak az egyes jármű kategóriák esetében előírt követelményeket, illetve a kialakított rendszerek teljesítőképességének ellenőrzését említettük.

Rendkívül fontos az is, hogy a készülékekkel szemben milyen elvárások, követelmények állnak fenn.

Fontos megjegyezni, hogy vasúti alkalmazásra fejlesztett berendezések felépítésükben, a felhasznált anyagok tekintetében, lényegesen eltérnek a többi jármű klimatizálásban használt készüléktől, ennek következtében áruk is lényegesen magasabb.

Főbb követelmények – a teljesség igénye nélkül – a következők:

- EN 50126 Vasúti alkalmazások - A megbízhatóság, az üzemkésztség, a karbantarthatóság és a biztonság (RAMS) előírása és bizonyítása
- EN 45545 Vasúti alkalmazások - Vasúti járművek tűz elleni védelme. 2. rész: Anyagok és részegységek tűzállósági követelményei

EN 61373:2011 Vasúti alkalmazások - Vasúti járművekbe épített részegységek Ütés- és rázásállósági vizsgálatok

A vasúti járművekbe beépített légkondicionáló készülékek és azok részegységeinek ütés- és rázásállósága igen fontos, mivel a vasúti járművek esetében, üzem közben rendkívül nagy, akár 20-30 g-t is meghaladó gyorsulásértékek léphetnek fel.

6.3.2 Jellemző kialakítások

Az alapvető hűtőkörben természetesen nincs eltérés a már megszokott rendszerekhez képest, inkább az alkalmazott részegységek és az összeépítés módja lehet eltérő.

Fontos megemlíteni, hogy a vasúti klímaberendezések döntő többsége hermetikusan zárt hűtőkörrel rendelkezik. Ez alatt egy olyan zárt rendszert értünk, amelyben a vonatkozó jogszabály⁴ definíciója szerint "minden hűtőkörzeget tartalmazó rész szorosan záródóra készült hegesztés, forrasztás, vagy hasonló állandó összeköttetés révén, amely magában foglalhat zárósapkás szelepeket és zárósapkás nyílásokat, amelyek lehetővé teszik a megfelelő javítást és visszanyerést, és amelyek 3 gramm/év-nél alacsonyabb tesztelt szivárgási értékkel rendelkeznek a megengedett maximális nyomás legalább egynegyedénél".

Két fő kialakítási irányelv van a kötőtpályás alkalmazásoknál:

1. Alulra, alvázra szerelt kivitel
2. Tetőre szerelt kivitel

Mindkét megoldásnál rengeteg „ellene” és „mellette” érv sorolható fel, még szakmai körökön belül sincs abban teljes egyetértés, melyik rendszer a gazdaságosabb. Ez alatt nem csak az üzemeltetést értjük, hanem a fejlesztési-, gyártási- beépítési, karbantartási-, javítási- és a gazdaságos üzemeltetési költségek együttesét.

⁴ A fluortartalmú üvegházhatású gázokról és a 842/2006/EK rendelet hatályon kívül helyezéséről szóló az Európai Parlament és a Tanács [517/2014/Eu Rendelet](#) 2. cikk 11. pont.

Korszerű, alacsonypadlós motorvonatoknál például szinte kizárólag tetőre szerelt légkondicionáló készülékeket használnak, mivel az alváz alatt az alacsonypadlós kialakításból eredően nem áll rendelkezésre elegendő hely a beépítésre.

Személykocsi esetében már más a helyzet, itt korábban kizárólag alvázra szerelt berendezések voltak elterjedtek, napjainkban azonban egyre gyakrabban találkozhatunk itt is tetőre szerelt készülékekkel.

Természetesen mindkét elrendezésnél a részegységek kialakítását, a teljes hűtőkör fizikai megvalósítását nagyban befolyásolja az adott járműnél rendelkezésre álló hely.

A legtöbb gyártó esetében kötőtpályás termékskála úgy alakul ki, hogy az egyedi projektre kifejlesztett készülékből igyekeznek egy „univerzális”, a későbbiekben többféle felhasználásra is alkalmas berendezést létrehozni, mely kisebb módosításokkal más projektek esetében is alkalmazható.

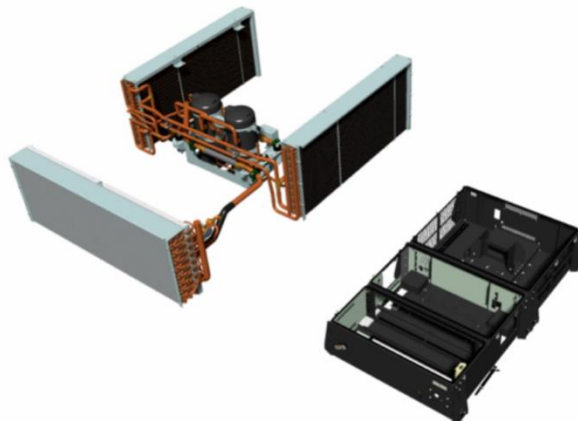
Ennek oka természetesen az igen magas fejlesztési- és tesztelési költség (korábban felsorolt jóváhagyások megfeleltetések megszerzése), ami néhány darabos széria esetében nem hárítható át teljes mértékben a vevőre.

A leírtakból jól látható, hogy a kötőtpályás járművek esetében alkalmazott készülékek előállítására igen költséges, más mobil hűtéstechnikai rendszerekkel összevetve beszerzési árak azok többszöröse.

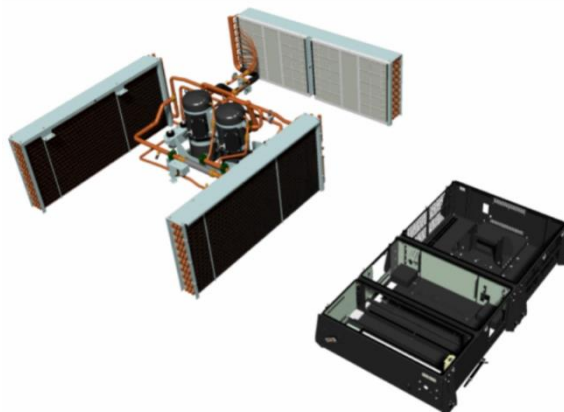
6.3.3 Egy létező kialakítás vizsgálata

Nézzünk egy kialakítást! Ez esetben egy tetőre szerelt készülék hűtőköri megvalósítását (városi villamos), majd ennek példáján tekintsük át a vasúti alkalmazásokban (is) használt jellemző komponenseket (kompresszortól kiindulva) (6.3.1., 6.3.2., 6.3.3. ábra).

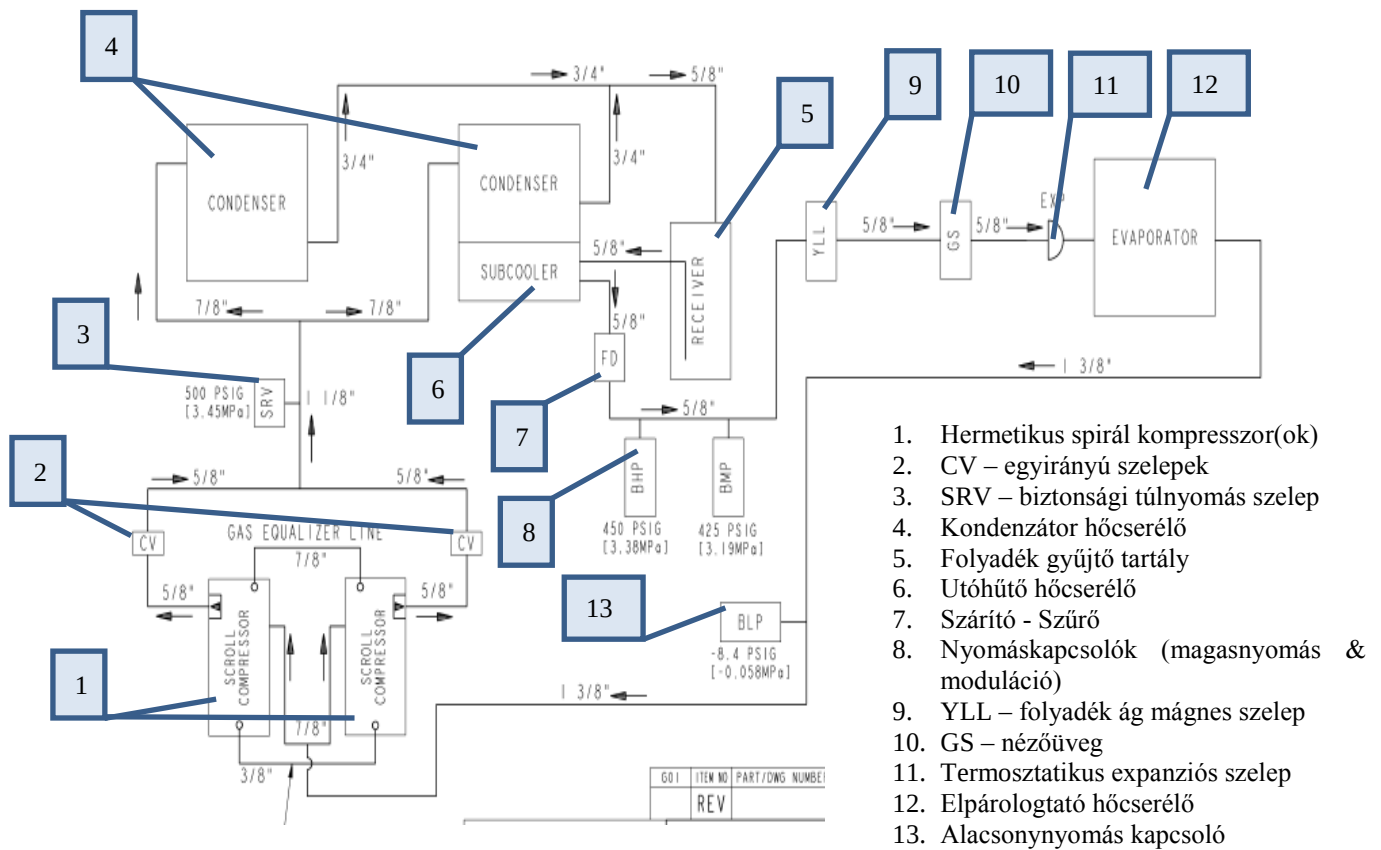
Természetesen az felsorolt részegységek funkciója és leírása megegyezik más, nem vasúti alkalmazások hűtőkörében megtalálható komponensekével.



6.3.1. ábrai Városi villamos tetőre szerelt klímakészüléke
Forrás: Thermo King „Rail Product” bemutató anyag



6.3.2. ábra. Városi villamos tetőre szerelt klímakészüléke
Forrás: Thermo King „Rail Product” bemutató anyag



6.3.3. ábra Városi villamos tetőre szerelt klímakészülék kapcsolási vázlata
 Forrás: Thermo King LFR 8T BUD oktató anyag

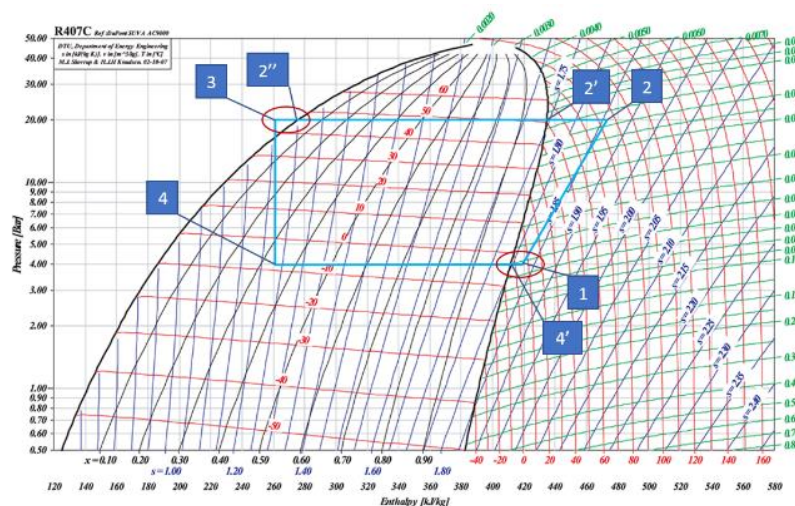
6.3.4 Kompresszor

Szerepe a hűtőkörben:

- a hőszállítás érdekében folyamatosan fenntartja a hűtőközeg áramlását a rendszerben
- nyomáskülönbséget hoz létre a hűtőkörben megteremtve annak lehetőségét, hogy a hűtőközeg az elpárolgató egységben párologni tudjon (hőfelvétel, azaz hűtés), a kondenzátor egységben pedig újra folyadék halmazállapotúvá válhasson (hőleadás a környezet felé).

Log p-h diagramban ábrázolva:

- 1 - 2 szakasz mutatja a veszteséges (politropikus) kompressziót az R407C típusú hűtőközeg állapotábráján feltüntetett körfolyamat esetében.



6.3.4. ábra Kompresszor politropikus kompressziója log p-h diagramon ábrázolva
 Forrás: www.swep.net

Vasúti alkalmazásokban a készülékek többségében ún. hermetikus kompresszorokat alkalmaznak, melyek lehetnek dugattyús, csavar- és spirál kivitelűek.

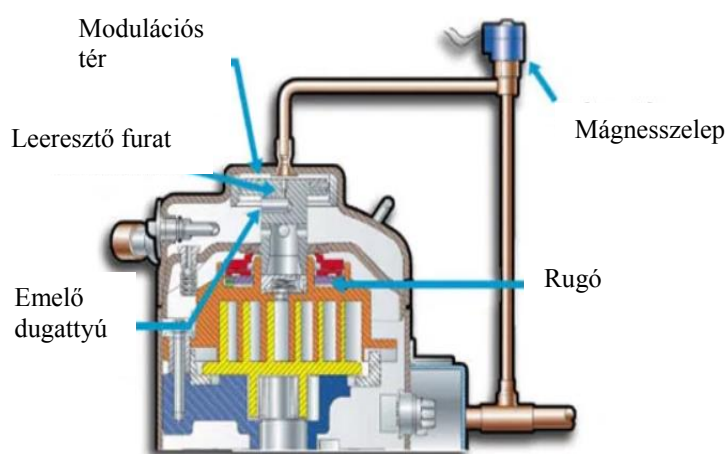
Általánosságban elmondható, hogy a kötőpályás járművek klíma berendezéseiben leggyakrabban spirál kompresszorokat találunk.



6.3.5 Hermetikus scroll kompresszor metszet
Forrás: Thermo King LFR 8T BUD oktatási anyag

A spirál kompresszorok többfélék is lehetnek:

- változtatható frekvenciával fordulatszám szabályzásos, ahol a változtatható frekvencia tartomány 40 – 60 Hz
- ún. digitális, ahol az álló és a mozgó spirál egymástól való időleges eltávolításával a nyomás kiegyenlítés következtében a szállítás megszűnik. A digitális szelep működtetésével a kompresszor szállítási mennyisége szabályozható. A digitális szelep nyitásával az álló spirál feletti teret a kompresszor szívóoldalával nyitjuk egybe, minek következtében a spirál felfelé mozdul el, megteremtve a nyomás kiegyenlítés lehetőségét.



6.3.6. ábra. Spirál kompresszor teljesítményszabályozás digitális szeleppel

Forrás: <http://dhilreefer.blogspot.com/>

A vizsgált vázlaton 2db kompresszor párhuzamosan van bekötve, nyomó- és szívóoldali kiegyenlítő vezetékekkel kiegészítve.

A kétkompresszoros kialakítás oka a tárgyalt rendszer esetében – és a legtöbb két kompresszoros kialakítás esetében is – az, hogy a kompresszorok itt nem alkalmasak sem frekvenciaváltoztatással történő fordulatszám szabályozásra, sem pedig digitális szeleppel megvalósítható szállításszabályozásra.

A mindenkor hűtőteljesítmény igényhez alkalmazkodó teljesítmény szabályozás, csak a kompresszorok ki- és bekapcsolásával megoldható.



6.3.7. ábra. Párhuzamosan kötött kompresszorok

Forrás: Thermo King LFR 8T BUD oktatási anyag

6.3.5 Kompresszor – Kondenzátor csővezeték

- a kompresszorok nyomóoldali ágán külön-külön 1-1db egyirányú szelep található
- a közös ágon van a nyomóoldali túlnyomás szelep, melynek nyitási értéke jelen esetben 3.45 MPa (34.5 bar) tekintettel az alkalmazott R407C hűtőközeg típusra

6.3.6 Kondenzátor hőcserélő(k)

A kondenzátor hőcserélő működése két fő alapelven nyugszik:

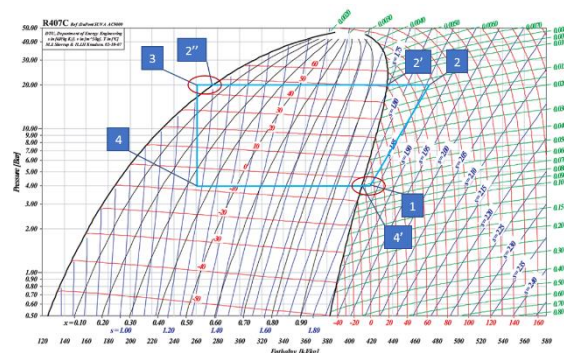
- A hőenergia mindig a magasabb hőmérsékletű helyről az alacsonyabb hőmérsékletű felé áramlik (Termodinamika II. főtétele)
- Nagy hőmérséklet különbség hatására gyorsabban megy végbe a hőenergia áramlása

○ kialakításuk szerint lehet hagyományos, azaz rézcsöves és alumínium lamellás, vagy teljes egészében kompakt alumínium, un. mikrocsöves kivitelű. A rézcsöves + alumínium lamellás kialakítás előnye a javíthatóság, hátrány a kisebb hatásfok. A mikrocsöves kivitel hatásfoka hőátadás szempontjából lényegesen magasabb (nagyobb működő felület), viszont sérülés, szivárgás esetén csak cserével javítható. Tekintettel arra, hogy a rendszerek hűtőköri csövezésénél túlnyomó többségben rézcsövezést alkalmaznak, a réz-alumínium átmenet is meghibásodás forrása lehet.

○ a hűtőköri vázlat esetében 2 db párhuzamosan kapcsolt hőcserélő van, melyek közül az egyik közös hűtőbordázattal (azaz fizikailag egybeépített módon) egy folyadék utóhűtő hőcserélőt is tartalmaz.

Log p-h diagramban ábrázolva:

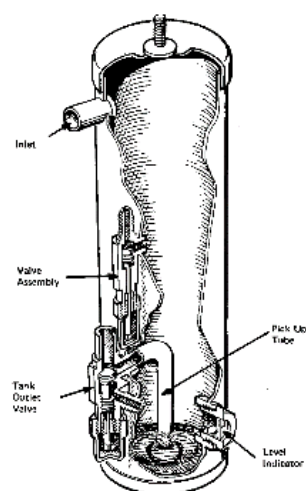
- a $2 - 2' - 2'' - 3$ szakasz mutatja a kondenzáció folyamatát állandó nyomáson
 - $2 - 2'$: a túlhevített hűtőközeg gőz hőmérséklete a harmatponti hőmérsékletre csökken (hőleadás a környezet felé)
 - $2' - 2''$: végbemegy a kondenzáció (hőleadás a környezet felé) a hűtőközeg hőmérséklete az adott hűtőközegről jellemző hőmérséklet „csúszás” (ez a vázlaton nincs feltüntetve) mellett változik (zeotrop hűtőközegek)
 - $2'' - 3$ szakasz: utóhűtés folyamata, azaz a hűtőközeget telítési hőmérséklete alá hűtjük. Ez valósul meg a vizsgált hűtőkör egyik kettős hőcserélője esetében.



6.3.8 ábra. Kondenzáció folyamata log p-h diagramon

6.3.7 Folyadékgyűjtő tartály

Ahogy az elnevezés is utal rá, a szerepe abban áll, hogy a kondenzátor hőcserélőkből érkező magas nyomású, de már alacsony hőmérsékletű folyadék- és esetleg még gőz halmazállapotú hűtőközeg elegyből kizárólag folyadék áramolhasson tovább az expanziós szelep felé.



6.3.9 ábra. Folyadékgyűjtő tartály
Forrás: Thermo King hűtéstechnikai oktató anyag

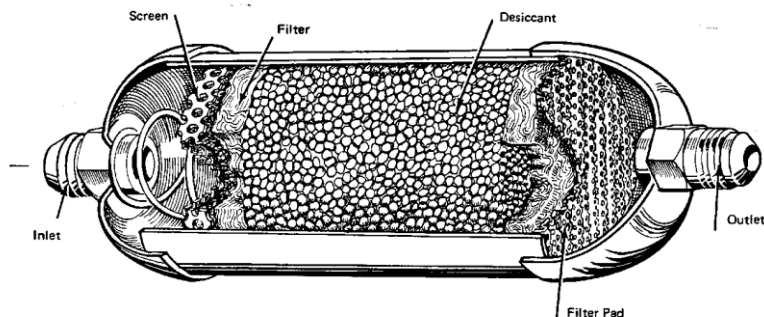
6.3.8 Folyadék utóhűtő

Itt megy végbe a magas nyomású, alacsony hőmérsékletű, folyadék állapotú hűtőközeg ún. utóhűtése, azaz harmatpontja alá történő hűtése. Ennek kettős szerepe is van: egyrészt biztosítja, hogy a változó üzemi körülmények mellett is kizárólag folyadék állapotú hűtőközeg jusson el az expanziós szelephez (lásd „A kondenzáció folyamata a Log p-h diagramban ábrázolva”).

6.3.9 Szárító – szűrő elem

Az elnevezés önmaga is pontosan leírja szerepét: megköti a rajta átfolyó folyadék állapotú hűtőközegben esetleg előforduló nedvességet, ugyanakkor fizikailag meg is szűri azt.

Ha a szárító-szűrő elem a rajta áthaladó szennyeződések hatására kezd eltömődni, akkor a be- és kilépés között nyomásesés tapasztalható. Ha a nyomás nagyobb mértékben csökken és állapota alapján a kilépő oldalon a hűtőközeg a nedves gőz tartományba esik, akkor a belépő- és kilépő oldal között hőmérséklet eltérés – csökkenés – lép fel, így akár tapintással is ellenőrizhető.



6.3.10. ábra Szárító-szűrő elem

Forrás: Thermo King hűtéstechikai oktató anyag

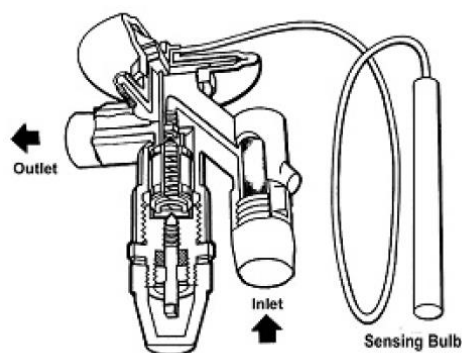
6.3.10 Szárító/szűrő – Expanziós szelep közötti csővezeték

- itt 2db nyomáskapcsoló és 1db folyadékági mágnesszelep került beépítésre
 - magas nyomás kapcsoló: letiltja a kompresszor működését amennyiben a nyomóoldali nyomás meghaladja – a példaként vett, R407C típusú hűtőközeggel töltött rendszer esetében - a 33.8 bar értéket.
 - modulációs nyomáskapcsoló: a készülék hűtőteljesítményét csökkenti, ha a nyomóoldali nyomásérték meghaladja a 31.9 bar értéket. Ezzel a beavatkozással a vezérlés igyekszik megelőzni a magas nyomás miatti rendszer letiltást.
 - folyadékági mágnesszelep (alaphelyzetben zárt szelep (NC)), szerepe kettős lehet:
 - egyrészt lehetővé teszi azt a szerviz eljárást, hogy a készülék önmaga, az alacsonynyomású oldalból a hűtőközeget a magasnyomású oldalra szállítsa folyadék állapotban, így a hűtőközeg töltet lefejtése nélkül tudunk javítást végezni az alacsony nyomású oldalon. Pl. expanziós szelep csere, illetve, ha a szelep a szárító-szűrő elem előtt van annak cseréje is megoldható
 - másrészt megakadályozza a rendszer leállás utáni hűtőközeg áramlást, mely egyes üzemi körülmények között akár a kompresszor folyadékkal történő elárasztását eredményezheti a szívóoldalon.
 - nézőüveg: látható a folyadék buborékmentes áramlása, illetve több esetben a közepén elhelyezett indikátor anyagnak köszönhetően a hűtőközeg nedvességtartalmáról is tájékoztatást ad.

6.3.11 Expanziós szelep

Az angol megnevezés magyar fordítása jól érzékelteti az expanziós szelep funkcióját.

Ez alatt a „metering valve”, azaz adagoló szelep elnevezést értjük, ami nyomáscsökkentő szerepe mellett utal arra is, hogy ez az elem felelős azért, hogy az elpárologtató hőcserélőt pontosan olyan mennyiségű folyadékkal lássa el, ami az adott



üzemi körülmények között – melyek a természetesen folyamatosan változnak - optimális működést biztosít. Az expanziós szelep szerepe hétköznapi nyelven fogalmazva abban áll, hogy az általa létrehozott fojtás, nyomáskülönbség:

- a magas nyomású oldalon, a hűtőközeg kondenzációs hőmérsékletét a környezet felé történő jobb hőátadás érdekében, magas értéken tartsa
- az alacsony nyomású oldalon a hűtőközeg forráspontja lényegesen alatta legyen a hűtendő tér hőmérsékletének

Az expanziós szelep folyamatosan „reagál” az elpárolgató-egység kilépésénél levő nyomás- és hőmérséklet értékre, illetve azok változásaira.

Ha az expanziós szelep túl sok hűtőközeget juttatna az elpárolgató hőcserélőbe, más szóval elárasztani azt, akkor jelentősen csökkenne hőfelvétel, azaz a hűtőhatás. Ez ugyancsak veszélyes lenne a kompresszorra is, hiszen a folyadék – amennyiben a szívócsőben sem tud elpárolgani – megjelenne a kompresszor szívóoldalán, ami a folyadékütéshez vezetne.

Ha azonban az expanziós szelep kevés hűtőközeget juttatna az elpárolgató hőcserélőbe, akkor az elpárolgás során kisebb lenne a hőfelvétel, így csökkenne a hűtőhatás.

Az expanziós szelepnek a mindenkor üzemelő viszonyok között annyi folyadékot kell az elpárolgató hőcserélőbe juttatnia, ami annak kilépéséig biztosan elpárolog. Sem többet, sem kevesebbet. Így biztosítható az elpárolgató hőcserélő fizikai paramétereiből adódó maximális hőelvonó képesség, azaz hűtőteljesítmény. Ennek megvalósítása az ún. túlhevítési érték állandó értéken történő tartásával megy végbe. A túlhevítési érték azt mutatja, hogy az állandó hőmérsékleten és állandó nyomáson végbemenő elpárolgás után a már gőz állapotú hűtőközeget hány fokkal melegítjük, „hevítjük” elpárolgási hőmérséklete fölé.

6.3.11. ábra Expanziós szelep

- amennyiben ez a túlhevítési érték túl alacsony, vagy esetleg nulla, ez arra utal, hogy a kilépésnél folyadék jelenhet meg
- amennyiben túl magas, úgy az elpárolgató egységbe adagolt folyadék mennyisége túl kevés

Vegyünk egy példát a tárgyalt hűtőkör vázlat esetében:

Hűtőközeg: R407C

Elpárolgási nyomás: 4 bar

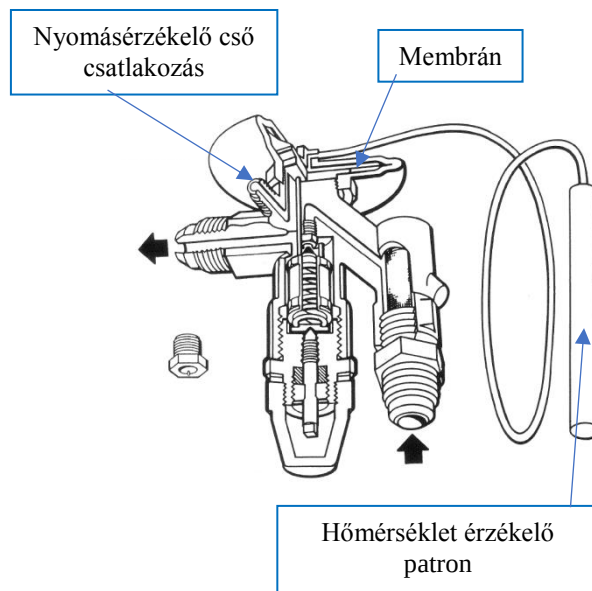
Nyomásból számított száraz telített hűtőközeg gőz hőmérséklete: -3.7°C

Mért hőmérséklet az elpárolgató egység kilépésénél: 5°C

Túlhevítés értéke: $[5 - (-3,7)] = [5 + 3,7] = 8,7 \text{ K}$

Hogyan szabályozza az expanziós szelep az elpárolgató egységbe juttatott telített (és utóhűtött) folyadék mennyiségét a túlhevítés állandó értéken tartásával?

- A mechanikus, termosztatikus adagolószelep „fej” részében egy membrán van, aminek felső (zárt) teréhez egy kapilláris csővel egy hőérzékelő patron kapcsolódik. Ebben a térben nem környezeti nyomás van, hanem az érzékelő patron töltetének hőmérséklettől függő nyomása. A töltet általában egy könnyen párolgó folyadék, vagy gáz, jellemzően a hűtőkörben levő hűtőközeggel megegyező anyag. Hőérzékelő patron közvetlen „fém” kapcsolatban van az elpárolgató egység kilépő csőjével.
- A membrán másik, alsó terét egy csővel közvetlenül az elpárolgató kilépő terével kötik össze, így ez a tér a tényleges, az elpárolgató kilépésénél levő nyomásértéken van.
- A membránhoz közvetlenül csatlakozik az adagolószelep nyitási, áteresztési keresztmetszetét szabályozó tű. Az adagolószelepben még található egy rugó is, melynek előfeszítését egy csavar segítségével lehet állítani. Ez a rugó a membránra alulról hat, a kilépő oldal nyomása által a membránra kifejtett erővel együtt.
- Hogyan is történik a túlhevítési érték állandó értéken tartása egy termosztatikus expanziós szelep esetében?



6.3.12. ábra Expanziós szelep felépítése

Forrás: Thermo King hűtéstechnikai oktatóanyag

- Ha az elpárologtató egységbe kevés folyadék/hűtőközeg jut, növekszik a túlhevítési érték, ezáltal megnő a hőérzékelő patronban, annak kapilláris csővében és így a membrán feletti térben a nyomás. Ennek hatására a szelep nyit (szemben rugóerővel és a membrán alsó terének nyomásából adódó erővel) emelkedik a hőcserélőbe bevezetett hűtőközeg mennyisége.
- Hasonlóan az előzőekben leírtakhoz, ha nő a belépő/beengedett hűtőközeg mennyisége, a túlhevítés mértéke csökken, emelkedik az elpárologtató egységben a nyomás, így a membránra alulról ható nyomás is, minek következtében a szelep zárni kezd.

Vasúti alkalmazások esetében is megtalálhatóak az ún. MOP (maximális működtetési nyomás) típusú expanziós szelepek, melyek egyben nyomáshatároló szerepet is betöltenek, azaz nagy hőterhelés esetén, pl. a légkondicionáló berendezés indításakor, a MOP pont felett korlátozzák az expanziós szelep nyitását, ezáltal a szívóoldali nyomást, ami a kompresszor teljesítményfelvételét befolyásolja.

A termosztatikus expanziós szelep mellett vasúti alkalmazásokban is terjednek az elektronikus adagolószelepek. Ezek szabályozása azonban már hőmérsékletérzékelők, és nyomásjeladók adatai alapján történik.

6.3.12 Elpárologtató egység – Kompresszor közötti csővezeték

- itt az alacsonynyomás kapcsoló került beépítésre

Ha a szívóoldali nyomás – a példaként vett, R407C típusú hűtőközeggel töltött rendszer esetében - 0.58 bar érték alá esik, a vezérlés a kompresszort azonnal leállítja, megelőzve a kompresszor kenéshiányból adódó tönkremenetelét.

6.3.13 Energia ellátás

Ahogy azt az elején is leírtuk, az egyes vasúti klíma kialakítások nagyon eltérhetnek egymástól.

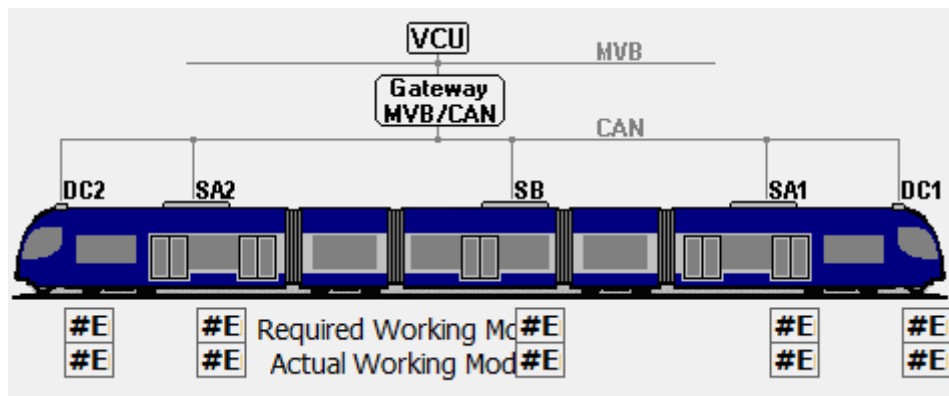
Jellemző tápfeszültség értékek a teljesség igénye nélkül:

- Kompresszor, kondenzátor ventilátor(ok) és elpárologtató egység befűjő motorok:
 - 3 x 208 V AC / 60 Hz
 - 3 x 400 V AC / 50 Hz
 - 3 x 480 V AC / 60 Hz
 - 110 V DC (ventilátorok)
- Fűtőelemek:
 - 3 x 400 V AC / 50Hz
 - 600 V DC (pl. városi villamosok)
 - 750 V DC (metró)
- Vezérlés:
 - 24 Vdc
 - 48 Vdc

Látható, hogy az energiaellátás esetében igencsak változatosak a követelmények a különböző berendezéseknél. Ha mind ehhez még azt is hozzátesszük, hogy az elérhető vonali (felsővezeték) feszültségek is mennyire eltérők, elkerülhetetlen az áramátalakítók beépítésének szükségessége. Ezek rendkívül költségesek, beszerzési áruk nagyságrendileg megegyezik a beépített klímarendszerek árával.

6.3.14 Vezérlések

Vasúti alkalmazásoknál, az esetek túlnyomó többségében, az egy szerelvényen beépített készülékek vezérlései egy közös klímaoldali CAN hálózatra vannak kapcsolva, mely egy Gateway-en keresztül kapcsolódik a járműoldali CAN hálózathoz (6.3.14. ábra).



6.3.13. ábra Vasúti klímakészülékek vezérlése egy közös hálózatra kapcsolva

Általában a járműszerelvényen elhelyezett minden egyes készülék rendelkezik saját mikroprocesszoros vezérlő egységgel, mely a járműoldalról, a járműoldali CAN hálózattól (MVB – Multifunction Vehicle Bus) kapott utasítások alapján működteti a készüléket a berendezés saját érzékelői/jeladói által mért értékek alapján.

A vezérlő egységek üzemelhetnek megadott beállítási hőfokérték, vagy egy szabványban meghatározott, a külső hőmérséklet függvényében meghatározott hőfokérték alapján.

Az erre vonatkozó diagramot az EN 14750-1 A.1 számú függelék tartalmazza.

A vezérlőegységek a klímaberendezések működését beépített érzékelők és jeladók adatai, illetve ahogy már említésre került a járműoldalról (MVB) kapott utasítások alapján végzik.

Ezek általában:

- visszaszívott/visszatérő levegő hőmérsékletérzékelő
- külső, beszívott frisslevegő hőmérsékletérzékelő
- légcsatornába befűjt levegő hőmérsékletérzékelő
- elektromos fűtőelemek hőmérséklet érzékelői
- nyomó- és szívóoldali nyomás jeladók (hűtőkör)
- nyomó- és szívóoldali nyomás kapcsolók, ezek egyben védelmi eszközök is
- elpárologtatóegység be- és kilépő ágának hőmérséklet és nyomás érzékelői (elektronikus expanziós szelepek)

Természetesen a készülékek számtalan védelmi rendszerrel rendelkeznek, melyek egy része a hűtőkör üzembiztonságát felügyeli (pl. nyomáskapcsolók, mechanikus lefűjő szelepek stb.), míg mások az elektromos részegységek üzembiztonságáért felelnek (pl. egyes áramkörök áramfelvételének folyamatos figyelemmel kísérésével).

Főbb üzemmódok és a szabályozási algoritmus vázlata egy általános vasúti vezérlés esetében:

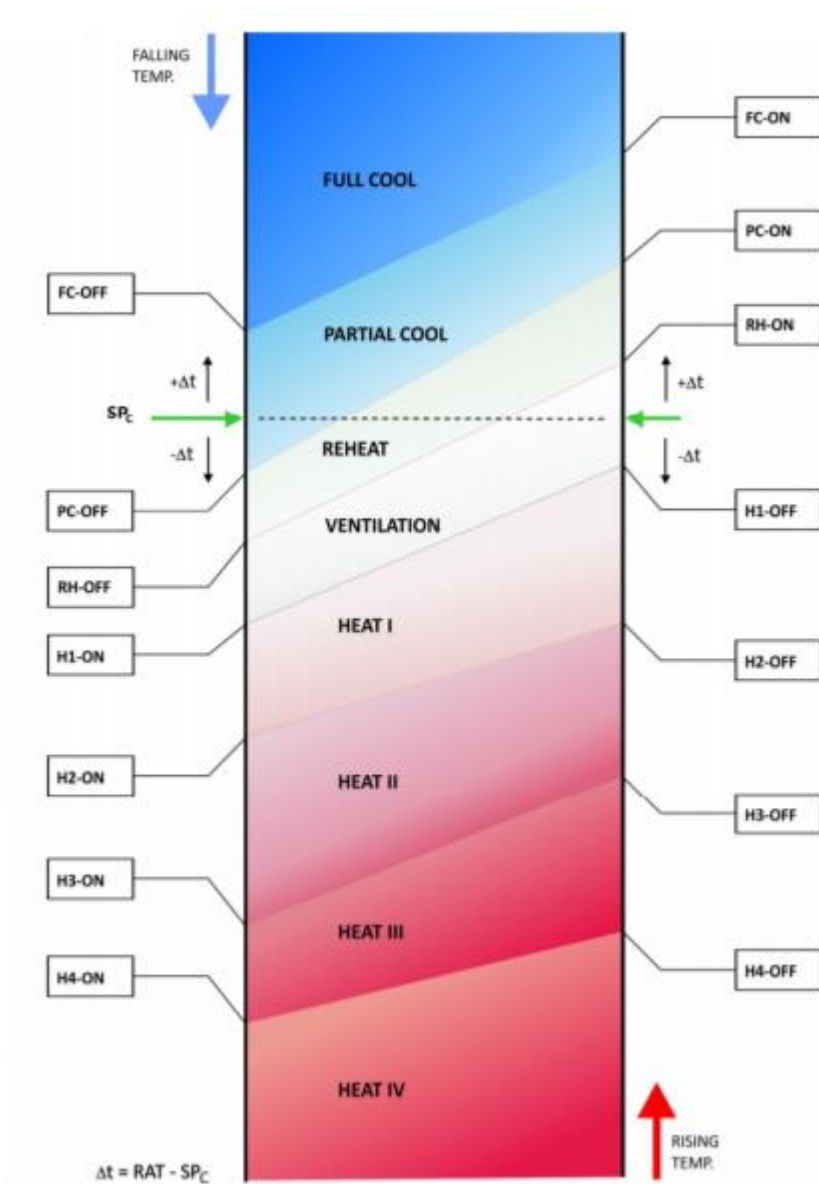


Fig. 2-3 Control Diagram (General)

6.3.14. ábra Főbb üzemmódok és a szabályozási algoritmus vázlata egy általános vasúti vezérlés esetében

Forrás: Thermo King LFR 8T BUD oktatóanyag

A vezérlés működésének logikáját általában az ún. „létradiagram” szokta bemutatni (6.3.15. ábra). Megértéséhez annyit kell ismerni, hogy a baloldal a csökkenő utastéri hőmérséklet mellett bekövetkező üzemmód váltásokat jelzi, míg a jobboldal az emelkedő utastéri hőmérséklet következtében létrejövő váltásokat.

A létradiagram egyes üzemmód váltó pontjai (a beállítási hőmérséklet értéktől való eltérés) jellemzően változtatható paraméterek a vezérlő szoftverben. Természetesen szigorúan korlátozott és naplózott hozzáféréssel.

6.3.15 Normál üzemmódok

A klímarendszer üzemmódját alapvetően a visszatérő levegő hőmérsékletérzékelő, és a külső levegő hőmérsékletérzékelő határozza meg.

A bemutatott ún. „létra diagram” alapján:

6.3.15.1 Teljes hűtés (Full Cool) üzemmód

Teljes hűtés üzemmódban a vezérlő a következő részegységeket működteti:

- Elpárolgató ventilátor motorok (magas fordulát)
- Kondenzátor ventilátor motorok (magas fordulát)
- Folyadékági mágnesszelep
- Kompresszorok

Ha a vasúti kocsi hőmérséklete csökken, akkor az egység teljes hűtés üzemmódból részleges hűtés üzemmódba vált, amikor a visszatérő levegő hőmérséklete 1,5 K-nel csökken a beállítási hőmérséklet fölé.

6.3.15.2 Részleges hűtési mód (Partial Cool)

Részleges hűtés üzemmódban a vezérlőegység vezérlő a következő részegységeket működteti:

- Elpárolgató ventilátor motorok (alacsony, vagy magas)
- Kondenzátor ventilátor motorok (alacsony, vagy magas fordulát)
- Folyadékági mágnesszelep
- A 2 db kompresszorból csak 1 db üzemel (az egyenletes használat érdekében a vezérlés mindig váltja, hogy melyik üzemel)

A vasúti kocsi hőmérsékletének emelkedésekor az egység átvált az ún. „Reheat” üzemmódból a részleges hűtés üzemmódba, amikor a visszatérő levegő hőmérséklete 2,5 K-nel növekszik a beállítási hőmérséklet fölé.

A „Reheat” üzemmód olyan működési módot jelöl, amikor a hűtés és a fűtés együttesen üzemel.

Ha a vasúti kocsi hőmérséklete csökken, akkor az egység a „Full Cool” üzemmódból „Reheat” üzemmódba vált, amikor a visszatérő levegő hőmérséklete 0,5 K-nel van a beállítási hőmérséklet fölé.

A vezérlőegység a készüléket modulációs hűtés üzemmódba is állítja, amikor az egység „teljes hűtés” üzemmódban működik és a modulációs nyomáskapcsoló érintkezői bontanak (a hűtőközeg nyomóoldali nyomása pl. 29.3 ± 0.69 kPa-ra emelkedik). A modulációs nyomáskapcsoló alkalmazásával megelőzhető, hogy a klíma berendezés vezérlőegysége magas környezeti hőmérsékletből adódó magas nyomóoldali nyomás, vagy az ennek következtében fellépő túl magas áramfelvétel miatt letiltson.

6.3.15.3 Modulációs üzemmód jellemzően nem normál üzemmód

Ebben az üzemmódban a részleges hűtés üzemmódban feszültség alatt álló alkatrészek mellett az összes kondenzátoros ventilátor motor magas fordulaton üzemel.

Modulációs hűtés üzemmódban a vezérlőegység vezérlő a következők részegységeket működteti:

- Elpárolgató ventilátor motorok
- Kondenzátor ventilátor motorok (magas fordulát)
- Folyadékági mágnesszelep
- 1 db kompresszor motor (hasonlóan a Részleges hűtés üzemmódhoz)

Elfagyás védelem.

A vezérlésben az elfagyás védelem mindig aktív. Ha a visszaszívott/visszatérő levegő hőmérséklete 8°C-ra csökken, akkor a vezérlés az egyik kompresszort leállítja. Ha a visszaszívott/visszatérő levegő hőmérséklete 7°C-ra csökken, a vezérlés a hűtést teljes mértékben tiltja, és az egység egészen addig szellőző üzemmódban működik, amíg a visszaszívott/visszatérő levegő hőmérséklete nem éri el a 15°C-ot.

6.3.15.4 „Reheat” üzemmód

Ennek az üzemmódnak célja a pármentesítés. A vezérlőegység a következő részegységeket működteti:

- Elpárolgató ventilátor motorok
- Kondenzátor ventilátor motorok (alacsony fordulát)
- Folyadékági mágnesszelep
- 1 db kompresszor

Ha a vasúti kocsi utastéri hőmérséklete csökken, akkor az egység részleges hűtés üzemmódból a „Reheat” üzemmódba vált, ha a visszatérő levegő hőmérséklete 0,5 K-nel csökken a beállítási hőmérséklet fölé.

6.3.15.5 Szellőztetés üzemmód

A szellőztetés üzemmódban a vezérlőegység a következő részegységeket működteti:

- Elpárolgató ventilátor motor

Ha a vasúti kocsi utastéri hőmérséklete csökken, akkor az egység átvált a „Reheat” üzemmódból a Szellőzés üzemmódba, amikor a visszatérő levegő hőmérséklete a beállítási hőmérsékletre csökken.

6.3.15.6 Fűtés üzemmódok

A vasúti klíma berendezésekben egy-két kivételtől eltekintve a fűtést a készülékekbe épített elektromos fűtőszál egységek biztosítják. Ezekből akár több is lehet különböző teljesítménnyel, így a vezérlés tetszőleges fűtőtelsítményt tud beállítani.

Fűtés üzemmódokban a vezérlőegység a következő részegységeket működteti:

- Elpárolgató ventilátor motor
- Különböző fűtőfokozatok kombinációi

Ha a vasúti kocsi utastéri hőmérséklete csökken, akkor az egység a Szellőztetés üzemmódból az első Fűtő üzemmódba vált, amikor a visszatérő levegő hőmérséklete 1 K-nel csökken a beállítási hőmérséklet alatt.

A fent leírt főbb üzemszerű üzemmódok mellett a vasúti jármű klímák esetében még számos kiegészítő funkcióval, működésmóddal találkozhatunk.



6.3.15. ábra Főbb üzemmódok és a szabályozási algoritmus vázlata egy általános vasúti vezérlés esetében
Forrás: Thermo King LFR 8T

6.3.15.7 . Egyéb kiegészítő üzemmódok

„Melegen tartó” üzemmód

Ennek az üzemmódnak az a célja, hogy az utastérben egy minimális értéket meghaladó hőmérsékletet tartson. Ezt az üzemmódot általában a vasúti jármű vezérlője aktiválja a Gateway-en keresztül. Erre az üzemmódra sok esetben a jármű fedélzeti elektronikai rendszerei miatt van szükség. Értéke leggyakrabban 5°C.

Amikor a jármű üzemén kívül áll a telephelyen téli időszakban, alacsony környezeti hőmérséklet mellett ez a funkció jellemzően aktív. Legtöbb esetben padló közelében méri a hőmérsékletet, és a vezérlés a klíma berendezéseket a hőmérséklet ellenőrzést megelőzően néhány percig szellőző üzemmódban járátja, hogy a fellépő levegő keringésnek köszönhetően az érzékelők többé-kevésbé valós értéket mutassanak.

„Hűvösen tartó” üzemmód

Ennek a módnak is az a célja, hogy amikor a jármű üzemén kívül, de készenléti állapotban áll, az utastérben a maximális hőmérséklet ne haladjon meg egy megadott értéket. Ezt az üzemmódot általában – hasonlóan a „melegen tartó” üzemmódhoz - a vasúti jármű vezérlője aktiválja a Gateway-en keresztül. Értéke leggyakrabban 40°C

Felvett teljesítménykorlátozó üzemmód

Ez a működési mód jellemzően a fenti két esetben kerül aktiválásra. Amikor a járművek egy telephelyen állnak és a „Melegen tartó” vagy „Hűvösen tartó” funkció aktív, ez a védelmi mód teszi lehetővé, hogy a telephelyen álló járművek összesített teljesítmény felvétele ne haladjon meg egy megadott küszöbértéket, pl. a telephely terhelhetőségét.

6.3.16 Frisslevegő szabályozás

A készülékek frisslevegő bevezetésére az adott jármű besorolása és a szállítható személyek száma alapján szigorú előírások vonatkoznak (ld. EN 14750).

A frisslevegő bevezetés szabályozása a következő módokon történhet:

- elektromos zsalu nélkül, a visszatérő- és a külső levegő belépő keresztmetszetek megfelelő fizikai kialakításával a jármű maximális utas befogadóképességével számolva
- elektromos zsaluval, ahol a zsalu megfelelő ideig tartó nyitásával a jármű maximális utas befogadóképességével számolva
- elektromos zsaluval, annak nyitásával és zárásával a tényleges utasszám függvényében
- léptetőmotorral szerelt elektromos zsaluval, annak részarányos nyitásával a tényleges utasszám függvényében

Természetesen a felsorolt azon esetekben, amikor a frisslevegő bevezetés mennyisége az utasszám függvényében alakul, az utasok számát a jármű fedélzeti rendszere (MVB) a Gateway-en keresztül folyamatosan jelzi a klímarendszer hálózata felé.

Vasúti járművek esetében a beüzemelést követő ellenőrzések során minden esetben méri a ténylegesen belépő frisslevegő mennyiségét.



6.3.16. ábra Elektromos friss levegő zsalu modul



6.3.17. ábra Elektromos friss levegő zsalu modul

6.3.17 Általános diagnosztika

Természetesen csak általánosságban kerül tárgyalásra a vasúti járművek klímarendszereinek felépítése.

Az alapvető hűtőkör diagnosztika már korábban ismertetésre került, így most csak a vasúti alkalmazásoknál előforduló főbb hibajelenségeket vesszük sorra.

Általánosságban elmondható, hogy a korszerű diagnosztika számítógépes háttér nélkül nem, vagy csak igen nehezen kivitelezhető.

Vannak azonban esetek, amikor az elsődleges hibamegállapítást, vagy a lehetséges okok felderítését számítógépes támogatás nélkül kell megoldani.

Ilyen esetekben mindenképp a lehetséges külső okokat kell számba venni:

- kontakthibák, nagy átmeneti ellenállás a csatlakozóknál
- hibás elektromos elemek, pl. beragadt kontaktorok
- A hűtőrendszer alkatrészeinek hibás működése
- Hibás vezetékkötegek (sérült, szakadt vezetékek, laza érintkezések)

Hibajelenség	Ok	Javasolt eljárás
A kompresszor nem működik - nincs áramfelvétel	A berendezés nincs bekapcsolva, esetleg egy késleltetett indítási ciklus miatt még nem működik.	Várjon egy ideig pl. 15 – 30 másodpercet.
	Nincs tápfeszültség, (kondenzátor és elpárologtató ventilátorok sem működnek).	Keresse meg a tápellátás hibáját és javítsa ki azt, pl.: áramforrás inverter ACOK jel tápkábel-csatlakozó kontaktorok elektromos csatlakozók.
	Nyitott áramkör a 24 V DC vezérlő áramkörben.	Ellenőrizze a vezérlőáramkört és a vezérlőáramkör biztosítékait, megszakítóit.
	A vasúti jármű utastéri hőmérséklete nem igényel hűtést.	
	Hibás kompresszor,	Cserélje ki a kompresszort.
	Nincs kimeneti jel a vezérlőegységtől.	Ellenőrizze vezérlőegységet és annak kábelköteget, javítsa, vagy cserélje ki a szükséges egységeket.
	További lehetséges okok:	
	• alacsony-, vagy magas	

	nyomás a rendszerben (nyomáskapcsolók), • kondenzátor ventilátor meghibásodás, • érzékelőhiba (kettő vagy több), • elpárolgató ventilátor hiba.	
A kompresszor nem működik; túl nagy áramfelvétel vagy túlterhelés miatti szakaszos működés	A mozgó spirál megszorult (természetesen spirál kompresszorok esetében).	Kompresszor csere.
	Megszorult kompresszor csapágyazás,	Kompresszor csere.
	Helytelen kábelezés.	Ellenőrizze / javítsa ki a kábelezést a kapcsolási rajz alapján.
	Alacsony tápfeszültség.	Ellenőrizze a tápfeszültséget, keresse meg feszültségesés helyét.
	Nyitott áramkör a kompresszor tekercselésében.	Ellenőrizze a motor állórész tekercselésének csatlakozásait. Ellenőrizze a tekercseket szakadásra. Amennyiben szakadt tekercselést talál, cserélje ki a kompresszort.
	További lehetséges okok: • magasnyomás hiba, • kompresszor hiba, • kondenzátor ventilátorok hibája, • kompresszor hővédő relé hiba.	
A kompresszor kontaktorja megégett	Alacsony tápfeszültség.	A tápfeszültség maximum 10%-kal lehet alacsonyabb, mint a kompresszor névleges feszültsége.
	Túl magas tápfeszültség.	A tápfeszültség maximum 10%-kal lehet magasabb, mint a kompresszor névleges feszültsége.
	Gyors ciklikus működés.	
A kompresszor (készülék) gyorsan ki- és bekapcsol	Alacsony hűtőközeg töltet.	Végezzen szivárgáskeresést, majd javítsa ki a hibát.
	Elzáródott /eltömődött folyadék ág mágnesszelep, vagy expanziós szelep.	Tisztítsa / cserélje ki a hibás mágnesszelepet, vagy expanziós szelepet.
	További lehetséges okok: • alacsony-, vagy magas nyomáskapcsoló ki- és bekapcsol.	
Zajos kompresszor	Laza rögzítőcsavarok.	Húzza meg a rögzítőcsavarokat.
	Hűtőközeg elárasztás (folyadék).	Ellenőrizze az expanziós szelep beállítását (túlhevítését).
	A kompresszor ellentétes irányban forog.	Ellenőrizze az 400/460 V AC tápfeszültség fázis sorrendjét.
	Hibás kompresszor.	Javítsa, vagy cserélje ki a kompresszort.
A kondenzátor ventilátor motorja nem működik	Laza vezeték csatlakozás.	Húzza meg a csatlakozásokat.
	Nincs kondenzátorventilátor kimeneti jel a vezérlőegységből.	Ellenőrizze és javítsa / cserélje ki a kábelköteget vagy a vezérlő egységet.

	További lehetséges okok: • alacsony-, vagy magas nyomás hiba. • kompresszor meghibásodás, vagy kondenzátor ventilátor motorhiba. • érzékelő meghibásodás (kettő, vagy több).	
A vasúti jármű utasterében túl magas a hőmérséklet (a klímaberendezés nem hűt)	A kompresszor nem működik.	Ellenőrizze a kompresszort.
	Alacsony hűtőközeg töltet.	Javítsa ki a szivárgást és töltsse fel a hűtőközeggel a rendszert.
	Eljegesedett, vagy szennyezett elpárolgató hőcserélő.	Olvassza le jeget, vagy tisztítsa meg a hőcserélőt.
	Elzáródott nyomóoldali csővezetékek.	Ellenőrizze a csővezetékeket és szüntesse meg az elzáródást.
	Eltömődött szárító-szűrő elem.	Cserélje ki a szárító-szűrőt.
	A kondenzátor hőcserélője szennyezett, a levegő áramlást valami akadályozza.	Tisztítsa meg a hőcserélőt, szüntesse meg a csökkent levegő szállítás okát (cserélje ki a kondenzátor motort, vagy annak lapátját).
	Az expanziós szelep túlzottan nyitva van (szívóág eljegesedhet).	Állítsa be a megfelelő túlhevítés értéket, vagy cserélje ki az expanziós szelepet.
	Az expanziós szelep hőérzékelő patronja elvesztette töltetét.	Cserélje ki az érzékelő patron (amennyiben lehetséges).
	Az expanziós szelep hőérzékelő patronja nem megfelelő helyzetben van, nem megfelelően érintkezik, vagy nincs megfelelően szigetelve.	Javítsa az érzékelő elhelyezését.
Eljegesedett folyadék ág	Eltömődött szárító-szűrő.	Cserélje ki a szárító-szűrőt.
Eljegesedett szívóoldal	Az expanziós szelep túl sok hűtőközeget juttat az elpárolgató hőcserélőbe.	Ellenőrizze a hőérzékelő patron és az expanziós szelep túlhevítésének beállítását.
	Eljegesedett, vagy elszennyeződött elpárolgató hőcserélő.	Olvassza le és/vagy tisztítsa ki a hőcserélőt.
	Az elpárolgató ventilátorok nem üzemelnek.	Ellenőrizze, és ha szükséges cserélje ki a ventilátorokat.

6.4 Irodalomjegyzék a 6. fejezethez:

- [1] Thermo King: „TK 50951 Transport Temperature Control Systems”;
- [2] Thermo King: „HVAC Rail Applications”;
- [3] Thermo King: „Training Centre Docs”;
- [4] Thermo King: „LFR 8T BUD Training Presentation and Maintenance Manual”

7 Hűtőrendszerek tervezési szempontjai (Dr. Maiyaleh Tarek)

Az oktatási anyag jelen fejezete a hűtőrendszerek alapvető tervezési, méretezési kérdéseire tér ki, valamint a gyakorlatban alkalmazott hűtőtechnikai rendszermegoldások kalorikus elvi kapcsolási vázlatain keresztül bemutatja a működésüket, feltételezve szakszerű rendszertervezésüket, méretezésüket, valamint néhány kivitelezési, tervezési hibát, és hibás rendszert is bemutat.

Az oktatási anyag a hűtőtechnikában foglalkozó szakmában járatos tervezőknek, kivitelezőknek készült.

Budapest, 2019. november

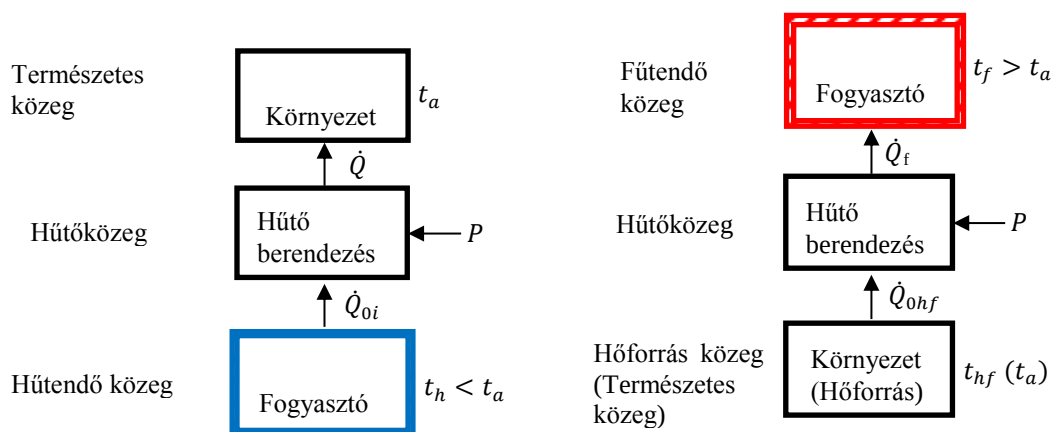
A Szerző

7.1 Fogalommeghatározások

7.1.1 A hűtőberendezés és a hőszivattyú feladata

A *hűtőberendezések* rendeltetésüknek megfelelően hőt szállítanak kisebb t_h hőmérsékletszintről nagyobbra. A *hűtés hasznos teljesítménye* a környezetnél kisebb hőmérséklet létesítéséhez, fenntartásához a hűtött közegből elszállított Q_{oi} *hőáram (hűtési igény)*. Ennek a hőáramnak és a hőszállításhoz bevezetett P (működtető) energiaáramnak $Q = Q_{oi} + P$ összegét a hűtőberendezés a t_a természetes (környezeti) közegnek adja át (7.1. a. ábra).

Abban az esetben, ha a természetes közegnek leadott Q hőáramot hasznosnak tekintjük, akkor a hűtőberendezés helyett *hőszivattyúnak* nevezzük. A hőszivattyú hasonlóan a hűtőberendezéshez Q_{ohf} hőáramot szállít kisebb t_{hf} hőmérsékletű hőforrásból (levegő, víz, talaj, stb.) a Q_f fűtési igény kielégítéséhez szükséges nagyobb $t_f > t_a$ fűtési hőmérsékletre (működtető) P energiaáram árán (7.1. b. ábra).



a. b.
7.1. ábra. A hűtőberendezés és a hőszivattyú feladata

A hűtőberendezés és a hőszivattyú között az alkalmazás szempontjából eltérés, hogy a környezetnél t_h kisebb hőmérséklet létesítéskor a hűtésnek nincsen alternatívája; a környezetnél t_f nagyobb hőmérséklet létesítésre, a hőszivattyúzás mellett, több alternatív megoldás is adott (pl.: fa, szén, olaj, gáz, stb. eltüzelése, fűtés közvetlen villamos energia felhasználásával). Ezért a Tervező feladata, hogy a fűtési igény kielégítésére alkalmas rendszer megválasztását gazdasági, környezetvédelmi vizsgálat előzze meg.

7.1.2 Hűtőrendszerek csoportosítása

A hűtő- és a hőszivattyú rendszerekben lejátszódó folyamat fenntartásához külső, ill. működtető energiára van szükség. A befektetett energia fajtája szerint, ha mechanikai energiát, akkor kompresszoros rendszerre, ha hőenergiát, akkor szorpciós rendszerre, ha villamos energiát, akkor termoelektromos rendszerre van szükség.

A gyakorlatban alkalmazott rendszerek majdnem 90%-a kompresszoros hűtő- és hőszivattyú rendszer, ezért a továbbiakban ezekkel a rendszerekkel részletesebben foglalkozunk.

7.1.3 A hűtési folyamat közegei

A hűtési folyamatban három közeg vesz részt; a (t_h) hőt leadó közeg *hűtendő közegnek*, a (t_a) hőt felvevő közeg *természetes közegnek*, valamint a folyamatot fenntartó energiaáram hordozóját *hűtőközegnek* nevezzük. A hűtőközeget *gőznemű* hűtőközegnek nevezzük, mert a hűtési folyamatban a hűtőközeg fázisváltozást szenved, a hűtendő közegtől hőt von el, ill. elpárologtat, a természetes közegnek hőt ad le: kondenzálódik. (A hűtőkörben a két fázis; gőz és folyadék van jelen).

7.2 A hűtési feladat meghatározása

Általában a hűtési feladat tervezésénél a legfontosabb kérdés, amit a Tervezőnek a megrendelővel egyeztetnie és dokumentálnia kell a kiindulási adatok pontosítása, rögzítése az utólagos viták elkerülése érdekében, mivel a kiindulási adatok alapján lehet dönteni az alkalmazható hűtőközegekről, a körfolyamatról, az azt megvalósító berendezés kialakításáról; közvetlen vagy közvetett elpárologtatás, esetleg tárolós rendszer alkalmazásának indokoltságáról. Fontos, hogy a döntést műszaki és gazdasági vizsgálat előzze meg.

A műszaki vizsgálat során meg kell állapítani, hogy milyen megoldások jöhetnek számításba, figyelembe véve az egyes megoldások alkalmazhatóságának műszaki és biztonsági, valamint a környezetvédelmi előírásokban rögzített korlátait. A műszakilag reális változatokon belül meg kell határozni a szükséges berendezési elemek fő műszaki jellemzőit, maximális teljesítménnyel, valamint a járulékos költségek szempontjából lényegesebb műszaki, üzemeltetési jellemzőket.

A hűtési feladat meghatározásához kiindulási adatokra van szükség, így a következőkben foglalhatók össze a feladatot meghatározó adatok:

- a szükséges hűtőteljesítmény, vagy más szóval a hűtési igény és annak időbeni alakulása $Q_{oi}(\tau)$;
- a hűtendő közeg fajtája, (t_h) hőmérséklete, (m_h) tömegárama, ezek időbeli alakulása. A hőmérséklettartás pontosságával szemben támasztott igények, a közeg speciális tulajdonságai;
- a rendelkezésre álló természetes közeg (t_a) hőmérséklete, mennyisége, azok időbeni alakulása (τ); meteorológiai adatok, ill. a minősége is (levegő, víz, vagy mindkettő);
- a berendezés működtetéséhez rendelkezésre álló energiahajtók, azok jellemző paraméterei, esetleges korlátozó megkötések, amely általában a villamos energia;
- a berendezés felállításának és üzemeltetésének körülményei, telepítés lehetőségei;
- egyéb különleges körülmények.

7.2.1 A hűtési igény meghatározása

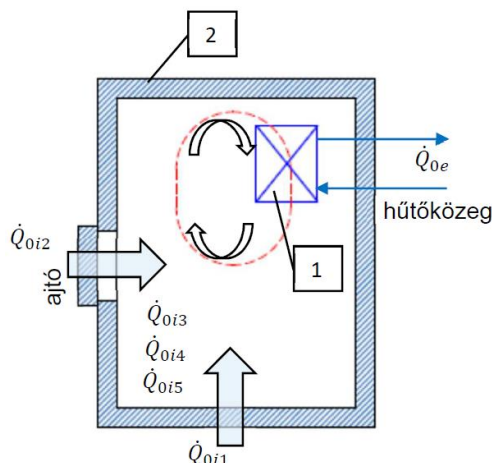
A hűtési feladat alapján a (Q_{oi}) hűtési igény meghatározható. Általában a hűtési feladat az alkalmazások túlnyomó részében egy zárt légtérben előírt hőmérséklet és nedvesség előállítása, tartása, vagy légcserében áramló levegő hűtése. A hűtendő levegőből elszállítandó hőáram a hűtési igényt képezi.

Egy zárt térben *pld. hűtőkamránál* (7. 2. ábra) a hő- és nedvesség terhelés képezi a hűtési igényt:

- A környezetből határoló szerkezeten át beérkező (Q_{oi1}) hőáram;
- Az ajtónyitások alkalmával beáramló, az esetenként igényelt friss levegővel beérkező (Q_{oi2}) hő-, és nedvességhőterhelés;
- a térben lévő termékek (Q_{oi3}) hő-, és nedvességleadása (áru hűtése, fagyasztása, az áru betárolási üteme, hőtermelése);
- A térben lévő készülékek; ventilátorok, világítás (Q_{oi4}) hőleadása;
- Egyéb hő- és nedvesség (Q_{oi5}) terhelés (pld. emberek)

A felsorolt hőterhelések összessége a (Q_{oi}) hűtési igényt képezi. Az ajtónyitások alkalmával beáramló, ill. a friss levegőből és az áruból származó nedvességhőterhelés hőterhelésként jelenik meg a légkondicionálóban. Az eltávolítandó

többlet nedvességet – leadva a fázisváltozási hőjét (kondenzációs és deresedési hő) – a léghűtőn figyelembe kell venni.



7.2. ábra. A hűtőkamra hűtési igénye
1. elpárologtató, 2. hűtőkamra

Egy másik hűtési feladat pld. folyadékot megfelelő hőmérsékletre kell hűteni, akkor a hűtési igény meghatározásánál az áramló folyadék tömegáramát, fajhőjét, valamint a kezdeti és a véghőmérsékletét kell ismerni.

Ha a hűtési feladat jég gyártása, vagy áru fagyasztása, ilyen esetben az áru előhűtéséből és fagyasztásából, valamint enyhe aláhűtéséből származó hő összege képezi a hűtési igényt.

A hűtőberendezés helyes működése szempontjából igen fontos a hűtési igény pontos meghatározása. A nem megfelelő és nem elég alapos számítás miatt sok esetben túlméretezik, ami növeli a beruházási költségeket, vagy alul méretezik, ami elégtelen hűtést eredményez, továbbá szabályozási problémát is okozhat.

A méretezés pontos módszereivel és a hozzá szükséges meteorológiai és a tárolt áru élettani adataival, valamint a szabványos előírásokkal a szakirodalom részletesen foglalkozik (ASHERA). Ma már rendelkezésre állnak a méretezést elősegítő számítóprogramok is, de ezek helyes használata is alapos szakmai ismereteket és megfelelő gyakorlatot igényel.

7.2.2 A berendezés hűtőteltjesítményének meghatározása

A berendezés hűtőteltjesítményét úgy kell megállapítani, hogy képes legyen a hűtött térből elvonni a kívülről beáramló hő- és nedvességfejlődést és a belső hő- és nedvességfejlődést, hogy a hűtött helyiségben megfelelő hőmérséklet és nedvesség érték legyen tartható.

A hűtési igény ismeretével az alkalmazandó (Q_{ob}) berendezés hűtőteltjesítménye meghatározható. A (Q_{oi}) hűtési igény esetén, a hűtőberendezés tervezett napi 16-20 óra üzemidő figyelembe vételével, a (Q_{ob}) berendezés hűtőteltjesítménye meghatározható a következő módon:

$$Q_{ob} = \frac{24}{18} * Q_{oi}$$

Biztonsági tényezőt is figyelembe kell venni, melynek értéke (1,1-1,15).

7.2.3 A hűtőrendszer, a hűtőközeg

A hűtőteltjesítmény igényének ismeretében megválaszthatjuk, meghatározhatjuk az alkalmazni kívánt hűtőrendszert és a hűtőközeg fajtát is.

A hűtőteltjesítmény igény nagyságának ismerete iránymutatást ad az alkalmazandó hűtőrendszerre és a hűtőközeg fajtára is. 400-500 kW alatti hűtőteltjesítmény esetén (DX rendszerű) száraz, direkt elpárologtatású rendszer, mesterséges (halogénezett-szénhidrogén, fluorozott olefinek) vagy szénhidrogén bázisú (Freon), vagy az újra a (CO₂) szén-dioxid hűtőközegeket ajánlatos alkalmazni. Az e fölötti hűtőteltjesítmény esetén az elárasztott rendszerű elpárologtatás esetén NH₃ Ammónia és vagy CO₂ hűtőközeg ajánlatos.

7.3 A hűtőközeg választása

A 19. század második felétől kezdve, a hűtőberendezésekben a hőt hordozó közegként a természetes hűtőközegeket alkalmazták. Ezek R717 (NH₃), R744 (CO₂), R290 (propán), SO₄ (kénsav) stb., ezek voltak az „első generációs” hűtőközegek. Ezek a közegek bizonyos alkalmazások során nem bizonyultak biztonságos hűtőközegeknek, különösen kis hűtőtéljesítmény-tartományban; akár háztartási hűtőberendezésekben. Így a biztonságos hűtőközegek irányába indultak el a kutatások. Az 1930-as években a mesterséges, halogénezett szénhidrogéneket CFC Freonok (R12, R11), ill. 1950-es HCFC (R22, R502) hűtőközegeket használták, mivel ezek jobban megfeleltek a követelményeknek, vagyis nem voltak mérgezőek vagy robbanásveszélyesek. Ezek voltak a „második generációs”, biztonságos hűtőközegek.

Az 1970-es években kiderült, hogy a CFC-k (klórozott- fluorozott szénhidrogének/freon) és HCFC-k (halogénezett (klórozott, fluorozott) szénhidrogének) nem olyan ártalmatlanok, mint addig gondolták, ugyanis nagymértékben hozzájárultak az atmoszféra ózonrétegének elvékonyodásához és a globális felmelegedés fokozásához.

Környezetvédelmi megfontolásokból az 1987 utáni rendelkezések a CFC-k és a HCFC-k alkalmazásának ütemezett tiltását vezették be, és egy ütemtervet készítettek a kivonására. A környezetvédelmi követelményeknek jobban megfelelő hűtőközegeknek kezdték a HFC-eket (hidrofluorkarbonokat) használni, ezeket nevezzük a „harmadik generációs” hűtőközegeknek, pl.: R134a és a blendek. Ezeknek az anyagok az ózon lebontó képességük (Ozon Deplatoion Potential, ODP) ugyan kevésbé károsítják az ózonréteget elődjeikhez képest, de a globális felmelegedéshez hozzájárulnak, ill. globális felmelegedési potenciállal (Global Warming Potential; GWP) rendelkeznek. Ebből az okból kifolyólag ezek is kivezetésre kerülnek a következő években, így más alternatívák keresésére irányulnak a legújabb kutatások.

Az újonnan megindított fejlesztések egyik iránya a HFO-k, azaz hidrofluorolefinek. Ezek az egyik jó alternatívának bizonyultak. A HFO-k telítetlen szerves vegyületek, amelyeket „negyedik generációs” hűtőközegként fejlesztenek ki, a HFC-khez képest mindegy 0,1%-nyi GWP értékkel rendelkeznek. A másik alternatíva a természetes hűtőközegek. A természetes hűtőközegek (pl.: R744; CO₂) hatékony alkalmazása egyre nagyobb mértékben valósul meg a gyakorlatban, de további kutatások zajlanak az új, még szélesebb körben alkalmazható megoldások megtalálása érdekében.

A HFC-k hűtőközegek alkalmazásának csökkentése, ill. korlátozása érdekében, az Európai Parlament és az Európai Unió Tanácsa elfogadta a fluortartalmú üvegházhatású gázokról szóló 517/2014 úgy nevezett F-gáz rendeletet (FG rendelet). A rendeletet 2015. január 1-jétől kötelező a tagállamok számára végrehajtani. Ez a rendelet kétségtelenül komoly változásokat hozott a hűtőtechnika területén.

Mit tartalmaz az FG. rendelet?

Az FG rendelet bizonyos fluortartalmú üvegházhatású gázok tartalmazó berendezések (különböző időpontoktól később történő) forgalmazását teljesen megtiltja. A megkülönböztetés alapja a berendezésekben alkalmazott GWP értéke.

A betiltásra kerülő kategóriákat az (7. 1.) táblázat mutatja:

A tiltás hatályba lépése Január 1-től	Alkalmazás	A tiltás az olyan hűtőközegekre tekintettel lesz érvényes, melyek GWP-je magasabb, mint:
2015	Háztartási hűtők, fagyasztók	150<
2020	Kereskedelmi hűtők, fagyasztók	2500<
2022	Kereskedelmi hűtők, fagyasztók	150<
2020	A legtöbb helyhez kötött HFC hűtőgép	2500

2022	Kereskedelmi célú csoportaggregátos központi hűtőrendszerek, melyek hűtőkapacitása nagyobb, mint 40 kW (A kaszkádrendszerek felső fokozatú hűtőköre használhat 1500-nál kisebb GWP-jű HFC-t)	150<
2020	Hordozható beltéri légkondicionálók	150<
2025	3-kg-nál kevesebb gázt tartalmazó mono split klímák	750

7.1. táblázat. FG rendelet

Látható, hogy a rendelet intézkedései érintik a legtöbb eddig használt mesterséges hűtőközeget. 2020-tól R404A, R507A új rendszerben történő alkalmazása tilos és a rendelet alapján is látható, hogy gyakorlatilag az összes jelenleg elterjedt HFC közeg, így az R407C, R410A, R134a, stb. alkalmazását is egyre több területen korlátozzák.

Felmerül a kérdés, hogy milyen anyagokkal helyettesítsük ezeket a jövőben?

Részben megoldást jelentenek az új fejlesztésű HFO hűtőközegek (R1234yf, R1234ze), vagy R32, R290, de ezek nem ideálisak, hiszen éghetőek (A2L)-kategóriához tartoznak, de helyettesítő hűtőközegeként való alkalmazásukat engedi az idevonatkozó szabvány, az EN 378- 1: 2016 a Hűtőberendezések és hőszivattyúk-biztonsági és környezetvédelmi követelmények szabvány. A szabvány útmutatót ad az alternatív hűtőközegekre vonatkozóan, a hűtőközeg gyakorlati korlátaira és az alkalmazandó maximum töltetmögére egy adott helyiségben.

A szakemberek nehéz feladat előtt állnak, hogy melyik alternatív hűtőközeget alkalmazzák a meglévő, ill. az új rendszerekben. A (7. 2.) táblázatban az ajánlható hűtőközegeket sorolunk fel és ezek az alkalmazási területeit.

	Rövid táv 2022-ig	Hosszú táv 2022-2030	Megjegyzés
Ipar	R717 R744	R717 R744	Nem várható változás
Központosított rendszerek, Szupermarket	R134a/R513A R407A/F R448A/R449A R744	R134a/R513A R448A/R449A R744 Új blendek	2020 (szerviz) és 2022-EU Szupermarket GWP 150
Aggregátok	R134a/R513A R448A/R449A R452 R744 R290	R513A R1234yf R744 R290 R455A Új blendek	EU kvóták 2022-EU: Tiltások GWP 2500 vagy kevesebb
Önálló tároló egységek	R134a/R513A R290 R600a HFO blendek	R1234yf R290 R600a Új blendek	Megjegyzés: A jégkészítőknek a SNAP alatt saját döntésük van. Az R404A vagy R410A típusokat nem törölték, és valószínűleg legalább 2022-ig folytatható használatuk

7.2. táblázat.

A helyettesítő hűtőközegek az alacsony értékű GWP vagy természetes hűtőközegek lehetnek; egy vagy több komponensűek, a „Blendek”. Az átállásnál fontos kritériumokat kell figyelembe venni, ilyenek: a gyúlékonyság, a teljesítmény, a nyomás, a kompresszió vég hőmérséklet, hőmérsékletcsúszás „glide”, az oldódás az olajban, az alkatrész kompatibilitása.

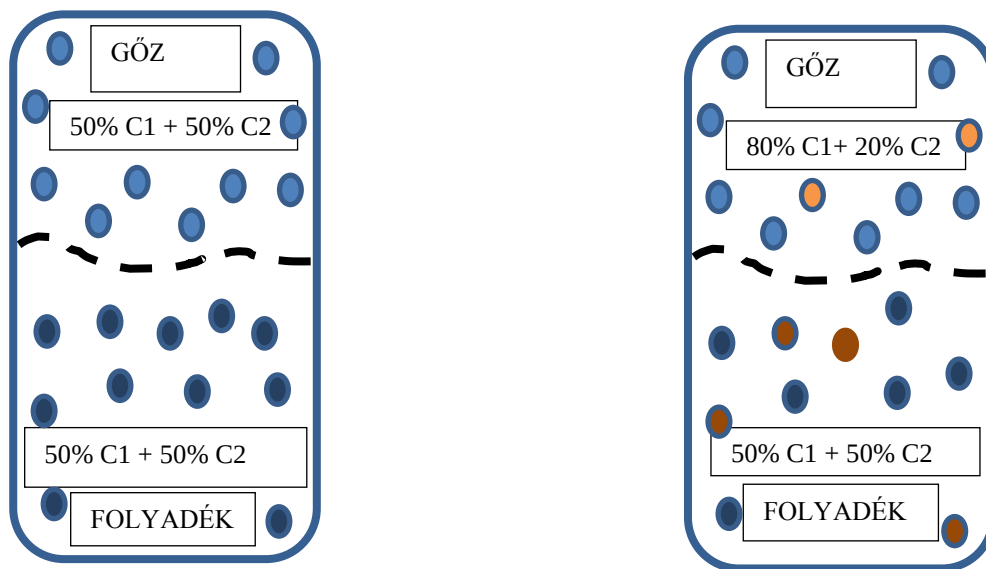
7.3.1 A hűtőközeg keverékek „Blendek”

A keverékeket elsősorban azzal a céllal kísérletezték ki, hogy a betiltott hűtőközegekkel működő hűtőberendezések meghibásodása (pl. a hűtőközeg elszökése) esetén egy megfelelő, ózon- és klímabarát hűtőközeggel újratöltve, tovább lehessen üzemeltetni. Az egyanyagú klórmentes közegek erre a célra vagy termodinamikai jellemzőik, vagy a kenőanyagokhoz való viszonyuk (nem oldódnak az ásványi olajokban) miatt nem nagyon felelnek meg. Így az átállásnál a költséges „retrofit” eljárás helyett, a gazdaságosabb „drop-in” eljárást alkalmazzák. Mivel a „retrofit” eljárásnál a régi olajat tökéletesen el kell távolítani a berendezésből, ez nagyon költséges folyamat.

7.3.1.1 A keverékek „Blendek” összetétele a folyadék- és gőzfázisban

A keverékek „Blendek” két fajtája: „Azeotrop” és „Zeotrop” blendek. Az „Azeotrop” keverékek, amelyeknek a nemzetközi jele 5-ös számmal kezdődik, nagyon fontos jellemzője, hogy az egyensúlyi feltételek mellett (nyugalmi állapotban) az összetételi tömegarányuk mindkét (folyadék és gőz) fázisban azonosak. A 7.3. a. ábrán látható C1 és C2 két anyag keveréke egyensúlyi helyzetben, mind a folyadék, mind a gőzfázisban az összetételi tömegarányuk (50%C1+50%C2) azonos. Szivárgás esetén az összetételi tömegarányuk gőzfázisban azonos marad.

Más a helyzet a „Zeotrop” keverékeknél. A „Zeotrop” keverékeket, amelyeket a 4-es számmal jelölnek, az egyensúlyi feltételeknél megvizsgálva, az derül ki, hogy mind a gőz, mind a folyadék fázisban az összetételi arányuk különbözik, ahogy az a 7. 3. b. ábrán látható; az összetételi tömegarányuk (50%C1+50%C2) –os a folyadék fázisban, de a gőzfázisban pedig különböző; 20% -os a C1 komponensből, és 80% -os a C2-ből. Szivárgás esetén az összetételi tömegarányuk a gőzfázisban megváltozik.



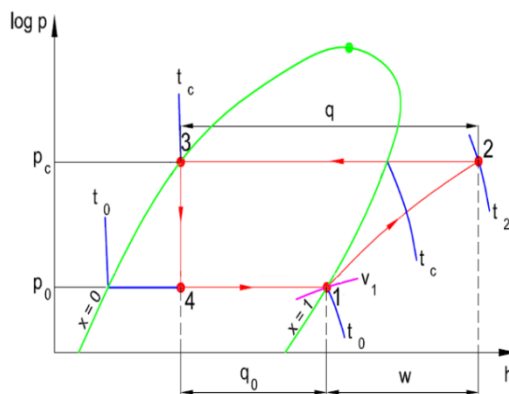
a
7.3. ábra Azeotrop és Zeotrop keverékek

Általában hűtőberendezésből a hűtőközeg gőz állapotban szivárog, így az „azeotrop” keverékkel működő hűtőberendezésnél a hűtőközeg pótlása könnyen; folyadék v. gőz fázisban történik. Az olyan rendszereknél, ahol a hűtőközeg „Zeotrop” keverékből áll és szivárgás történne, akkor a hűtőberendezésben hűtőközeg oldalon a viszonyok másképpen alakulhatnak; a hűtőközeg összetétele a gőzfázisban megváltozik, úgy mondjuk a hűtőközeg „szétesik”, így, a hűtőközeg pótlását más módon kell elvégezni. Általában a hűtőközeg töltettségétől függően mérlegelni kell, hogy vagy szabályszerűen lefejtjük és új hűtőközeget töltünk be, vagy lefejtjük a hűtőközeget, és az összetételét megvizsgáljuk, majd a hiányzó komponens arányosan hozzá kell adni, és újra betölteni a berendezésbe, természetesen miután a szivárgási helyeket megszüntettük.

Például egy edényben „Azeotrop” keveréknél R513A hűtőközeg (56%R1234yf+44% R134a)-ból áll, akár a folyadék akár a gőz fázisban vizsgálva, azonos az összetételi arányuk. Más a helyzet a „Zeotrop” keverékeknél, amikor az egyensúlyi feltételeknél vizsgáljuk, az derül ki, hogy mind a gőz mind a folyadék fázisban az összetételi arányuk különbözik. Például az R449A hűtőközeg, ami (24% R32+25% R125+ 26% R134a+25% R1234yf) hűtőközegekből áll. Ez az arány a folyadékfázisban értendő, de a gőz fázisban más az arány. Ez megnehezíti a hűtőközeg pótlását szivárgása esetén.

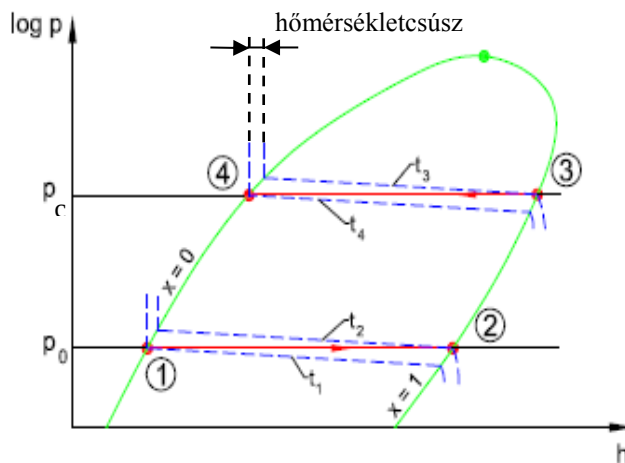
7.3.1.2 A keverékek Log p – h diagramja

Az „Azeotrop” hűtőközeg-keverékek pontosan úgy viselkednek, mint az egyanyagú közegek; az állandó nyomáson az elpárolgás, ill. kondenzáció során a hőmérséklet változatlan marad, ahogy a 7.4. ábrán a Log p-h diagram mutatja, így hőmérsékletváltozás „csúszás” (glide, slip) nincs.



7.4. ábra. „Azeotrop” keverékek Log p-h diagramja
(t_0) elpárolgási és a (t_c) kondenzáció hőmérsékletek

A „Zeotrop” keverékek, a hőmérséklete azonban állandó nyomású elpárolgás és kondenzáció során nem marad állandó, kisebb-nagyobb hőmérsékletváltozás: „csúszás” tapasztalható és ennek az értéke a keverék minőségtől függő 1...6 [K] vagy esetleg több. A „Zeotrop” keverékek log p-h diagramjaikban, ahogy a 7.5. és a 7.6. ábrán látható, ez úgy jelentkezik, hogy az izotermák a nedves mezőben nem vízszintesek, hanem ferdék. Az állandó nyomás mellett végrehajtott elpárolgatatás folyamán a hőmérséklet nő: $t_2 > t_1$; kondenzálódás közben pedig csökken; $t_4 < t_3$.

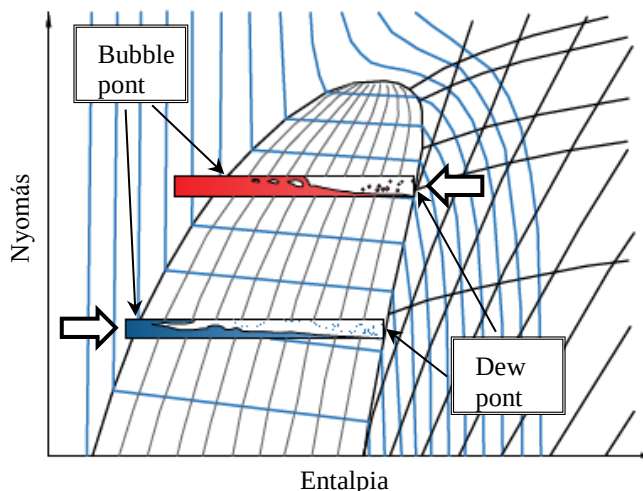


7.5. ábra. „Zeotrop” keverékek Log p-h diagramja
(t_2) elpárolgási és a (t_4) kondenzáció hőmérsékletek

7.3.1.3 Elpárolgási, kondenzációs hőmérsékletek a „Zeotrop” keverékeknél:

A „Zeotrop” keverékek egyanyagú hűtőközegekkel történő összehasonlíthatóságuk érdekében a p_0 elpárolgási nyomáson a telített gőz hőmérsékletét (t_2) elpárolgási hőmérsékletnek tekintjük a 7.5. ábrán; a 7.6. ábrán is ezt látjuk, „Dew” pontnak (harmatpontnak) nevezik. Az elpárolgatatót elhagyó hűtőközeg túlhevítésének mértékét a t_2 , ill. „Dew” pont hőmérsékletéhez határozzuk meg.

A p_c kondenzációs nyomáson a telített folyadék hőmérséklete (t_4) a kondenzációs hőmérséklet a 7.5. ábrán; ezt a 7.6. ábrán is „Bubble” pontnak a nevezik. A kondenzátort elhagyó hűtőközeg utóhűtési mértékét a t_4 , ill. „Bubble” pont hőmérsékletéhez határozzuk meg.



7.6. ábra. A „Zeotrop” keverék Log p-h diagramja
(t_2) elpárolgási „Dew” és a (t_4) kondenzáció „Bubble”
hőmérsékletek

7.3.2 A Hűtőközeg csere „Blendek”-nél (átállítás helyettesítő hűtőközegre)

Vannak olyan hűtőberendezések, amelyek még régi, környezetre nézve veszélyes, az FG rendeletnek nem megfelelő, betiltott hűtőközeggel vannak töltve, de még jól működnek. Ezek bizonyos esetekben (pl. ha a betöltött régi típusú hűtőközeg már nem szerezhető be, vagy ha vele már az újratöltés is tilos) gazdaságosan tovább üzemeltethetők, ha töltetüket környezetbarát közegre cseréljük.

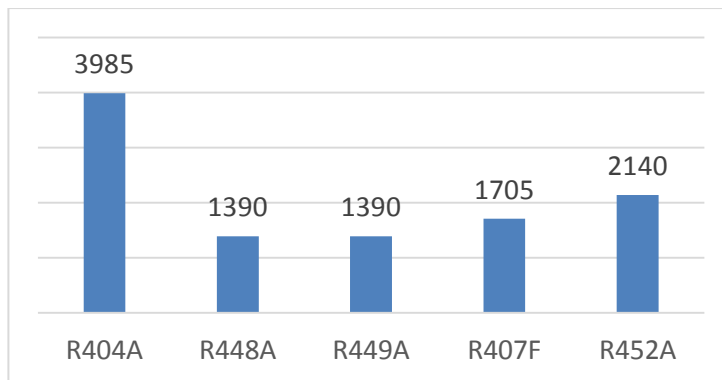
Például: R404A „Zeotrop” hűtőközeggel működő hűtőberendezés R448A -ra, vagy R449A-ra, R407F-re vagy R452A-ra, ugyancsak „Zeotrop” keverékekre lehet cserélni.

A felsorolt hűtőközegek több hűtőközezből állnak, ahogy a 7.3. táblázat mutatja.

	R32	R125	R134a	R143a	R1234yf	R1234ze
R404A		44%	4%	52%		
R448A	26%	26%	21%		20%	7%
R449A	24%	25%	26%		25%	
R407F	30%	30%	40%			
R452A	11%	59%			30%	

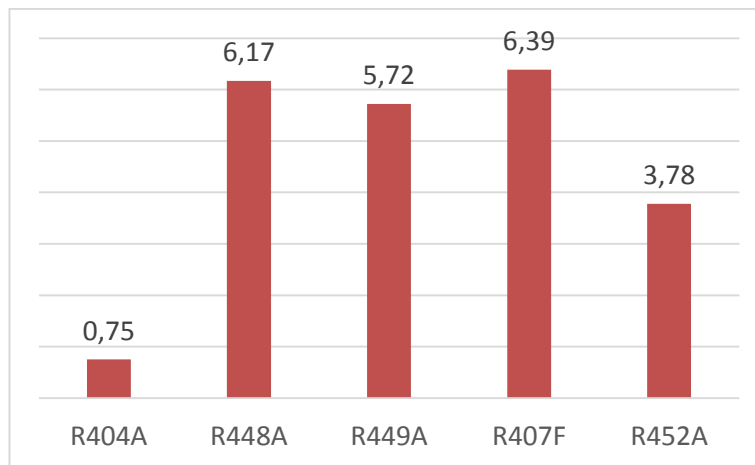
7.3. táblázat „Zeotrop” hűtőközegek összetételei

A GWP-jük környezeti hatása az R404A -éval összehasonlítva kisebb, ahogy az (7.1. diagram) mutatja; ezek még 2022-ig alkalmazhatók helyettesítő közegnek.



7.1. diagram. A „Zeotrop” GWP értékek

Összehasonlítva az R-404A hűtőközzel, a helyettesítő hűtőközegeknek sokkal nagyobb a „glid” hőmérsékletcsúszásuk, ahogy a (7.2. diagram) mutatja. Ezek a hőmérsékletcsúszások 1 bar nyomásnál értendők.



7.2. diagram. A hőmérsékletcsúszás [K] a „Zeotrop” keverékeknél

Ezek 1 [bar] nyomásnál

7.3.2.1 A hőmérsékletcsúszás hatása

A nagy hőmérsékletcsúszás érték számos problémát okoz, amivel számolni kell hűtőközeg cseréje esetén:

- A) Az egyik probléma, hogy nehezebbé teszi a túlhevítési hőmérséklet beállítását a termosztatikus adagolónál.

Például:

Adott R404A hűtőközzel működő hűtőberendezésnek R449A hűtőközre átállítása megtörtént. Hogyan ellenőrizzük a helyes Δt_t túlhevítési mértéket az adagolónál?

1. Az elektronikus adagolónál a megfelelő hűtőközeget ki kell választani.
2. A termosztatikus adagolónál méréssel történik:

A (p_o) elpárolgási nyomást és az elpárolgotatóból kilépő (t_t) hűtőközeg hőmérsékletét mérni kell (8.7. ábra).

Mivel az R449 „Zeotrop” keveréknek hőmérséklet csúszása van, akkor a hűtőközeg táblázatából a mért p_o nyomáshoz t_1 (Bubble) és t_2 (Dew) hőmérsékletek tartoznak.

A helyes túlhevítési mértéket $\Delta t_t = (t_t - t_2)$.

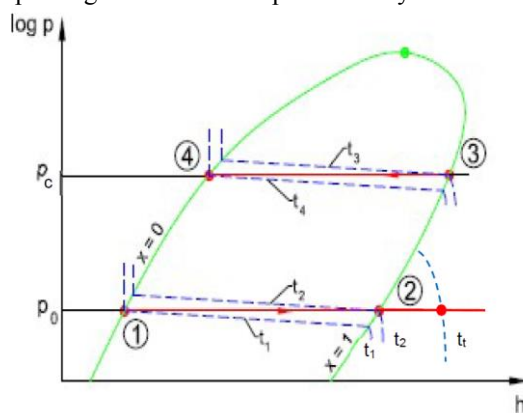
„A mért elpárolgási nyomás abszolút értékét kell figyelembe venni”

R449A esetén:

mért elpár. nyomás p_o [bar]	t_1 Bubble hőmérséklet [°C]	t_2 Dew hőmérséklet [°C]	t_t Mért túlhevítési hőmérséklet [°C]
6,119	0	5,22	11

7.4. táblázat. Hűtőközeg táblázatából:

A helyes túlhevítési mérték $\Delta t_t = 11 - 5,22 = 5,78$ [K], ez elfogadható érték. Abban az esetben, ha túlhevítési mértéket t_1 „Bubble” ponthoz számoljuk, akkor $\Delta t_t = 11 - 0 = 11$ [K] túlhevítés van. Ez alapján úgy tűnik, hogy a túlhevítés nagy, automatikusan a termosztatikus adagolónál, az áteresztő képességet kellene növelni, de ennek következtében több hűtőközeg folyadék lépne be az elpárolgatóba, ahol fennállna a veszélye annak, hogy ott nem fog teljesen elpárologni; folyadék is távozik az elpárolgatóból és a kompresszor folyadékütést kaphatna.



7.7. ábra. A $\Delta t_t = (t_t - t_2)$ túlhevítés mértéke

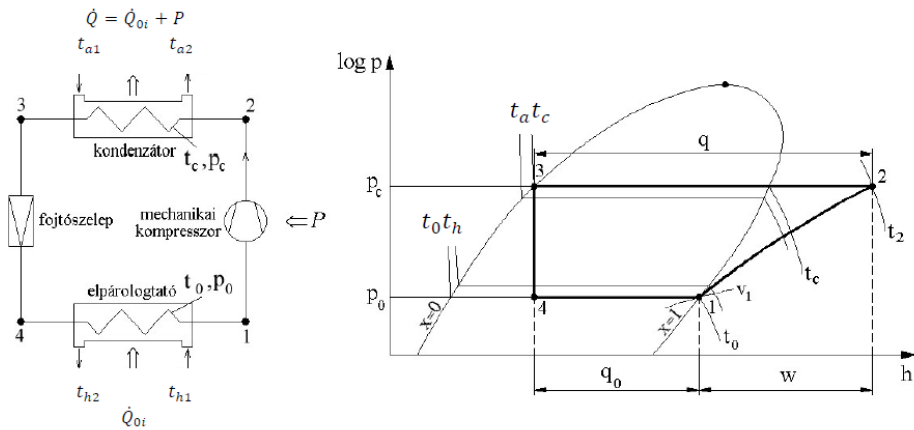
- B.) A másik probléma: A hűtőközeg betöltése csak folyadék állapotban történik optimálisan. A szivárgás következtében történő hűtőközeg pótlása sokkal nehezebb (7.3.1. fejezet). Meg kell vizsgálni a berendezésben lévő hűtőközeg összetételét, ezután a hiányzó hűtőközeg mennyiségét kell pótolni. Másképpen beállítási zavarok jelentkezhetnek.
- C.) A harmadik probléma: az új hűtőközeg betöltése előtt, meg kell győződni arról, hogy az olaj R404A közeget nem tartalmaz, ez természetesen hosszú ideig tartó vákuumozással elérhető. Másképpen, a benne lévő olajat közel 100%-osan, tökéletesen el kell távolítani, mert a benmaradt olaj R404A hűtőközeget tartalmaz, ez az új hűtőközeg összetételét megváltoztathatja és ezzel együtt a tulajdonságait is.

7.3.2.2 Hűtőkörfolyamat értékelése hűtőközeg csere után

Hogyan változnak a hűtőkörfolyamat jellemzői abban az esetben, ha egy R404A hűtőközeggel működő hűtőberendezés töltetét R448A-ra, vagy R449A-ra, R407F-re vagy R 452A-ra cseréljük?

Alap hűtőkörfolyamat, $Q_o = 20$ kW a hűtőteljesítmény, összehasonlító hűtőkörfolyamat (7.8. ábra), ahol a közepes $t_o = -15$ [°C] elpárolgási, és $t_c = +45$ [°C] közepes kondenzációs hőmérséklet uralkodik, a hűtőközeg telített gőz állapotban hagyja el az elpárolgatót és telített folyadékként hagyja el a kondenzátort.

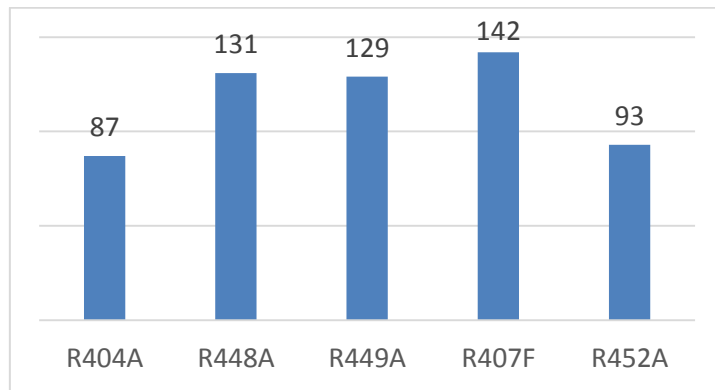
(A középhőmérséklet: egy adott nyomáshoz a „Bubble” és a „Dew” hőmérséklet értékek tartoznak, a számtani átlaguk jelenti a középértéket.)



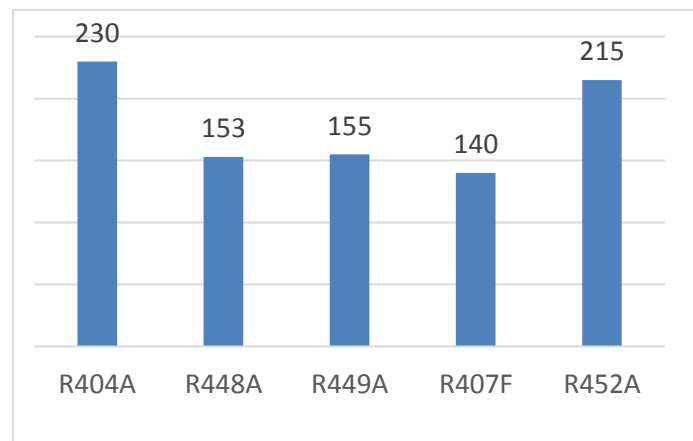
7.8. ábra. Az összehasonlító hűtőkörfolyamat

Az eredményeket a következőben foglalom össze:

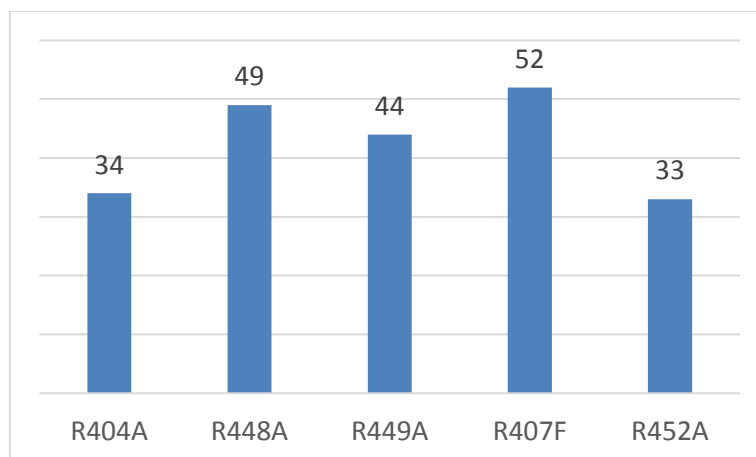
1. Az 1 [kg]-közeggel (q_0) több hőt el lehet vonni, ahogy a 7.9. ábrán is látható. Ennek következtében kevesebb m hűtőközeg tömegáramot elegendő forgalmazni, ahogy az a 7.10. ábrán is látható. Így 10-15%-kal kevesebb hűtőközeget szükséges tölteni a rendszerbe, továbbá kisebb szállítóteljesítményű kompresszorra van szükség;
2. Több a fajlagos munkaszükséglet a kompresszió folyamatnál (7.11. ábra), de a COP így is 6-10%-kal – a q_0 növekedése miatt – növekszik (7.12. ábra);
3. A kompresszió vég hőmérséklete növekszik (7.13. ábra). Alacsony elpárolgási hőmérséklet esetén, gondoskodni kell a hűtőközeg befecskendezésről a szívóvezetékben, és figyelni kell a kompresszor alkalmazási korlátait, ill. tanácsot kérni a kompresszorgyártótól;
4. Csővekben a nyomás veszteség: a folyadék vezetékben nagyobb, a gőz vezetékben kisebb;
5. Szivárgási ráta majdnem azonos, mivel a móltömegük közel azonos;
6. Nagy hőmérsékletcsúszás miatt kisebb lesz a hőmérsékletkülönbség a hőcserélőkön, így a hőtéljesítményük kisebb lesz;
7. Nyomásszabályozók beállítását el kell végezni a megfelelő hűtőközegre (ON-OFF);
8. Olajcserére van szükség, mivel az olajban oldott hűtőközeg a töltendő hűtőközeg összetételét és ezzel együtt a paramétereit is megváltoztathatja.



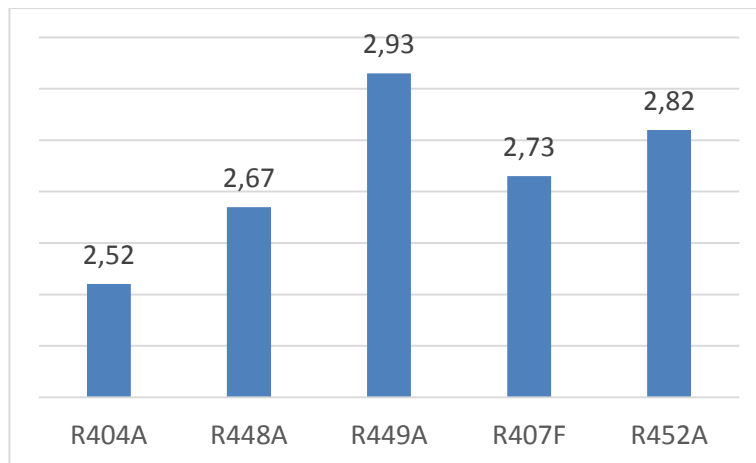
7.9. ábra. A hűtőközegekkel elvont q_0 hőmenyiség



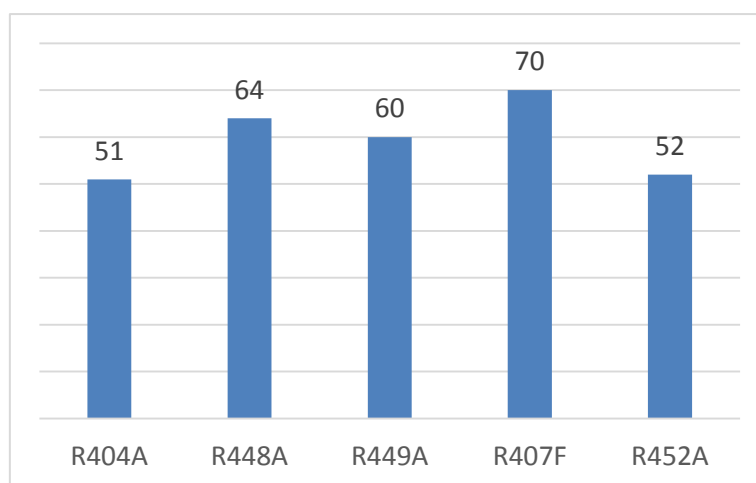
7.10. ábra. A hűtőközegek tömegárama



7.11. ábra. W fajlagos munkaszükséglet különböző hűtőközegek esetén



7.12. ábra. COP értékei különböző hűtőközegek esetén



7.13. ábra. t_2 Kondenzáció vég hőmérséklete különböző hűtőközegek esetén

7.4 Hűtőrendszerek

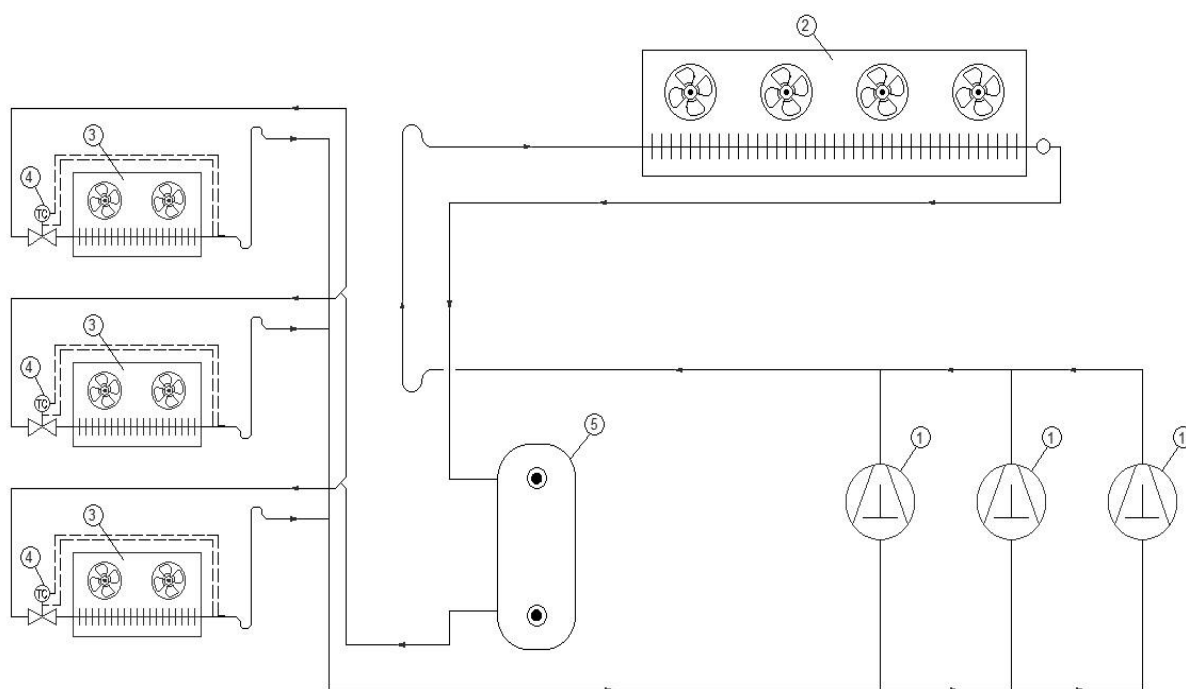
A legegyszerűbb kompresszoros hűtőberendezés elpárologtató(k)ból, kompresszor(ok)ból, kondenzátor(ok)ból, adagoló(k)ból és a szükséges csővezetékekből, mint fő berendezési elemekből áll. Általános érvényű megoldás nem adható, ezért mintapéláda kapcsán próbáljuk bemutatni a kialakítás néhány fontos szempontját, ill. a tervezés lépéseit:

Hogyan épül fel egy hűtési rendszer?

Például egy (zöldség) tárolóban megfelelő hőmérsékletet kell tartani, a hűtési igény a tárolt zöldség mennyiségétől függően változik.

7.4.1 Alap hűtőkörfolyamat; alap rendszer

A hűtési igény, és annak az időbeni alakulása alapján a hűtőberendezés fő elemei kiválaszthatók. Egy példarendszer, amely csoport aggregátból (3 db. kompresszorból), 1 db. léghűtésű kondenzátorból, 3 db. elpárologtatóból és a hozzátartozó adagolók (expanziós) szelepekből, valamint a csővezeték hálózattól áll a 7.14. ábrán látható.

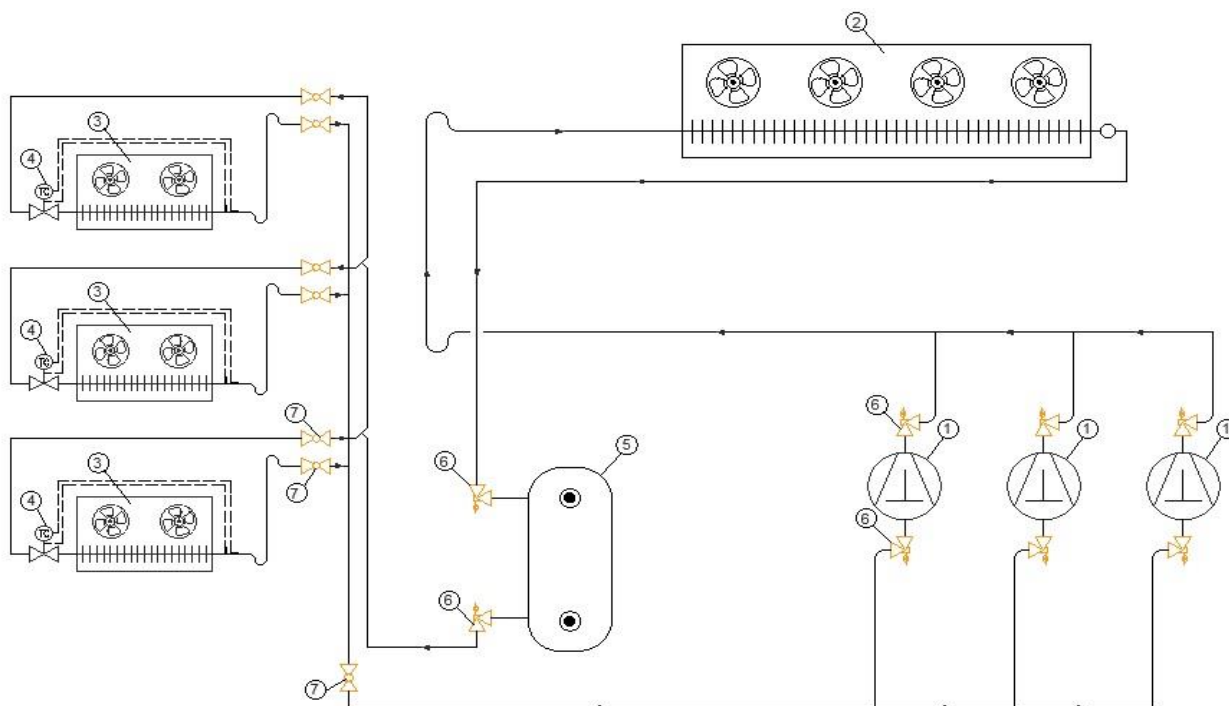


7.14. ábra. Az alaprendszer

1. kompresszor; 2. léghűtésű kondenzátor; 3. elpárologtató; 4. expansziós szelep; 5. folyadékgyűjtőtartály

7.4.2 Szakaszolás, kizárás

A hűtőrendszerbe épített elzáró szerelvények segítségével az egyes részegységek, csőszakaszok kizárhatóvá válnak, ezzel nagymértékben megkönnyítve, felgyorsítva a berendezés üzemeltetése során szükségszerűen felmerülő munkálatokat (7.15. ábra).



7.15. ábra. Az elzáró szerelvények

1. kompresszor; 2. léghűtésű kondenzátor; 3. elpárologtató; 4. expanziós szelep; 5. folyadékgyűjtőtartály; 6. elzáró szelep; 7. golyós csap

7.4.3 Védelmi elemek beépítése

A hűtőberendezésben kialakuló hűtőközegoldali üzemállapotot a külső feltételek határozzák meg (lásd: utolsó fejezet). A berendezés részegységei – elsősorban a kompresszorok – meghatározott működési tartományra készülnek. Minden esetben, amikor a berendezésben kialakuló üzemállapot túllépi az alkalmazhatóság határait, a részegységek – és ezzel a berendezés – meghibásodása következik be. A meghibásodás veszélyt jelenthet a környezetre is. A veszély elkerülésére érdekében a hűtőberendezést megfelelő módon kell védeni. E védelmek, védelmi eszközök a hűtőberendezés részét kell, hogy képezzék. Például:

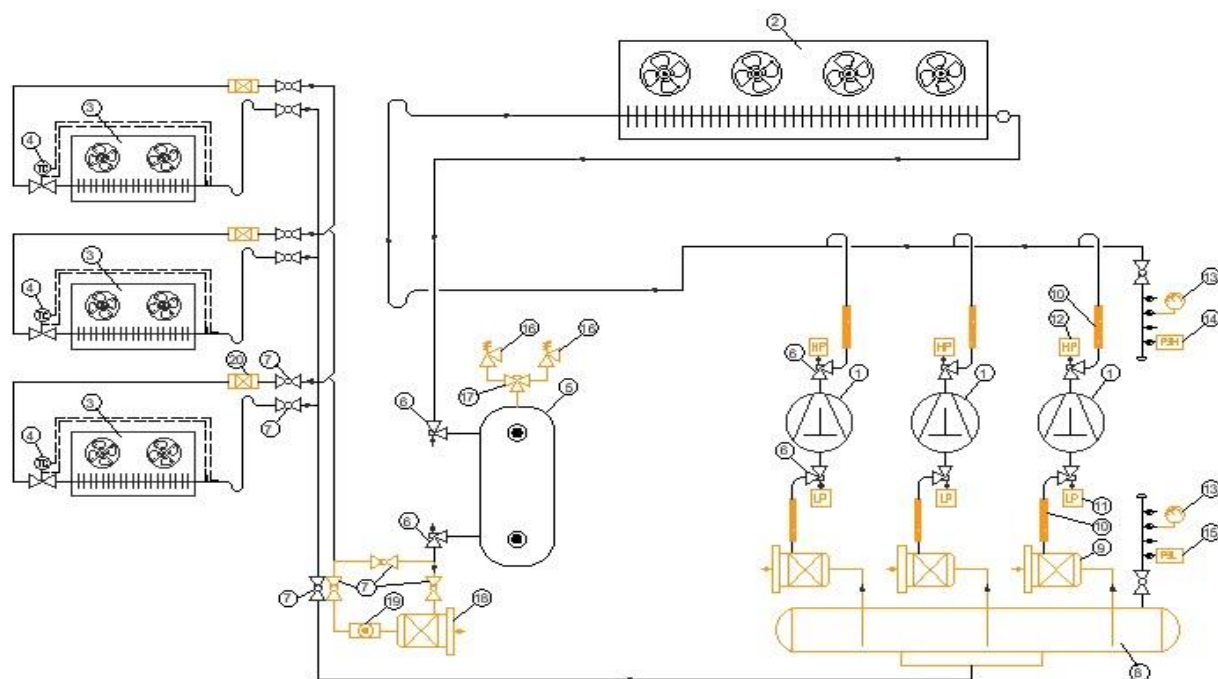
Csoportaggregátoknál különösen nagy szerepe van az olajvisszavezetésnek. Ha az elhordott olaj gyorsan és egyenletesen tér vissza, akkor a szívócsőbe elhelyezett szívógyűjtő-tartály (8) beépítésével megoldható az szükséges olaj visszajuttatása a kompresszorokba.

A folyadék vezetékekben elhelyezett hermetikus (20) és cserélhető betétes (18) nedvesség- és savszűrők feladata a rendszerben lévő víz és az üzemelés során keletkező szerves és szervetlen savak megkötése. A szívó vezetékekbe a kompresszor elé beépített szűrő (9) feladata a beüzemelés / javítást követően a rendszerben található szilárd részecskék, mechanikai szennyeződések kiszűrése.

A kompresszorok szívó- és nyomóvezetékeibe épített rezgéselnyelők (10) feladata a kompresszorok által keltett rezgések rendszerbe történő továbbterjedésének lecsökkentése, akadályozása.

A biztonsági lefűvató szelepek (16) megvédik a berendezést a megengedettnél magasabb nyomások kialakulásától. A rendszerbe épített védelmi funkciót ellátó nyomáskapcsolók feladata a kompresszorok megvédeése a túl alacsony szívóoldali és túl magas nyomóoldali nyomástól (7.16. ábra).

A 7.17. ábrán az expanziós szelep elé beépített mágnesszelep (21) feladata, hogy az üzemszünetekben megakadályozza a hűtőközeg beadagolását az elpárologtatóba.



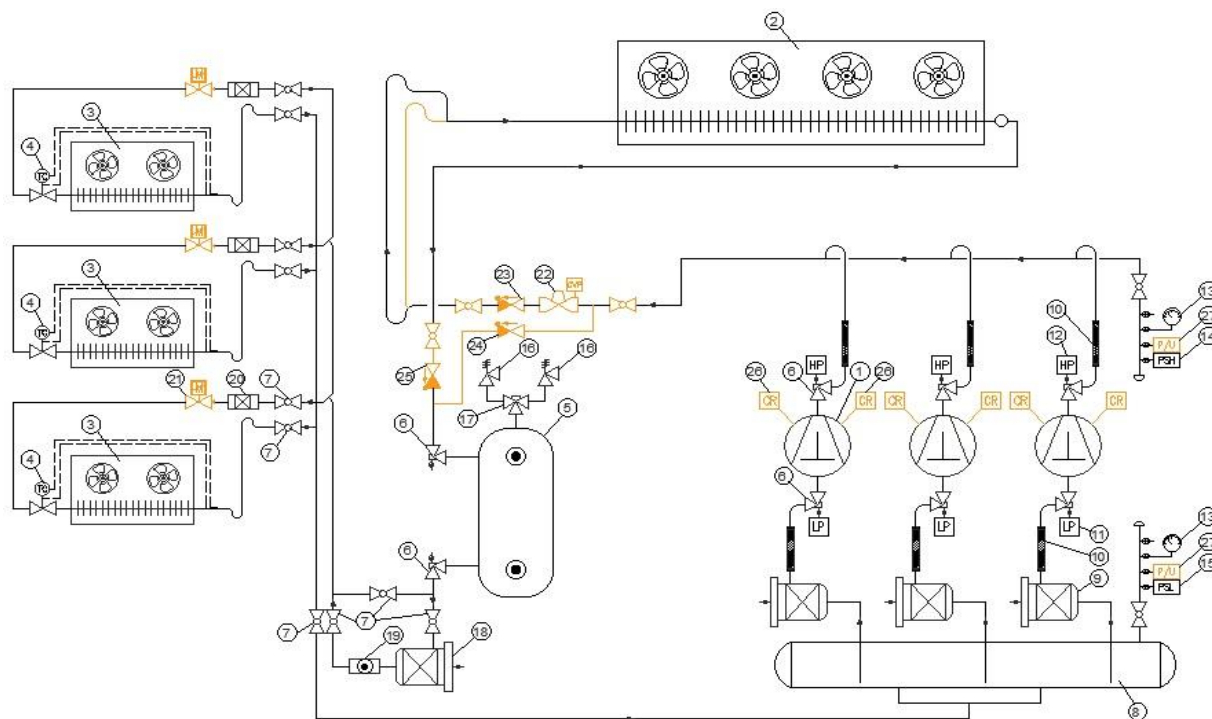
7.16. ábra. A hűtőrendszer védelme

1. kompresszor; 2. léghűtésű kondenzátor; 3. elpárologtató; 4. expanziós szelep; 5. folyadékgyűjtőtartály; 6. rotalock szelep; 7. golyós csap; 8. szívó-gyűjtő tartály; 9. cserélhető betétes szívószűrő; 10. rezgéselnyelő; 11. szívóoldali nyomáskapcsoló; 12. nyomóoldali nyomáskapcsoló; 13. manométer; 14. nyomóoldali nyomáskapcsoló; 15. szívóoldali nyomáskapcsoló; 16. biztonsági lefűvató szelep; 17. váltószelep; 18. cserélhető betétes folyadékszűrő; 19. áramlás- és nedvességjelző; 20. folyadékszűrő

7.4.4 Hűtőtéljesítmény szabályozása

A hűtőrendszer nagyon ritkán dolgozik a méretezési pontnál, általában a berendezés hűtőtéljesítménye eltér a hűtési igénytől. Legtöbbször hűtőtéljesítmény-többlet jelentkezik, amely a termék túlhűtését jelentheti, és minőségi romlás következhet be. Ezt elkerülendő a berendezés hűtőtéljesítményét a hűtési igényhez kell módosítani; szabályozni.

A csoportaggregátok hűtőtéljesítményének szabályozása a szívónyomás közel állandó értéken tartása miatt szükséges. A szabályozást egy erre alkalmas elektronika végzi a szívóoldalba épített nyomástávadó (27) által mért nyomás alapján. A csoportaggregátok teljesítményének szabályozására több fajta lehetőségünk van. Egyik lehet a kompresszorok ki-be léptetése, másik a fokozatmentes fordulatszám szabályozás „inverter” segítségével, vagy a lenti példában alkalmazott henger tehermentesítés (7.17. ábra). A kondenzátor hőleadási teljesítményének szabályozása is szükséges, egyrészt a csoportaggregát változó hűtőtéljesítménye, másrészt a környezeti hőmérséklet változása miatt. Ezt a szabályozást is elektronika végzi a ventilátor fokozatok ki-be léptetésével, vagy a fordulatszámuk változtatásával. A kondenzációs nyomást célszerűen a lehető legalacsonyabban kell tartani, de fenntartva a körfolyamathoz szükséges minimális nyomáskülönbséget. Vannak esetek, amikor ennek érdekében nem elégséges csak a ventilátorok leállítása. A 22..25 szelepcsoport feladata a téli üzembiztos működés fenntartása. Ez különösen olyan normál hőfokú rendszereknél fontos, ahol vannak hosszabb részterheléses vagy terhelésmentes időszakok, amikor téli időszakban fellephet az ún. túlkondenzálás.



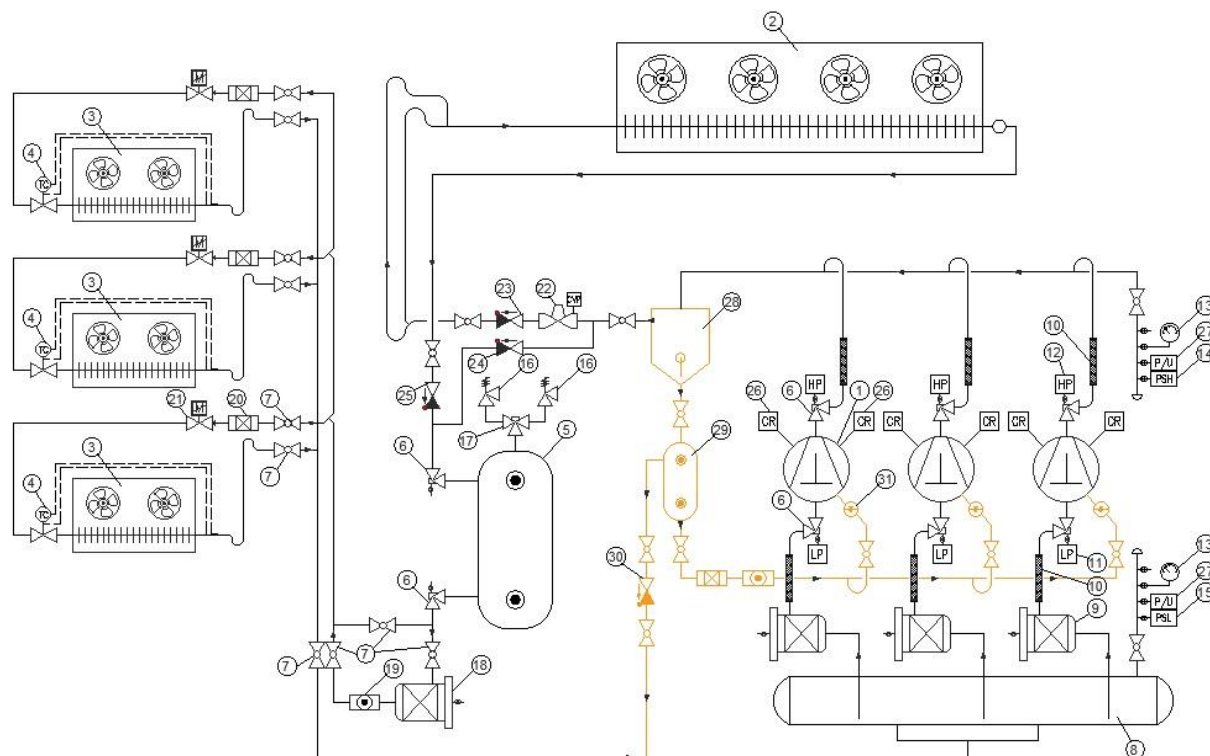
7.17. ábra. A rendszer teljesítmény szabályozása

1. kompresszor; 2. léghűtésű kondenzátor; 3. elpárologtató; 4. expanziós szelep; 5. folyadékgyűjtőtartály; 6. rotalock szelep; 7. golyós csap; 8. szívó-gyűjtő tartály; 9. cserélhető betétes szívósűrő; 10. rezgéselnyelő; 11. szívóoldali nyomáskapcsoló; 12. nyomóoldali nyomáskapcsoló; 13. manométer; 14. nyomóoldali nyomáskapcsoló; 15. szívóoldali nyomáskapcsoló; 16. biztonsági lefúvató szelep; 17. váltószelep; 18. cserélhető betétes folyadéksűrő; 19. áramlás- és nedvességjelző; 20. folyadéksűrő; 21. mágnesszelep; 22. nyomásszabályzó szelep; 23..25. visszacsapószelepek; 26. teljesítmény-szabályzó; 27. nyomástávadó

Az olajkör

A kompresszorokból távozó olaj visszavezetésére minden szempontból kielégítő megoldást jelent egy aktív olajmenedzsment integrálása a rendszerbe.

Az olajleválasztóban (28) leválasztott olajat az olajtartályba (29) engedjük le, amelynek nyomását az olaj differenciálszelep (30) segítségével a szívónyomás felett 3,5 bar értékkel tartjuk. A kompresszorokba az olaj beadagolását az olajszintszabályzók (31) végzik, amelyek a beadagolás mellett védelmi funkciót is ellátnak (7.18. ábra).

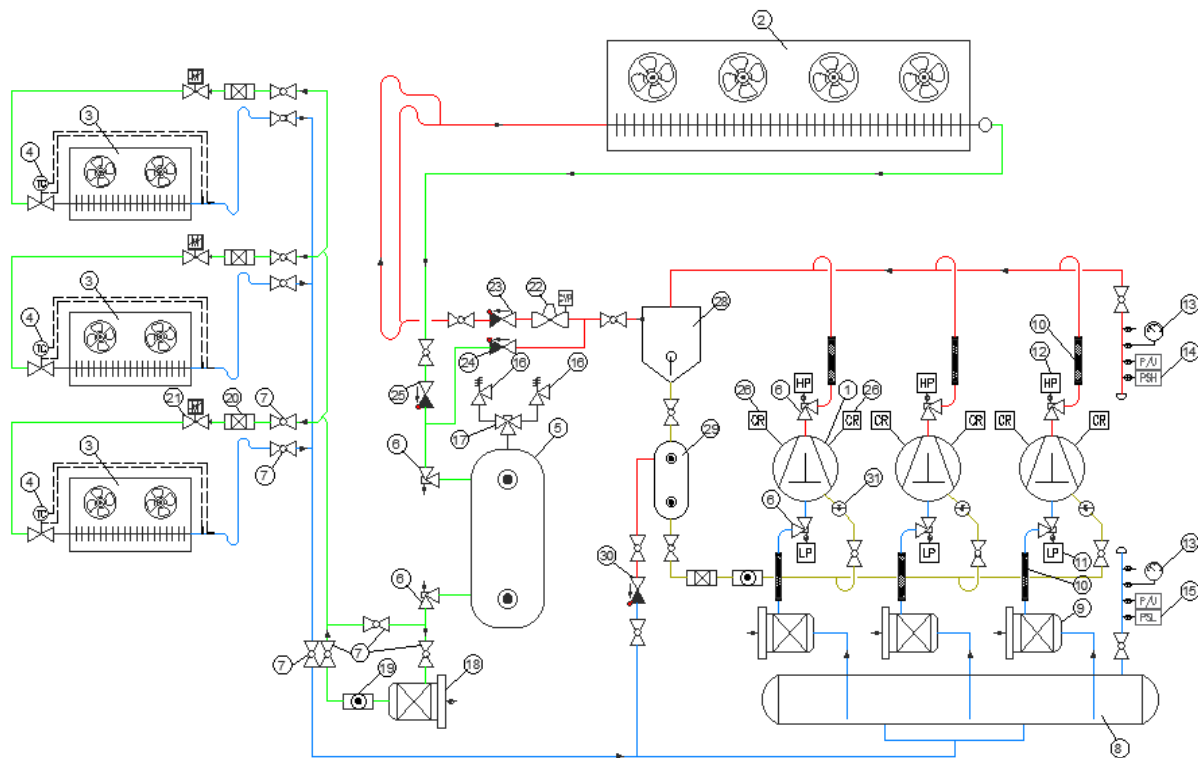


7.18. ábra. Az aktív olaj menedzsment a rendszernél

1. kompresszor; 2. léghűtésű kondenzátor; 3. elpárologtató; 4. expanziós szelep; 5. folyadékgyűjtőtartály; 6. rotalock szelep; 7. golyós csap; 8. szívó-gyűjtő tartály; 9. cserélhető betétes szívósűrő; 10. rezgéselnyelő; 11. szívóoldali nyomáskapcsoló; 12. nyomóoldali nyomáskapcsoló; 13. manométer; 14. nyomóoldali nyomáskapcsoló; 15. szívóoldali nyomáskapcsoló; 16. biztonsági lefűtő szelep; 17. váltószelep; 18. cserélhető betétes folyadéksűrő; 19. áramlás- és nedvességjelző; 20. folyadéksűrő; 21. mágnesszelep; 22. nyomásszabályzó szelep; 23..25. visszacsapószelepek; 26. teljesítmény-szabályzó; 27. nyomástávadó; 28. olajleválasztó; 29. olajtartály; 30. olaj differenciálszelep; 31. olajszintszabályzó

7.5 Kompletts rendszer

A végleges komplett rendszer kapcsolási vázlata, az előzőeket figyelembe véve, a 7.19. ábrán látható.



7.19. ábra. Egy komplett hűtőrendszer

1. kompresszor; 2. léghűtésű kondenzátor; 3. elpárologtató; 4. expanziós szelep; 5. folyadékgyűjtőtartály; 6. rotalock szelep; 7. golyós csap; 8. szívó-gyűjtő tartály; 9. cserélhető betétes szivósűrő; 10. rezgéselnyelő; 11. szívóoldali nyomáskapcsoló; 12. nyomóoldali nyomáskapcsoló; 13. manométer; 14. nyomóoldali nyomáskapcsoló; 15. szívóoldali nyomáskapcsoló; 16. biztonsági lefűvató szelep; 17. váltószelep; 18. cserélhető betétes folyadéksűrő; 19. áramlás- és nedvességjelző; 20. folyadéksűrő; 21. mágnesszelep; 22. nyomásszabályzó szelep; 23..25. visszacsapószelepek; 26. teljesítmény-szabályzó; 27. nyomástávadó; 28. olajleválasztó; 29. olajtartály; 30. olaj differenciálszelep; 31. olajszintszabályzó

7.5.1 Csővezetékek

A kompresszoros hűtőberendezés egyes elemei között a hűtőközegoldali kapcsolatot csővezetékek hozzák létre. A csővezetékekben különböző állapotú, hőmérsékletű és nyomású hűtőközeg áramlik. Arra való tekintettel, hogy a kompresszor olajozása nélkülözhetetlen, a kompresszorban a hűtőközeg az olajat „a szükséges rossz” finoman diszpergált cseppek formájában elhordja a kompresszorból. Így a csővezetékekben a hűtőközeg mellett, az olajleválasztó alkalmazása ellenére, olaj is áramlik. Helytelen tervezés, kialakítás esetén az olaj a berendezés többi elemében gyűlhet össze, ennek következtében a megfelelő kenés hiánya miatt a kompresszor tönkre mehet. A hűtőközeg körforgása során számos állapotváltozáson megy keresztül. Folyékony halmazállapotban (pl.: új hűtőközegek észterolajjal) jól elegyedik az olajjal, gőz halmazállapotban azonban, például a kompresszor nyomóvezetékében uralkodó hőmérséklet- és nyomásviszonyok mellett, az olaj-köd nehezebben elegyedik, lerakódik a csővezeték falán, és cseppekké formálódva összegyűlik a hálózat mélyebb pontjain. Ha a hűtőközeggőz áramlási sebességét elég nagyra választjuk, ez lehetővé teszi az olaj elhordását, majd visszajuttatását a rendszeren keresztül a kompresszorba.

A gyakorlati tapasztalatok tanulsága szerint nem elegendő a hűtőberendezés egyes elemeinek gondos méretezése, kiválasztása, hanem igen nagy figyelmet kell fordítani az összekötő csővezetékek méretezésére, a nyomvonalak helyes megválasztására és a kivitelezésére is. E nélkül olyan üzemzavarokkal kell számolni, amelyek szinte kivétel nélkül a csőhálózat építési hibáira vezethetők vissza.

7.5.2 Csővezetékek méretezése:

A csővezetékben áramló közeg nyomásvesztesége annak L hosszától, d belső átmérőjétől, csőminőségétől λ , a közeg ρ sűrűségétől és az ω áramlási sebességétől, a beépített idomok és szerelvények ξ veszteségtényezőjétől függ:

$$\Delta p = \left(\lambda \frac{L}{d} + \sum \xi \right) \rho \frac{\omega^2}{2}$$

A csővezetékben fellépő nyomásesés hat a berendezésben kialakuló körfolyamatra. Ennek következtében:

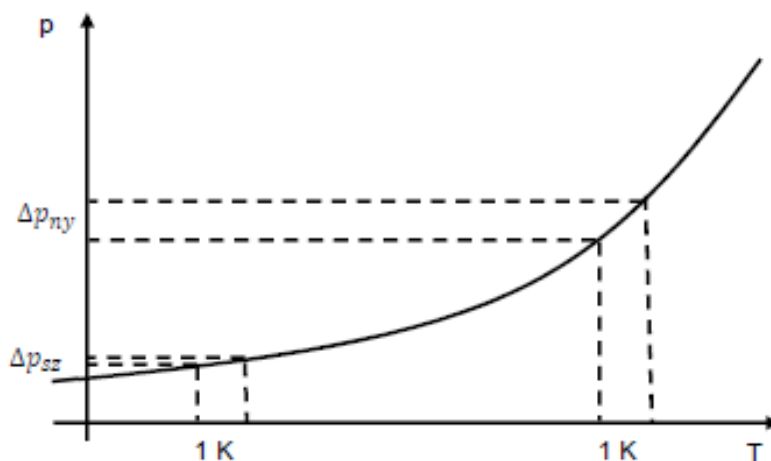
- kisebb a hűtőtéljesítmény;
- nagyobb az áthidalandó nyomásviszony, kisebb a szállítási fok és a belső hatásfok;
- magasabb kompresszió-vég hőmérséklet;
- nagyobb fajlagos munkaszükséglet, kisebb COP.

7.5.2.1 A szívó- és nyomóvezetékek méretezése

A telepítésnél a szívó- és a nyomóvezetékek hossza adott, ezért csupán a vezeték belső átmérőjének növelésével a nyomásveszteségek csökkenthetők. Ez egyfelől a csővezetékek, a szerelvények, az idomok árának növekedésével jár, másfelől a hűtőközeg sebességének csökkenésére vezethet, amelynek a hatása, hogy a kompresszorból hűtőközeggel elhordott olaj visszajuttatását megakadályozza.

Általános érvényű gyakorlati szabály:

1. a szívó, ill. a nyomóvezetékben fellépő teljes nyomásesés 1 [K] hőmérséklet-változáshoz tartozó nyomásesés engedhető meg (7.20. ábra),



7.20. ábra. A (Δp_{sz}) szívó- és (Δp_{ny}) nyomóvezetékben megengedhető nyomásesés

A megengedett nyomásesés értéke a hűtőközeg minőségétől, hőmérsékletétől függ. Szívóvezetékben megengedhető (Δp_{sz}) nyomásesés az 7.5. táblázatban látható

	Klímatartomány $t_o = +5 [^{\circ}\text{C}]$ $\Delta t = 1 [\text{K}]$ -hez	Normálhűtés $t_o = -10 [^{\circ}\text{C}]$ $\Delta t = 1 [\text{K}]$ -hez	Fagyasztás $t_o = -30 [^{\circ}\text{C}]$ $\Delta t = 1 [\text{K}]$ -hez
R134a	$\Delta p_{sz} = 0,12 [\text{bar}]$	0,08	0,04
NH3	0,19	0,12	0,059
R404A	0,21	0,15	0,085

7.5. táblázat. Nyomásesés különböző elpárolgási hőmérsékleteknél

A 7. 5. táblázatból kiolvasható, hogy a megengedhető nyomásesés annál kisebb, minél alacsonyabb az elpárolgási hőmérséklet.

Nyomóvezetékben megengedhető (Δp_{ny}) nyomásesés a 7.6. táblázatban

	$t_c = 30 [^{\circ}\text{C}]$ -nál $\Delta t = 1 [\text{K}]$ -hez	$t_c = 45 [^{\circ}\text{C}]$ -nál $\Delta t = 1 [\text{K}]$ -hez
R134a	$\Delta p_{ny} = 0,23 [\text{bar}]$	0,3
NH3	0,36	0,48
R404A	0,37	0,51

7.6. táblázat. Nyomásesés különböző kondenzációs hőmérsékleteknél

A 7.5., és 7.6. táblázatokból kiderül, hogy a $\Delta t = 1 [\text{K}]$ -hez tartozó megengedhető (Δp) nyomásesés, a nyomóvezetékben nagyságrenddel nagyobb ($\Delta p_{ny} > \Delta p_{sz}$) a szívóvezetékénél, így a szívóvezeték tervezése sokkal nagyobb figyelmet igényel.

2. a megengedhető gőzsebesség a szívó- és a nyomóvezetékben a hűtőkompresszor legkisebb terhelése mellett 2,5-3,5 [m/s] a vízszintes ágakban, 5-7 [m/s] a függőleges ágakban.

7.5.2.2 A folyadékvezeték méretezése

A folyadékvezeték, kondenzátor, ill., a folyadékgyűjtő-tartály kilépő csonkja és az (expanziós) adagoló belépő csonkja között található. A folyadékvezetékben fellépő (Δp_f) nyomásesés miatt kedvezőtlen esetben a hűtőközeg állapota a nedves mezőbe kerülhet és ilyenkor az adagolóhoz folyadék- és gőzfázis keveréke érkezik. Az adagoló előtti kisebb nyomás és gőzfejlődés miatt az erősen lecsökkent sűrűség következtében lecsökken az adagoló átbocsátóképessége, ami az elpárologtató elégtelen hűtőközeg ellátottságához és ezzel a berendezés hűtőtéljesítményének és a COP-je csökkenéséhez vezet. Ezért a folyadékvezetékben a gőzképződés soha nem engedhető meg. Mindenképpen gondoskodni kell arról, hogy az adagoló belépő csonkjához érkező hűtőközeg folyadék legalább 1 [K]-nel túlhűtve legyen.

Hogy alakulhat a hűtőközeg nyomása a (p_{ae}) adagoló előtti nyomás a (p_c) kondenzátornyomáshoz képest?

Nézzük a kondenzátor, ill., a folyadékgyűjtő-tartály és az adagoló elhelyezésének eseteit:

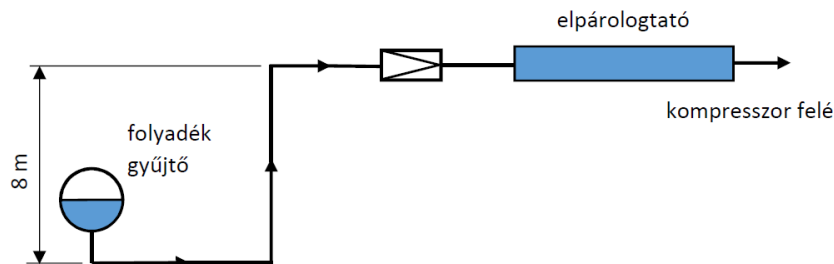
- a.) **eset:** Ha a kondenzátor, ill. a folyadékgyűjtő tartály és az adagoló *egy szinten vannak*, akkor a ($p_{ae} = p_c - \Delta p_f$) minimális utóhűtést biztosítani kell, hogy a folyadékvezetékben fellépő (Δp_f) nyomásesést fedezni tudja; kb. 1 [K] lehet.

eset: Ha a kondenzátor, ill. a folyadékgyűjtő az adagolóhoz képest *H magasabban van elhelyezve*, akkor a ($p_{ae} = p_c + \rho_f \cdot g \cdot H - \Delta p_f$). Ilyen esetben a ($\rho_f \cdot g \cdot H$) folyadékoszlop magasságból származó nyomásnövekedés fedezi a folyadékvezetékben fellépő nyomásesést ($\Delta p_f < \rho_f \cdot g \cdot H$). Itt is az [1] K utóhűtés elég.

- b.) **eset (kritikus):** Ha a kondenzátor, ill. a folyadékgyűjtő az adagolóhoz képest *H-val alacsonyabban van elhelyezve* ($p_{ae} = p_c - \rho_f \cdot g \cdot H - \Delta p_f$), ahogy a 7.21. ábrán látható.

Ilyen esetben, ha nincs 4-5 [K] utóhűtés, akkor az adagoló előtt a hűtőközeg közel kerülhet a forráspontjához és elkezdhet kigőzölni. Ilyen körülmények között a nézőüvegen keresztül buborékokat figyelhetünk meg. A buborékok akkor sem tűnnek el, ha a rendszerbe több hűtőközeget töltünk.

Ugyanez a hatás jelentkezik, ha a folyadékvezeték vízszintes szakaszán hő vesz fel. Ez akkor fordulhat elő, ha a csőszakasz forró csövekkel közös csatornában halad vagy egy kazánházon vezet keresztül. Ha a nézőüvegen keresztül még hűtőközeg betöltése után is forrást tapasztalunk, akkor joggal gyanakodhatunk járulékos hőfelvételre. Ennek elkerülésére szigeteljük a csővezetékét.



7.21. ábra. A c. eset, az adagoló és az elpárologtató a folyadékgyűjtő helyzete

Egy folyadék vezetékben hogyan lehet az utóhűtés mértékét ellenőrizni?

Példa:

Egy R134a hűtőközeggel működő hűtőberendezés $t_c = 45 [^{\circ}\text{C}]$ kondenzációs hőmérséklettel és $t_o = -5 [^{\circ}\text{C}]$ elpárolgási hőmérséklettel üzemel. A folyadékgyűjtőt, amelyben $t_u = 40 [^{\circ}\text{C}]$ hőmérsékletű utóhűtött folyadék van, folyadékcső 18/16 [mm] átmérőjű, 20 [m] hosszú vezeték köti össze a $H=8$ [m] szintkülönbséggel magasabban elhelyezkedő elpárolgató adagoló szeleppel.

A csővezetékben egy sarokszelep, 6 db. 90° -os könyök, egy nedvességszűrő és egy mágnes szelep is be van építve.

A hűtőteltjesítmény $Q_o = 30$ kW;

Megfelelő-e a folyadék utóhűtése?

Megoldás:

R 134a Log p-h diagramjából vagy táblázatából elpárolgási hőmérséklet $t_o = -5 [^{\circ}\text{C}]$ -hez, $p_o = 2,433$ [bar] az elpárolgási nyomás;

a kondenzációs hőmérséklet $t_c = 45 [^{\circ}\text{C}]$ -hez, a kondenzációs nyomás $p_c = 11,6$ [bar]

a folyadék sűrűsége $\rho_f = 1042$ [kg/m³],

Az elpárolgatóban felvett fajlagos hőmennyiség:

$$q_o = h_1 - h_4 = 136 \text{ [kJ/kg]}$$

A hűtőközeg tömegárama:

$$m = \frac{Q_o}{q_o} = \frac{30}{138,6} = 0,2164 \text{ [kg/s]}$$

A sebesség a csőben:

$$w = \frac{V}{A} = \frac{m/\rho}{\pi * d^2/4} = \frac{0,2164/1042}{\pi * 0,016^2/4} = 1,033 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

meg kell határozni a (p_{ae}) adagoló előtti nyomást, ill. az ehhez tartozó (t_{ae}) hőmérsékletet és a csővezetékben, valamint az idomokban fellépő nyomásesést:

- A csősúrlódási ellenállás: a csősúrlódási együttható $\lambda=0,018$ [irodalom]

$$\Delta p_1 = \lambda * \rho * \frac{w^2}{2} = 12509 \text{ [Pa]} = 0,12509 \text{ [bar]}$$

- A 90° -os könyökök ellenállása $\xi = 0,2$ [irodalom], $z=6$ db.

$$\Delta p_2 = z * \xi * \rho * \frac{w^2}{2} = 667 \text{ [Pa]} = 0,00667 \text{ [bar]}$$

- A sarokszelep ellenállása $\xi = 2$ [irodalom]

$$\Delta p_3 = \xi * \rho * \frac{w^2}{2} = 1112 \text{ [Pa]} = 0,01112 \text{ [bar]}$$

- A szűrő ellenállása, [irodalom]

$$\Delta p_4 = 8000 \text{ [Pa]} = 0,08 \text{ [bar]}$$

- A mágnes szelep ellenállása, [irodalom]

$$\Delta p_5 = 9100 \text{ [Pa]} = 0,091 \text{ [bar]}$$

- A hidraulikai nyomásesés

$$\Delta p_6 = \rho * g * H = 1042 * 9,81 * 8 = 81776 \text{ [Pa]} = 0,81776 \text{ [bar]}$$

Az összes ellenállás

$$\sum \Delta p_f = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 + \Delta p_4 + \Delta p_5 + \Delta p_6 = 1,132 \text{ [bar]}$$

Az adagoló előtti nyomás

$$p_{ae} = p - \sum \Delta p_f = 11,6 - 1,132 = 10,46 \text{ [bar]}$$

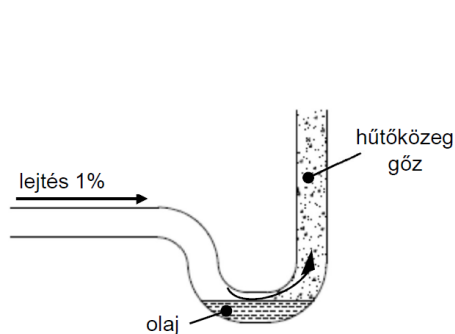
Az ehhez tartozó adagoló előtti hőmérséklet $t_{ae} = 40,9 [^{\circ}\text{C}]$, ennek következtében $40,9-40=0,9$ [K] hőmérséklet különbség van, azaz az utóhűtési hőmérséklet $t_u < t_{ae}$. Ennek alapján a folyadékvezetékben az adagoló előtt gőzképződés nem történik.

Abban az esetben, ha a folyadékgyűjtőtartályt elhagyó hűtőközeg hőmérséklete $t_u > 40$ [°C]-nál; pl.: 42 [°C], akkor **az adagolószelep előtt gőzfejlődés várható a folyadékvezetékben, ami megengedhetetlen.**

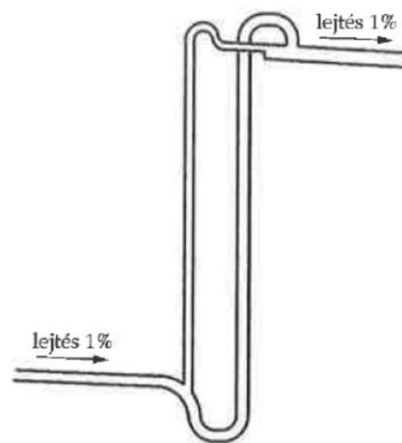
7.5.2.3 A csővezetékek kialakítása:

A csővezetékek kialakításánál figyelembe kell venni:

- A lehető legkisebb legyen a nyomásvesztés, így legyenek a csövek rövidebbek és ne legyenek bennük indokolatlanul szűk ívek, lehetőség szerint függőlegesek vagy vízszintesek legyenek csak, ne legyen oldal irányú fel- vagy lefele futásuk;
- Alkalmasak legyenek az olaj szállítására; olyan kialakításuk legyen, hogy a kompresszorból hűtőközeggel elhordott olaj kompresszorba való visszajuttatását — lehetőleg akadálytalanul — valamilyen módon mindenképpen biztosítsa, hogy az üzemeltetés biztonságos legyen;
- a vízszintes csővezetékek az áramlás irányába 1%-os lejtéssel készüljenek;
- A függőleges gőzvezeték elé, minden esetben U-alakú (folyadékgyűjtő szifon) olajcsapdát kell beépíteni (7.22. ábra), így a lejtéssel kialakított vízszintes szakaszból folyamatosan érkező folyadékfázis (olaj és benne oldott hűtőközeget) a hurokban gyűlik össze, ahonnan a gázáram azt a meghatározott adagokban ragadja magával;
- A hosszú, függőleges emelővezetéseket 3-5 méterenként megszakítva, újabb olajcsapdákkal kell kialakítani;
- A függőleges csőszakasz felső szinten az öt követő vízszintes szakaszba hattyúnyak bekötésű kell, hogy legyen (7.22. ábra);
- A felszálló vezetékek rendszerint a teljes kompresszorterhelésre vannak méretezve. Így a teljesítményszabályozáskor kialakuló sebességek túl kicsik lesznek. Ilyen rendszereknél kettős felszálló vezeték kialakítására van szükség: a kisebb vezeték a minimális terhelésre, a kettő együtt a teljes terhelésre méretezik (7.23. ábra);
- A csővezetékek kialakításakor a kompresszor által keltett káros rezgések, gázlengések továbbterjedésének, ill. kialakulásának megakadályozásáról flexibilis csőelemeket kell beépíteni;
- Semmi körülmények között sem szabad a vízvezeték szereléshez árusított rézcsöveket hűtőközегhez felhasználni. A DIN 8905 számú szabvány előírásainak kell, hogy megfeleljenek.



7.22. ábra. Az olajcsapda



7.23. ábra. Kettős felszálló vezetékek

A berendezés szakaszos működésű. Amikor a kamrában a levegő hőmérséklete eléri a megengedett hőmérsékletingadozás alsó határát, a hőmérsékletérzékelő termosztát (14) zárja a folyadékvezetékbe épített mágnesszelepet (6), a folyadék betáplálás megszűnte következtében csökken a szívóoldali nyomás, melynek hatására a nyomáskapcsoló (8) leállítja a kompresszort, megszünteti a hűtést. A hűtés újraindításának szükségét a megengedett ingadozás felsőhatárát elérő léghőmérséklet jelzi. Ekkor a termosztát nyitja a mágnesszelepet. Az emelkedő szívóoldali nyomást érzékelő nyomáskapcsoló (7) indítja a kompresszort.

Az olyan rendszereket, ahol téli időszakban a kamra hőmérsékletét magasabban kell tartani, mint a környezeti hőmérsékletet, kondenzációs nyomás-szabályozással kell ellátni, ill. a kondenzációs nyomás minimális értékét kell tartani, hogy az adagoló megfelelő mennyiségű hűtőközeget tudjon az elpárologtató számára átengedni. A 7.24. ábrán példa látható az állandó nyomáskülönbség-tartó (11) és a nyomásszabályzó-szelep (12) beépítésével megvalósított kondenzátor-nyomásszabályozásra. Ebben a kapcsolásban a kompresszor által szolgáltatott meleggáz mindaddig megkerüli a kondenzátort, amíg a nyomóoldalon fel nem épül a tervezett nyomás. A nyomóoldali nyomás felépülésével zár a PDC szelep, nyit a PC szelep és további nyomásnövekedéssel elindulnak a kondenzátor ventilátorai is az oda épített nyomáskapcsoló (13) jelére.

Elterjedt vezérlési, ill. leállási mód az ún. *pump-down*, azaz „leszivatasos” üzemmód. A beállított kamra hőmérséklet elérésével a mágnesszelep (6) zár, megszűnik az adagolás és a kompresszor az alsó nyomáshatárig szívja le a rendszert, majd megáll. Ezzel a folyadékút veszély elkerülhető a kompresszornál az újrainduláskor, mivel fennáll a veszélye annak, hogy állásidőben a nyomás kiegyenlítődik a két oldal között. Ilyen eset előfordulhat, akkor, ha az adagoló (5) érzékelője még állásidő alatt hőt (pld. lámpától) kap, ennek következtében (ha a mágnesszelep nem lenne) az adagoló átengedhetné a hűtőközeg folyadékot az elpárologtatóba.

A (7.24. ábra) lévő alkalmazásban kompresszoroknál jellemzően dugattyú beléptetéssel, kondenzátoroknál a ventilátorok külön indításával valósul meg a teljesítményszabályozás.

Az elpárolgási hőmérséklettől függően szükséges a rendszeres leolvasztások beiktatása a vezérlésbe. Ezek ütemezésére szinte mindegyik kamravezérlő képes. Az ábrán lévő rendszer leolvasztása elektromos. A leolvasztási program kezdetével lezár a mágnesszelep (6) és elkezdődik az elpárologtatóban lévő maradék hűtőközeg leszivatása. Ez a ventilátorok járatásával gyorsítható. A leürítést követően bekapcsolnak a fűtőbetétek. Ha mélyhűtő kamrát üzemeltetünk nem szabad megfélekednünk a csepptálca és a lefolyó vezeték fűtéséről. A cseppvízvezeték fűtést nem elegendő a kamrán belül kiépíteni, a kilépő vezetéket is fűteni kell. Tálcafűtést minden 0 °C alatti teremben érdemes alkalmazni.

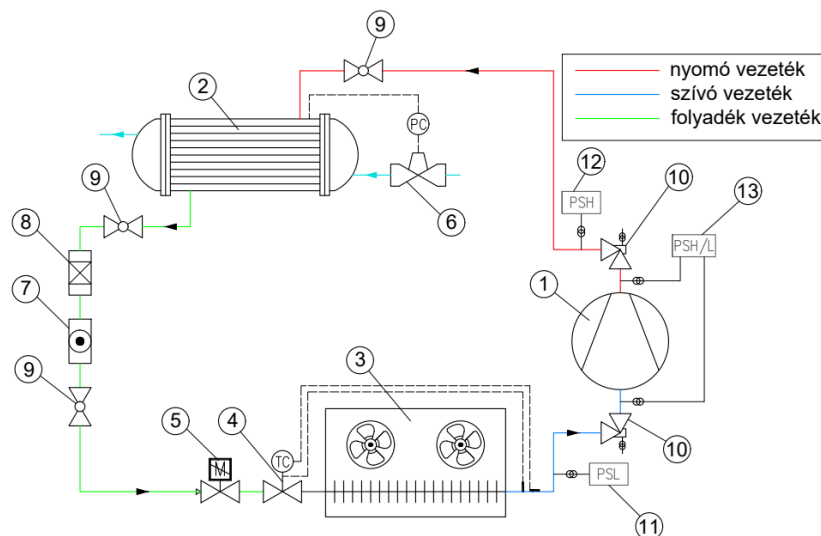
Abban az esetben, ha a hűtőaggregát nem helyezhető el a kamra közvetlen közelében, meg kell fontolni kiegészítő olajleválasztó használatát. A hosszabb szívóvezetékben kialakuló nyomásesés hatására a gőzsebesség csökken, ami elégtelen olajelhordást eredményezhet. Ilyen helyzetben a csővezetékben felgyülemlett olaj miatt a cső keresztmetszete szűkül, fojtás alakul ki a rendszerben, aminek következtében a kompresszor alacsony nyomásra leáll. Olyan telepítéseknél, ahol az elpárologtató és az aggregát között jelentős magasságkülönbség van, a függőleges szakaszokban 3 méterenként olajzsákok beiktatása indokolt.

7.6.2 Hűtőrendszer – Egyedi, (DX) direkt expanziós, vízhűtésű kondenzátorral

A 7.25. ábrán hűtőkamrát kiszolgáló vízhűtésű kondenzátorral üzemelő hűtőberendezés egyszerűsített kapcsolási vázlata látható. Az automatikus vízszabályozó-szelep (6) a közel állandó kondenzációs nyomás tartásához szükséges vízárammal látja el a kondenzátort (2). A kompresszor (1) leállásakor kizárja az indokolatlan vízfogyasztást. A termosztatikus expanziós szeleppel (4) táplált elpárologtató (3) villamos leolvasztású. Az olvadákvíz elvezetőcsövön át távozik. A folyadékvezetékben lévő nedvességszűrő (8), az áramlás-, és nedvességjelző (7), a hűtőközegetöltet megfelelőségének és nedvesség-mentességének ellenőrzésére szolgál. A kézi elzárószelepek (9) és (10) a karbantartási, javítási munkák során az egyes részegységek kiiktathatóságát, illetve az üzemkész állapot helyreállítását szolgálják.

A berendezés kompresszorának védelmét a nagy-, (12) és a kisnyomású-oldal nyomáskapcsolói (11) adják. A hűtővíz kimaradásakor a nagynyomás-kapcsoló a kondenzációs nyomás megengedett maximális értékre való növekedésekor leállítja a motorkompresszort. A vízkimaradás megszüntét követően kisteljesítményű készülékeknél a kompresszor automatikusan visszakapcsol, a nagy berendezéseknél az újrainduláshoz kézi beavatkozásra van szükség. A szívóoldali nyomás megengedett értékre való lecsökkenésekor a kisnyomás-kapcsoló állítja le, majd a nyomás megemelkedésekor újraindítja a motorkompresszort. A berendezés szakaszos működésű. A hűtött térben a hőmérsékletet hőfokkapcsoló érzékeli. Amikor a hőmérséklet az előírt érték minimumára csökkent, a hőfokkapcsoló (termosztát) leállítja az elpárologtató ventilátorát vagy ventilátorait, ennek következtében a mágnesszelep (5) lezár, így az elpárologtató hűtőközeg ellátása megszűnik, és a berendezés szívóoldali nyomása csökken, a kisnyomás-kapcsoló lekapcsolja a nyomókompresszort. A hűtött

térben a hőmérséklet – a hűtés megszűnte következtében – emelkedik. A megengedett maximális érték elérésekor a termosztát indítja az elpárologtató ventilátorát, illetve a ventilátorait. Az ennek következtében emelkedő szívóoldali nyomás hatására a kisnyomású kapcsoló újraindítja a hűtést.



7.25. ábra. DX rendszer folyadékhűtésű kondenzátorral
 1. kompresszor; 2. vízhűtésű kondenzátor; 3. elpárologtató; 4. termosztatikus expanziós szelep; 5. mágnesszelep; 6. automatikus vízszabályozó szelep; 7. áramlás- és nedvességjelző; 8. szűrő; 9. golyós csap; 10. rotalock szelep; 11. alacsony nyomású nyomáskapcsoló; 12. magas nyomású nyomáskapcsoló; 13. duo nyomáskapcsoló

7.6.3 Csoportaggregát – egyhőmérséklet

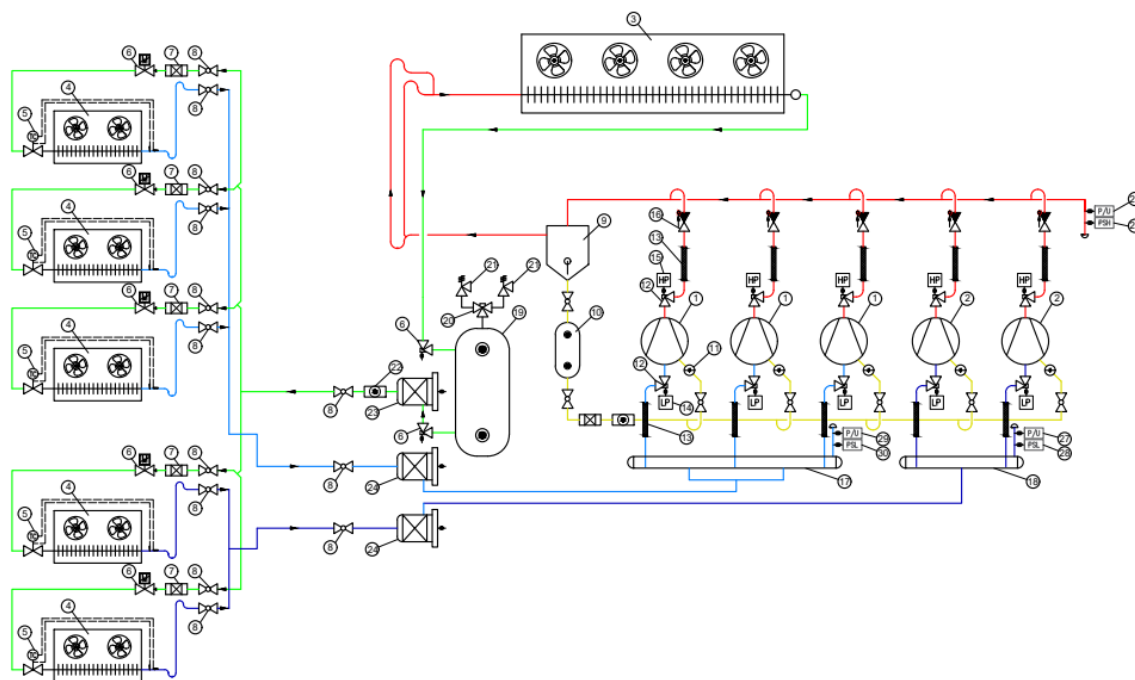
Lásd. példarendszer 7.4. fejezet.

7.6.4 Csoportaggregát – közös nyomócsöves, kéthőmérséklet:

A kéthőmérsékletű, közös nyomócsöves csoportaggregátok leggyakoribb alkalmazási területe a kereskedelmi hűtés, ahol nagyobb számú normál és mélyhűtő tartományú hűtési helyeket egyaránt ki kell szolgálni (7. 26 ábra).

A normál (MT) és a mélyhűtő (LT) tartományú kompresszorok a közös nyomócsőre dolgoznak, amelyen keresztül a hűtőközeg a léghűtésű kondenzátorba (3) jut. A cseppfolyósodott hűtőközeg a folyadéktartályba (19) folyik. A folyadék a közös folyadékvezetéken jut az elpárologtatókhoz (4), ahol különböző hőmérsékleti szinteken megtörténik a hőfelvétel. A hűtőközeg a normál és mélyhűtő szívóvezetékeken keresztül áramlik vissza a kompresszorokhoz.

Az olaj nagy részét az olajleválasztóban (9) leválasztjuk és az olajszt-szabályzókon (1) keresztül, szabályozottan engedjük vissza a kompresszorokba, amelyek a szabályozáson túl védelmi funkciót is ellátnak.



7.26. ábra. Csoportaggregát- közös nyomócsöves, kéthőmérséklet

1. MT kompresszor; 2. LT kompresszor; 3. léghűtésű kondenzátor; 4. elpárologtató; 5. termostikus expanziós szelep; 6. mágnesszelep; 7. folyadékszűrő; 8. golyós csap; 9. olajválasztó; 10. olajtartály; 11. olajsínt szabályzó; 12. rotalock szelep; 13. rezgésnyelő; 14. szívó oldali nyomáskapcsoló; 15. nyomó oldali nyomáskapcsoló; 16. visszacsapó szelep; 17. MT szívóoldali gyűjtőtartály; 18. LT szívóoldali gyűjtőtartály; 19. folyadékgyűjtő tartály; 20. váltószelep; 21. biztonsági lefúvató szelep; 22. áramlás és nedvesség jelző; 23. cserélhető betétes folyadékszűrő; 24. cserélhető betétes szívószűrő; 25. nyomástávadó; 26. nyomó oldali nyomáskapcsoló; 27. nyomástávadó; 28. LT szívó oldali nyomáskapcsoló; 29. nyomástávadó; 30. MT szívó oldali nyomáskapcsoló;

7.6.5 Freon hűtőközegű, (DX) száraz rendszerű elpárolgató, folyadékhűtő berendezés, léghűtésű kondenzátorral

Az alkalmazási területük a klimatechnika, az ipar, a mezőgazdaság stb. A hűtött folyadék lehet a hűtés közvetlen tárgya is, de gyakran ez a rendszer másodlagos közege (közvetítő közeg). A hűtött folyadék lehet, a kívánt hőmérsékletétől függően, víz vagy fagyálló folyadék. Előnye, hogy csökkenthető a szükséges hűtőközeg töltetmennyisége, illetve az emberi tartózkodásra szánt helyiségekben biztonságtechnikai szempontból előnyt élvez a közvetlen elpárolgatatású rendszerrel szemben.

A telepítés helyszínén részegységekből összeszerelt folyadékhűtőnél gyakrabban alkalmaznak gyárilag készre szerelt, hűtőközeggel, olajjal feltöltött folyadékhűtőket. Előnyük, hogy a telepítéskor a hűtőközegoldali szerelésre nincs szükség, csupán hűtött folyadékgoldali, természetes hűtőközegoldali csatlakoztatást és a villamoshálózatra való bekötést kell elvégezni. Egyaránt készülnek vízhűtésű és léghűtésű kondenzátoros kivitelben. A hűtőközegük jellemzően szénhidrogén bázisú.

A 7.27. ábrán látható hűtőkör dugattyús kompresszoros (1), léghűtésű kondenzátorral (2) működő, kiegészítő hőviszanyerő hőcserélővel (3) ellátott berendezés (a kapcsolási rajz nem tartalmazza az elzáró- és szervizszerelvényeket). A hőviszanyeréssel a kondenzáció hő egy része, de akár teljes egészében hasznosítható az üzem melegvízigényének ellátására. Ebben a kapcsolatban a hőhasznosító hőcserélő a körben vízhűtéses kondenzátorként azonosítható. A 7.27. ábrán látható berendezés helyszínén szerelt, de széles választék áll rendelkezésre kompakt gépek terén is.

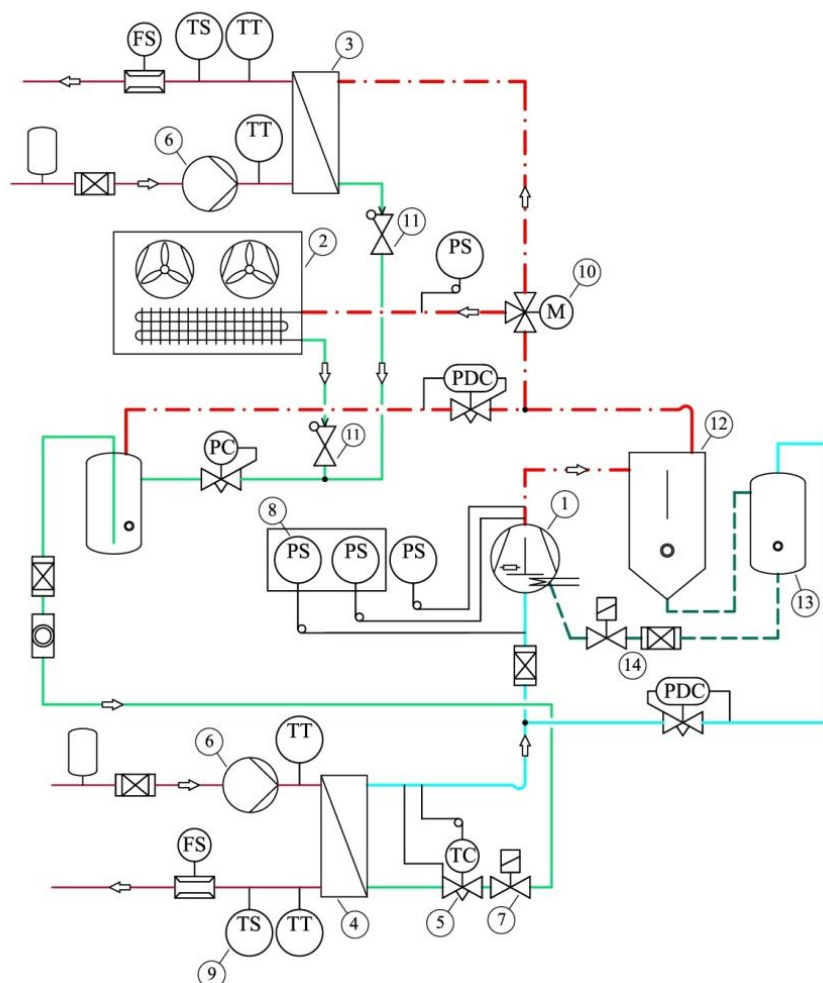
A rendszer elpárolgatója lemezes hőcserélő (4), melynek hűtőközeg oldalán a túlhevítési hőmérsékletre a termostátikus expanziós szelep (5) szabályoz. A hőcserélő másik oldalán vizet, de fagyponthoz közeli hőmérséklet esetén fagyálló folyadékot, keringtet a közvetítő szivattyú (6). A hűtés a berendezés kompresszorának védelmét alsó és felső nyomású oldali nyomáskapcsoló (8) biztosítja. Az alsó nyomáshatár kiválasztásának kiemelt szerepe van, hogy az alsó nyomáshoz tartozó telítési hőmérséklet magasabb legyen a közvetítő közeg fagyási hőmérsékleténél. Másképpen nem kívánatos fagyás következik be a hőcserélőben, mely természetesen a hűtőberendezést károsítja. A berendezés szakaszos működésű. Amikor a hűtendő közeg hőmérséklete eléri a megengedett hőmérsékletingadozás alsó határát a hőmérsékletérzékelő (a rajzon nem szerepel) termostát zárja a folyadékvezetékbe beépített mágnesszelepet (7). A folyadékbetáplálás megszűnte következtében csökkenő szívóoldali nyomást érzékelő nyomáskapcsoló leállítja a kompresszort, megszünteti a hűtést. A hűtés újraindításának szükségét a megengedett ingadozás felső határát elérő folyadék hőmérséklet jelzi. Ekkor a termostát nyitja a mágnesszelepet. Az emelkedő szívóoldali nyomást érzékelő nyomáskapcsoló indítja a kompresszort. Ez az ún. „pump down” leszívató üzem.

A hőhasznosítás a kondenzátorral párhuzamosan kapcsolt hőcserélőn (3) keresztül valósul meg. A kívánt melegvíz hőmérsékletet a három-járatú motoros szelep (10) állítja be, mely a hőcserélő kilépő oldali hőmérsékletje alapján szabályoz. Nagy fűtési igénykor a teljes térfogatáram a hőhasznosításra fordítható, de ha nincs igény, a közeg a kondenzátorban (2) cseppfolyósodik. A nem kívánt visszaáramlásokat a kondenzátorokba a visszacsapószelepek (11) akadályozzák meg.

Mivel nem garantálható, hogy az aggregát képes előállítani a mindenkor szükséges hőmennyiséget a hőhasznosítóban, kiegészítő vízmelegítésről gondoskodni kell.

A hőhasznosító telepítésére nagy figyelmet kell fordítani. Abban az esetben, ha kint, a léghűtésű kondenzátorhoz közel van telepítve, télen hosszú üzemszünet esetén (pld. év vége esetén) vízfagyás következhet be, ezért ilyen esetben gondoskodni kell arról, hogy hogy üritve legyen.

Nagyobb rendszereknél, ahol hosszúak a csővezetékek, indokolt az olajleválasztó (13) és az olaj visszavezető csővezeték (14) beépítése a körbe. Az ábrán látható módon – az olajgyűjtő nyomásának szabályozásával – a kompresszor karterterében mért olajszint folyamatos mérésével automatizálható az olajvisszavezetés.



7.27. Ábra: Folyadékűtés freonos hűtőberendezéssel léghűtésű kondenzátorral
 1-kompresszor; 2-kondenzátor; 3-hőhasznosító hőcserélő, 4-folyadékűtő hőcserélő, 5-
 termostikus expanziós szelep, 6-közvetítő közeg szivattyú, 7-mágnesszelep, 8-alacsony nyomás
 kapcsoló, 9-alacsony hőmérsékletkapcsoló, 10-háromjártatú motoros szelep, 11- visszacsapó
 szelep, 12-olajválasztó, 13-olajgyűjtő, 14-olaj visszavezető.

7.6.6 Folyadékűtő, elárasztott rendszerű elpárolgató, Freon (szénhidrogén) berendezés visszahűtött vízhűtésű kondenzátorral

A következő 7.28. ábra egy, a felállítás helyszínén összeszerelt folyadékűtő-berendezés kapcsolási sémáját mutatja be. Az ábra a hűtőközeg-körön kívül a hűtött folyadék körének egy részét, valamint a vízhűtésű kondenzátor hűtővízkörét is feltünteti. A fogyasztótól érkező felmelegedett folyadékot szivattyú (12) nyomja át a természetes cirkulációs körű elárasztott rendszerű elpárolgató (5) és a lehűlt folyadékot továbbítja a fogyasztóhoz. A hűtött folyadékkörbe a fogyasztói körtől függően, puffertartály (11), és zárt tárolástartály (13) beépítése is indokolt lehet. A berendezés biztonságát is szolgálja az FRC áramlás jelző (áramlásör) (14), valamint a TÍC hőmérsékletszabályozó (15).

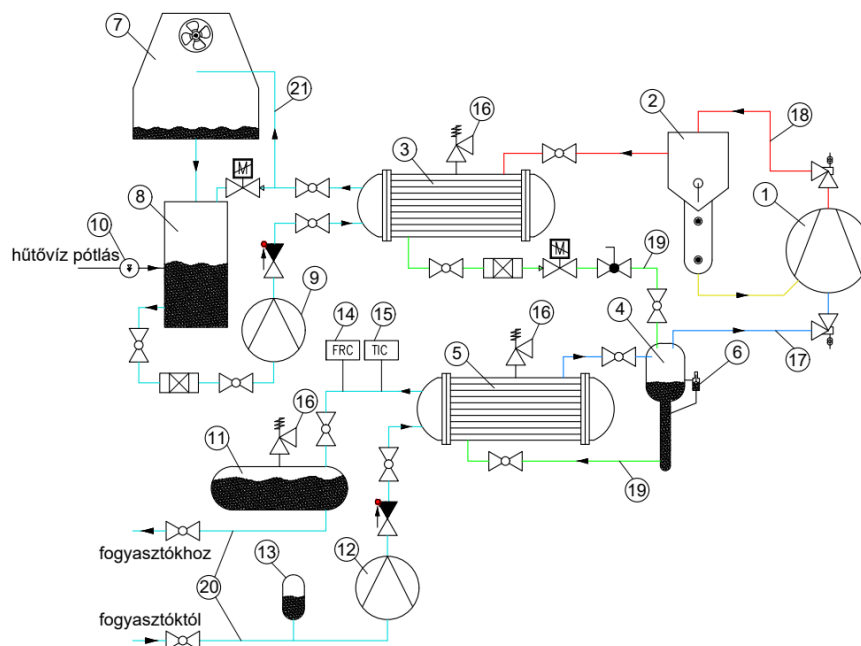
Az elpárolgató hűtőközeggel való ellátásáról a kisnyomású úszós adagoló (6) gondoskodik, előírt folyadékszintet tartva a folyadékleválasztóban. A kompresszor (1) a folyadékleválasztó (4) gőztéréből elszívott gőzt a hűtőtoronyba (7) visszahűtött vízzel hűtött csököteges kondenzátorba (3) szállítja. A kondenzátor egyben ellátja a folyadéktartály szerepét is. A kompresszor (1) nyomóoldalán, a nyomóvezetékbe beépített olajválasztóban (2) leválasztott olaj visszavezethető a kompresszorba.

A hűtővízkörben a kondenzátorban felmelegedett, és a hűtőtoronyban visszahűtött vizet a fagyveszélymentes helyen telepített víztartályból (8) a szivattyú (9) szállítja a kondenzátorhoz. A levegőbe bepárolgott víz pótlása a víztartály vízszintjéről vezérelt szintszabályozóval van megoldva.

A berendezés jellemzője, hogy a beépített elzáró szelepek révén az egyes részekiségek szükségessé váló karbantartása, javítása vagy cseréje esetén azok a rendszerből könnyen kiiktathatóak. A berendezés üzemének ellenőrizhetőségét a megfelelő helyeken felszerelt (illetve felszerelhető) nyomás- és hőmérsékletmérők biztosítják.

A kompresszor és az ezt hajtó motor (ábrán nem szereplő) védelmét szolgáló készülékeken kívül biztonsági lefúvató szelepek (16) védik a berendezést. A berendezés el van látva az üzembe helyezéshez, szervizeléshez szükséges szerelvényekkel is. Az ábra az előzőekhez hasonlóan nem tünteti fel a berendezés szabályozási és védelmi rendszerét.

A telepítés helyszínén részekiségekből összeszerelt folyadékűtőknél gyakrabban alkalmasnak tartják a gyárilag készre szerelt, hűtőközeggel, olajjal feltöltött folyadékűtőket. Előnyük, hogy a telepítéskor a hűtőközeggel való szerelésre nincs szükség, csupán a hűtött folyadékoldali, természetes hűtőközeggel való csatlakoztatást, és a villamoshálózatra való bekötést kell elvégezni.



7.28 ábra. Folyadékűtő berendezés visszahűtött vízűtűs kondenzátorral

1. kompresszor; 2. olajleválasztó; 3. vízűtűs kondenzátor; 4. folyadékleválasztó; 5. elpárologtató;
 6. kisnyomású úszós adagoló; 7. hűtőtorony; 8. víztartály; 9. hűtővíz szivattyú; 10. szintszabályzó;
 11. puffertartály; 12. hűtött folyadékot szállító szivattyú; 13. zárt tágulási tartály; 14. áramlásőr;
 15. hőmérséklet szabályzó; 16. biztonsági lefúvató szelep; 17. szívóvezeték; 18. nyomóvezeték;
 19. folyadékvezeték; 20. hűtött folyadék vezeték; 21. hűtővíz vezeték;

7.6.7 Ammónia (NH₃) hűtőközeggű folyadékűtő berendezés, léghűtűsű kondenzátorral

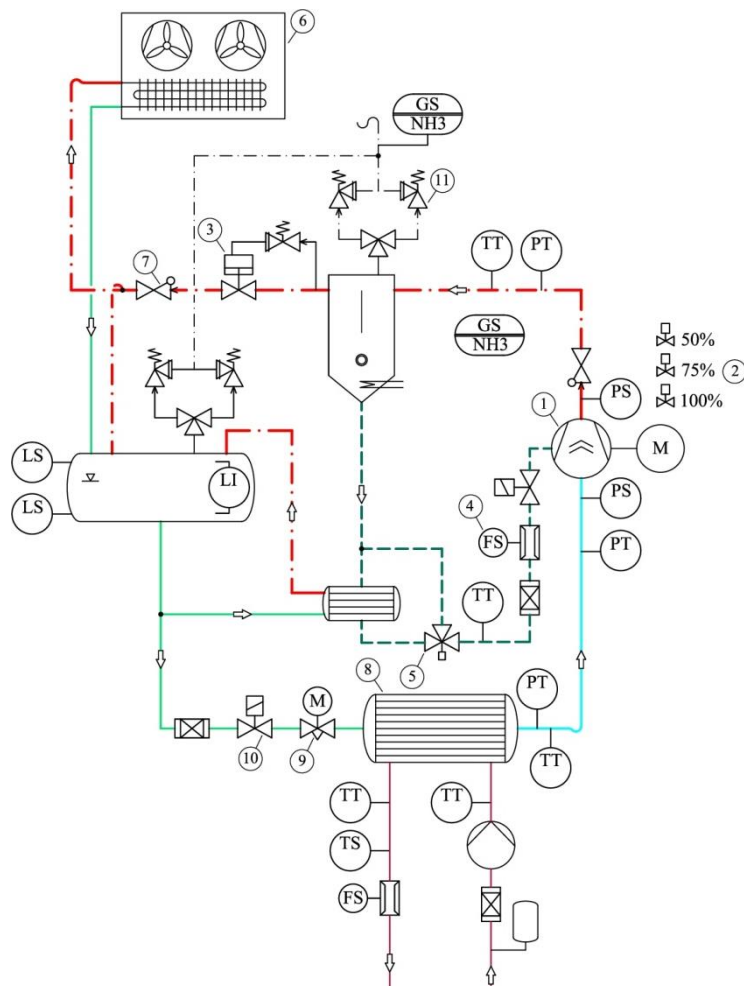
Nagyobb hűtési igényű létesítményeknél érdemes megfontolni ammónia hűtőközeg használatát folyadékűtő berendezéshez. Csavarkompresszor használatával kihasználható az ammónia nagy fajlagos hűtőteltjesítménye, és a berendezéstípus méretéhez viszonyított nagy teljesítménye.

A 7.29. ábrán látható csavarkompresszor (1) teljesítményszabályozása 3 fokozatban történik (ellentétben a tolattyús szabályozással). Csavarkompresszorok használatánál ügyelni kell arra, hogy a nagynyomású oldalon meglegyen az olajozáshoz szükséges nyomás még alacsony külső hőmérséklet esetén is. Ezt az olajleválasztó után beépített nyomástartó szelep (3) állítja be. A kompresszor folyamatos olajozását az olajkörbe beépített áramlásőr (4) ellenőrzi, mely elégtelen olajozás esetén leállítja a kompresszort.

Az olaj megfelelő hőmérsékletét az olajkörbe épített ammóniával elárasztott hőcserélő (8) és az azt megkerülő háromjártatú termosztatikus by-pass szelep (5) végzi. Az itt elpárologtolt hűtőközeggűt a léghűtűsű kondenzátor (6) hűti vissza a nyomáskiegyenlítő ágon keresztül. Ebben a kapcsolásban visszacsapószelep (7) akadályozza meg a tartályból való visszaáramlást a kompresszorok felé.

A rendszer elpárologtatója nyalábcsőves hőcserélő (8), melybe az adagolás a motoros szelepen (9) keresztül történik. A motoros szelepek normál esetben nincsenek felkészítve arra, hogy áramkimaradáskor lezárjanak, ezért célszerű eléjük mágnesszelepet (10) beépíteni, mely üzemszünetben is lezárja az adagoló ágat. Az adagolás a hűtési igény meglétekor indul be, amivel együtt a kompresszorok üzemét is engedélyezzük.

A csőhálózat szilárdságát telepítéskor az előírásoknak megfelelően, szakszerűen kell hitelesíteni. A méretezési nyomás meghaladásakor a nyomástartó berendezésként jegyzett edényeken elhelyezett biztonsági lefúvató szelepeken (11) keresztül csökkenthető a túlnyomás. Mivel az ammónia mérgező, a lefúvató ágat úgy kell kiépíteni, hogy az nyitáskor emberi épséget ne veszélyeztethessen, illetve elég magasan legyen, min. 2 m magassággal meghaladva a környező épületeket.



7.29. ábra. Ammónia közegű folyadékűtő, léghűtésű kondenzátorral
 1-kompresszor, 2-vezérlődugattyúk, 3-nyomásszabályzó szelep, 4-áramláskapcsoló, 5-háromjártatú termosztatikus szelep, 6-kondenzátor, 7-visszacsapó szelep, 8-hőcserélő, 9-motoros expanziós szelep, 10-mágnesszelep, 11-lefúvató szelep

7.6.8 Ammónia hűtőközegű, kétfokozatú elárasztott rendszerű

7.6.8.1 Az Ammónia hűtőközeg – gépház

Ipari méretű létesítményekben, ahol akár több hőmérséklet szinten is hűtési igény jelentkezik, kihasználható az ammónia hűtőközeg kiemelkedő fajlagos hűtési teljesítménye. A közeg az elsők között hódított teret az élelmiszeriparban és alkalmazása a mai napig nélkülözhetetlen.

Általában $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti hőmérséklet létesítésére, fenntartására alkalmazzuk a kettő, ill. a többfokozatú hűtőberendezést.

A berendezés és elemei külön kijelölt területén (a gépházban és a kondenzátor terén) kapnak helyet (7.30. ábra). A gépházban a kompresszorok, a folyadékleválasztó, a folyadékszivattyúk és más, a stabil folyamat fenntartásához tartozó segédberendezések találhatók. A kondenzátor természetesen kint kap helyet.

A hűtendő terek jellemzően a létesítmény más épületeiben találhatók, ahol ennek megfelelően az elpárologtatók telepítése is szükséges. Az hűtési üzem és az leolvasztások automatizálásához az elpárologtató előtt szelepcsoport kiépítése szükséges. A szelepcsoport végzi a hűtőközeg beadagolását, valamint az ütemezés szerinti leolvasztásokat (7.31. ábra).

A 7.30. ábra egy jellemzően R717 (ammónia) hűtőközegű berendezés felépítésére mutat példát. A berendezés több hőfokszinten jelentkező hűtési igényű üzem ellátására alkalmas. A berendezés automatikus üzeméhez szükséges fő elemeket tartalmazza. A szerviz- és elzárószerelvények a kapcsoláson nincsenek feltüntetve, ezeket tervezéskor a helyi adottságoknak és az igényeknek megfelelően kell elhelyezni.

A hűtőkör kétfokozatú; az alsó és felső fokozatú csavar kompresszorokból (1), (2) állnak. A fokozatok szükségességét a különböző hőfokon jelentkező hűtési igények és a gazdaságos üzemeltetés indokolja. A berendezés teljesítményének nagysága indokolja a hűtési teljesítményének szabályozását, amely végezhető frekvenciaváltóval, vagy hagyományos módon tolattyú pozícióváltóztatással. Az ipari méretű csavarkompresszorok aggregátként egységet alkotnak. A biztonságos üzemhez szükséges összes segédberendezést, műszert, beleértve az olajozási rendszert (3) is tartalmazzák. A gyártó által biztosított vezérlő felületen megadhatók az üzem paraméterek és lehetőség van kommunikáció kiépítésére a központi vezérlés részére is.

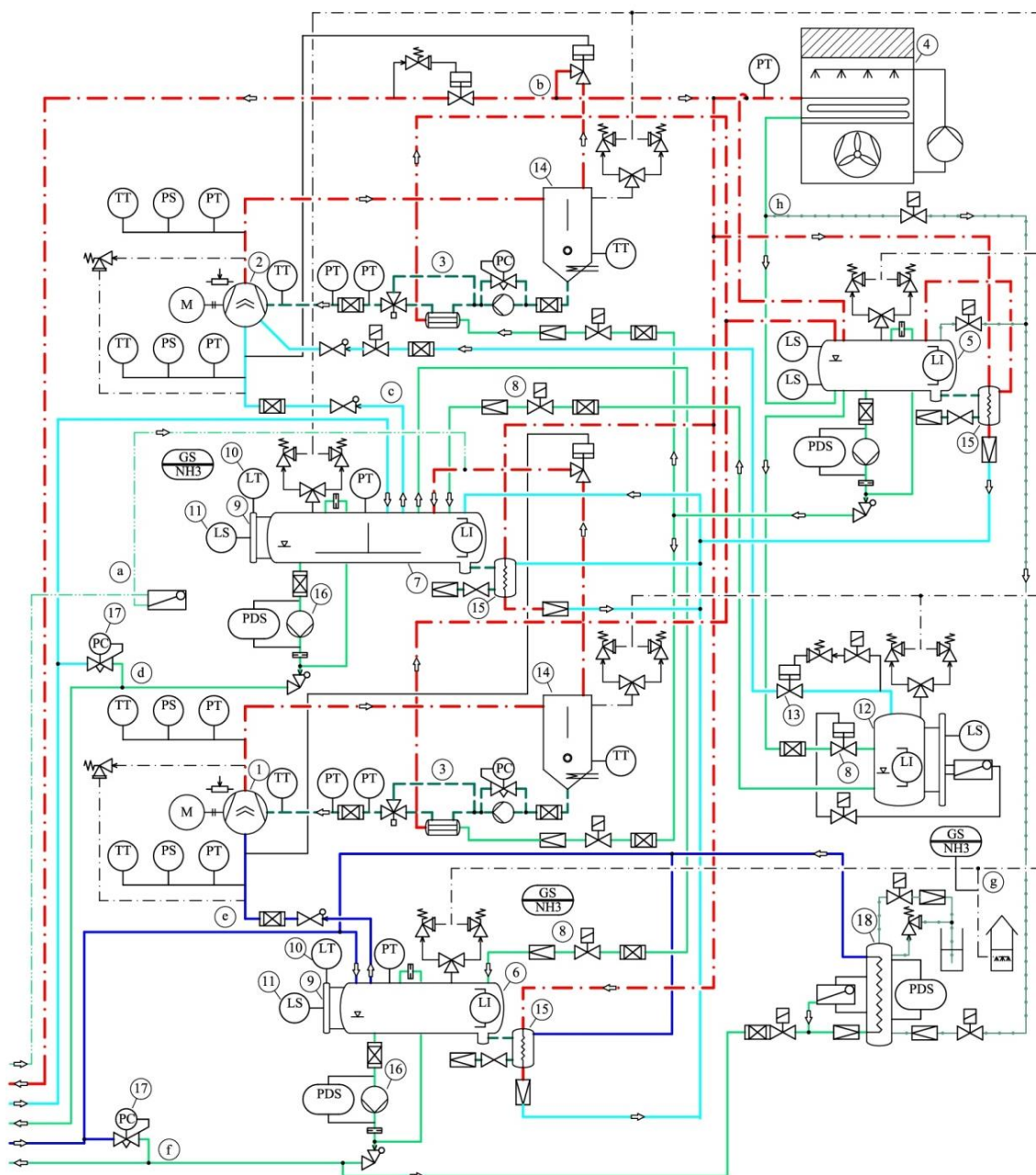
A felsőfokozatú kompresszor (2) által szállított enyhe hevített gőzt az evaporatív kondenzátorokban (4) cseppfolyósítjuk. Az evaporatív kondenzátor elnevezés arra utal, hogy a kondenzációs hő elszállítása meghatározóan a telítetlen levegőbe való vízbepárolgásra alapozott. A kondenzátor csöveiben kondenzálódik az oda bevezetett túlhevített gőzállapotú hűtőközeg. A csöveken kívül, a felfele áramló telítetlen levegőbe vizet permetezünk be. A kondenzációs hő hatására a víz egy része elpárolog, a másik részét a kondenzátor alján elhelyezett tálcán összegyűjtjük, és szivattyú segítségével újrapertmetezzük, a telítetlen levegőbe párolgott víz telítetté teszi és a kondenzátorból, ventilátor segítségével a szabadba távozik. Az evaporatív kondenzátor alkalmazásánál alacsonyabb kondenzációs hőmérséklet és ehhez tartozó nyomás szükséges a hűtőtorony alkalmazása esetén, ami magasabb COP értékkel érhető el. Mivel az elpárolgott vizet pótolni kell, azért a megfelelő mennyiségű és minőségű vizet kell biztosítani. Téli üzemben a kondenzátor víz nélkül üzemel, mert a fagypon alatti környezeti hőmérsékletnél a víz a kondenzátor csövek külső felületére fagyhat és ronszolhatja a csőhálózatot.

Az elárasztott rendszerű elpárologtató hűtőkörben a kompresszorok a folyadéktartályok nyomását szabályozzák. A folyadékedényekben a hűtőközeg telített folyadék állapotban van és annak hőmérsékletét a nyomása meghatározza. A rendszerben megkülönböztethetőek a gyűjtő- (5), a leválasztó- (6) és a közbenső- (7) edények. A gyűjtőedény feladata a kondenzátorból érkező folyékony közeg eltárolása, valamint az igényelt hűtőközegmennyiség időbeni változása miatt az elpárologtatókban kialakuló töltetingszint elnyelése.

A 7.30. ábrán a leválasztó edények az elpárologtatók felől érkező gőz- és folyadékfázisok szétválasztására állnak rendelkezésre. A gravitációs elven működő szétválasztás hatására a visszatérő folyadék az edény folyadék töltetét gyarapítja, a gőz pedig a kompresszorok által elszívásra kerül. Az edényben, a bevitt hő hatására képződött gőzt a kompresszorok szállítják, hogy a kívánt hőmérsékletre tartozó nyomást tartsuk. Az elszállított töltetmennyiséget a beadagoló ágon (8) keresztül pótoljuk, úgy, hogy az üzemi folyadékszintet ne haladja meg. A töltetmennyiség folyamatos szinten tartását a tartály folyadékszintjét követő állványcsőbe (9) szerelt szintérzékelő (10) valósítja meg, kiegészítő védelemként a felső vésszint magasságában egy szintkapcsoló (11) avatkozik be. A kompresszorok magas folyadékszint esetén folyadékot is szívhatnak, ami a rotorok károsodásához vezet.

A felső fokozat tartálya egyben közbenső és folyadékleválasztó edényként is üzemel. Az előbbi edény minden funkcióján kívül lehetőséget ad még az alsó fokozatú kompresszor felől érkező hűtőközegáram visszahűtésére, így javítva a felső fokozati kompresszorok szállítási fokát és hatásfokát. Hogy csökkentsük a fojtási veszteségeket, azaz, hogy a nyomáscsökkentés során keletkező gőz mennyiségét csökkentsük, az alsó fokozat beadagolását a közbenső edény folyadékfázisából végezzük.

A közbenső edénybe való beadagolás előtt lehetőség van a forgalmazott hűtőközeg utóhűtésére, mely az ún. *economizer* edényben (12) történik. A leválasztóban a kondenzációs és közbenső közötti nyomás uralkodik, melyet nyomásszabályozás (13) révén a felsőfokozati kompresszor erre kialakított szívócsőnkjén keresztül tartunk. A kompresszor ezen az ágon csak maximális kapacitás mellett szív, ezért gondoskodni kell a leválaszthatóságáról. Az *economizer* edény használatával csökkenthető a közbenső tartályba való beadagolás során keletkező gőz mennyisége, ami növeli a berendezések energetikai hatékonyságát.



7.30. ábra. Feldolgozó és mélyhűtő kétfokozatú ammóniás berendezés
 1-első fokozati kompresszor, 2-felső fokozati kompresszor, 3-olajkör, 4-kondenzátor, 5-
 folyadékgyűjtő, 6-alsófokozati leválasztó, 7-közbenső edény, 8-hűtőközeg beadagoló ág, 9-
 állványcső, 10-szinttávadó, 11-szintkapcsoló, 12-economizer edény, 13-főszelep, 14-olajleválasztó,
 15-olajzsili, 16-hűtőközeg szivattyú, 17-automata légtelenítő vezetékek: a-ürítő, b-meleggáz, c-
 közbenső szívó, d- közbenső szivattyús előremenő, e-alsó fokozat szívó, f-alsó fokozat szivattyús
 előremenő, g-lefűtő, h-légtelenítő ág; 18- légtelenítő

A kompresszorok által szállított hűtőközeg nagy mennyiségben olajat tartalmaz. Az olajleválasztó edény (14) feladata ennek az olajnak a lehető legalaposabb elkülönítése a tovább szállítandó hűtőközegtől. A leválasztó edényben az olajat megfelelő üzemi hőmérsékleten kell tartani, még akkor is, ha a kompresszor nem üzemel, ezért fűtőbetéteket kell alkalmazni. A leválasztókon keresztül jutó olaj az edény alján kialakított zsompokból leüríthető az ábrán feltüntetett zsilipeken (15) keresztül. Nagyobb rendszereknél célszerű automatikus olajvisszavezető rendszert kiépíteni. A hűtőközegvesztés minimalizálása végett, a zsilipeket meleggázzal fűtik csőhálózaton keresztül, aminek hatására az illékonyabb hűtőközeg a hozzá tartozó edényzet gőzterébe távozik. A folyadékszállítását speciális szivattyúk (16) végzik, melyek emelőmagassága a teljes elpárolgás melletti térfogatáram 3-5-szöröse mellett a csőhálózat nyomásesésével kell megegyezzen. Térfogatáramukat az üzemi tartományukon belül kell tartani az erre alkalmas peremekkel. Állásidőben a szivattyú belsejében gőz képződik,

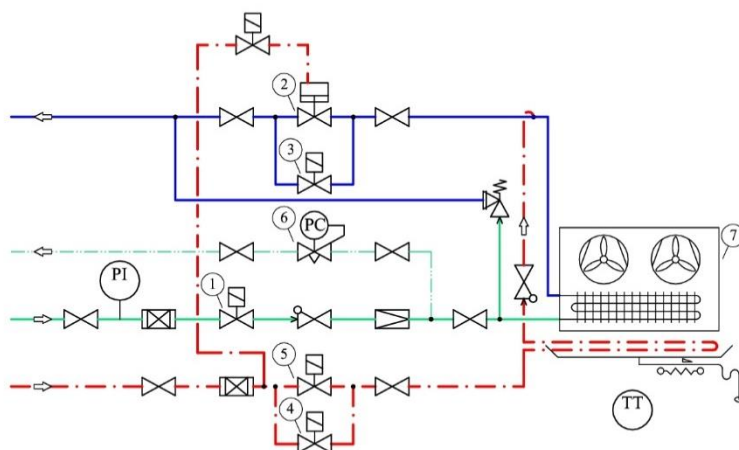
melynek egyszerű eltávolíthatóságáról gondoskodni kell. A szivattyú előre menő ágakat nyomáshatároló szelepek (17) védik a túlnyomástól.

abban az esetben, ha az alsó fokozatban uralkodó nyomás alacsonyabb a légköri nyomásnál, a csatlakozási pontoknál rossz tömítés miatt a környező levegő bejuthat a rendszerbe. A levegő az uralkodó nyomáson és hőmérsékleten a kondenzátorban nem kondenzálódik, ezért a rendszerből el kell távolítani, az erre alkalmas pontoknál az automata (18) légtelenítő segítségével történik.

7.6.8.2 Ammónia hűtőközegű elárasztott rendszer (szelepcsoport)

Ezeket a szelepcsoportokat a meleggáz leolvasztású elpárolgatóknál alkalmazzák. Az alapvető feladatuk, hogy az elpárolgatóknál mind a hűtési és az üzemszüneti, valamint a leolvasztási üzemmódokat is biztosítható legyen (7.31. ábra).

Annak a szelep csoportnak a működését egy központ vezérlőegység irányítja. Általában úgy történik, hogy a hűtendő teremhőmérséklet értékeket folyamatosan kell továbbítani a központi vezérlőegység felé, mely ezeket regisztrálja, és az eltérés, valamint az idő függvényében üzemmódot választ, és annak függvényében nyitja és zárja a szelepeket, ahogy a (7. 7.) táblázat mutatja.



7.31. ábra. Ammóniás szelepcsoport

1-folyadék mágnesszelep, 2-főszelep, 3-szívó by-pass szelep, 4-meleggáz by-pass szelep, 5-meleggáz-mágnesszelep, 6-nyomásszabályzó-szelep, 7-elpárolgató

Üzemmód	1	2	3	4	5	6
Hűtés	nyitva	nyitva	zárva	zárva	zárva	zárva
Leolvasztás	zárva	zárva	zárva	nyitva	nyitva	nyitva
Szünet	zárva	zárva	nyitva	zárva	zárva	zárva

7.7. táblázat. A szelepek állása a különböző üzemmódban

A hűtési üzemmódban, ill. az üzemi feltételek adottak, a központi vezérlőegység a folyadék mágnesszelepet (1) és a szívóvezetékben telepített főszelepet (2) nyitja, így az elpárolgató hűtőközeg ellátását és egyben az elpárolgatóban, a hűtés hatására keletkezett gőz elszívását biztosítja. Ezen idő alatt a szívó by-pass (3) és meleggáz by-pass (4), valamint a meleggáz by-pass (5), a nyomásszabályzó (6) szelepek zárva vannak. A léghűtő ventilátorai is működnek. Ez elpárolgatóban p_o elpárolgási nyomás uralkodik.

A leolvasztási üzemmód:

Az elpárolgató leolvasztása meleggázzal, ütemezetten történik. Ennek az üzemnek feltétele, hogy legalább egy felsőfokozati kompresszor üzemeljen és meleggázt szolgáltatson. A leolvasztási üzemmód indítása előtt az elpárolgató folyadék betáplálása folyadék mágnesszelep (1) és a szívó oldalon telepített főszelep (2) zárva, ill. a meleggáz by-pass (4), (5) szelepek nyitva vannak, és a nyomásszabályzó szelep (6) az elpárolgatóban uralkodó nyomást szabályozza; ill. a kondenzátumot a közbenső edény felé engedi át. Az üzemmódban a ventilátorok nem működnek. Ilyen üzemmód mellett az elpárolgatóban a $p_c > p_o$ kondenzációs nyomás uralkodik.

A folyamat kezdetén a meleggáz főágot megkerülő (4) kisebb keresztmetszeten keresztül történik meg a nyomáskiegyenlítés (a leolvasztás nyomását kézi beállítású nyomáshatároló szeleppel kell beállítani). A

nyomáskiegyenlítés után a meleggáz mágnesszelep (5) nyit. A fő leolvasztási ciklus alatt az elpárologtatóban keletkező kondenzátum eltávolítása az ürítő vezetéken, a nyomástartó szelepen (6) át történik. A távozó közeget úszós adagoló juttatja a közbenső edénybe. A leolvasztási ciklus befejeztével a meleggáz mágnesszelep (5) lezár, a szívó megkerülő ágon (3) keresztül a berendezésben uralkodó nyomás az elpárolgási szintre egyenlítődik ki. Mielőtt elindulnak a ventilátorok, az elpárologtatót (7) a folyadék mágnesszelepen (1) keresztül elárasztjuk, hogy a csőregiszteren (a hőcserélő külső felületén) megmaradt vízcseppek megfagyjanak, a légáram útján ne kerüljenek a terembe. Az elpárologtató cseptálcáját, ill. a vizet elvezető csövek fűtéséről gondoskodni kell, ahogy az ábrán látható a cseptálcá meleggáz, míg a vízlevezető csövek pedig villamos fűtésűek.

Üzemszünetben a folyadék mágnesszelep (1) és szívóági főszelep (2) lezár. Ezzel együtt egy kisebb keresztmetszetű megkerülő vezetéken a mágnesszelep (3) nyit, hogy a környezet melegítő hatására az elpárologtató leürítése biztosított legyen. A megkerülő szelep (3) és a szívóági főszelep (2) működése ellentétes, de leolvasztási ciklus alatt (amikor a meleggáz mágnesszelep nyit), természetesen zárva vannak. Az üzemmódban a ventilátorok nem üzemelnek.

7.6.9 R744 CO₂ rendszerek

7.6.9.1 A CO₂ tulajdonságai

A R744 (CO₂) szén-dioxid környezetbarát hűtőközeg (ODP=0, GWP=1). Az egészségre ártalmatlan, nem tűzveszélyes, ezért a 378 EN6 2016 szabvány „A1” csoportban sorolja. Figyelemmel kell lenni azonban arra, hogy a CO₂ a levegőnél nehezebb gáz, kiömlése esetén a helységek alsó részében gyűlik össze, és fulladást okozhat. Régebben ezt használták „biztonságos” hűtőközegként az ammónia helyett a klímaberendezésekben, hajókon, stb. Újabban megint több helyen alkalmazzák.

A CO₂ hűtőközeggel működő hűtőberendezéseknél a többi hűtőközegtől eltérő fizikai jellemzői miatt nagy figyelmet kell fordítani a méretezésére, üzemeltetésére.

A szén-dioxid számos olyan tulajdonsággal rendelkezik, amely rendkívül előnyös a hűtőközegként történő alkalmazás során. Hővezetési tényezője nagyobb, sűrűsége kisebb, fajhője és párolgáshője magasabb, az adiabatikus kitevője (Cp/Cv) magasabb, mint a HFC (R134a, R404A) közegeké, míg a dinamikus viszkozitása alacsonyabb, mely a berendezések oldaláról számos előnnyel jár. A nagy sűrűség, nagy hatásosfokú hőcserélőket eredményez, illetve kisebb átmérőjű csővezetés használatát teszi lehetővé.

Az előnyök mellett azonban fontos megjegyezni a szén-dioxid hűtőközegként történő alkalmazásának nehézségeit is vannak. A kritikus hőmérséklete 31°C és ehhez tartozó kritikus nyomása igen nagy, 73,8 bar. Emiatt nyáron a természetes közeggel nem kondenzálható. Az alacsony kritikus ponti hőmérséklet miatt nehézkes a szén-dioxid használata egyfokozatú rendszerekben szubkritikus üzemben – emiatt transzkritikus rendszerekben alkalmazzák. Ilyen esetben a hőleadás a szuperkritikus tartományban; a kritikus nyomásnál magasabb (80...110 bar) nyomáson történik, és ilyen esetben a CO₂ gáz állapotban marad. Ehhez költséges berendezésekre van szükség, illetve az ilyen magas nyomás komoly megbízhatósági és biztonsági problémákat eredményezhet.

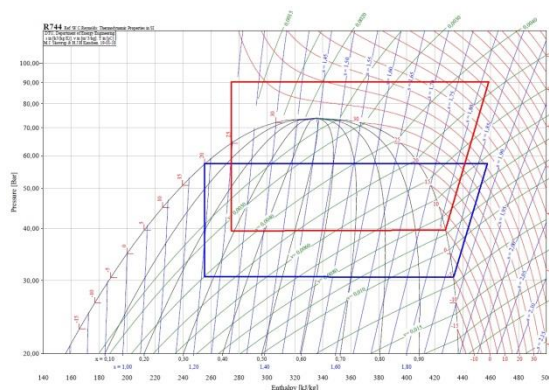
A szén-dioxiddal üzemelő rendszerek tervezési nyomásának megválasztásánál két szempontot szükséges figyelembe venni:

- a leállás esetén uralkodó nyomást
- a leolvasztás során szükséges nyomást

Előbbi azért fontos, mert nyomásszabályozás nélkül a rendszer leállásakor a környező levegő hőtartalmának elvonása miatt megnő az uralkodó nyomás. A szubkritikus folyamatok esetén a leállási nyomás szabályozására nincs szükség. A gyakorlatban alkalmazott megoldás a nyomás megválasztásánál az, hogy az adott hőmérsékletre tartozó telítési nyomásnál 15 százalékkal magasabb értékre méretezik a berendezéseket.

7.6.9.2 Egyfokozatú CO₂ transzkritikus berendezés

A berendezés ún. transzkritikus „átmeneti” üzemmódban a környezeti levegő hőmérsékletétől függően szub-, vagy szuperkritikus üzemmódban üzemel. Az alacsony környezeti levegő hőmérséklete esetén ún. „szubkritikus” üzemmódban üzemel, azaz a berendezés a hagyományos hűtőberendezés működésével azonos; a hűtőközeg a hőleadás során a kondenzátorban kondenzálódik, és folyadék állapotba kerül (7.32 ábra). Magas környezeti levegő hőmérséklete esetén ún. „szuperkritikus” üzemmódban üzemel; a hűtőközeg hőleadása során fázisváltás – azaz kondenzáció – nem történik, hanem gázállapotban marad a gázhűtőben (7.32. ábra).



7.32. ábra. CO₂ körfolyamatai Log p-h diagramban, szubkritikus (kék), szuperkritikus (piros)

A 7.33. ábrán CO₂ hűtőközeggel működő kamra hűtését szolgáló, hűtőberendezés egyszerűsített kapcsolási vázlat látható. A kamra kényszer-légcirkulációs hűtésű. A folyamatos hűtési igény szállítására alkalmas, közvetlen elpárolgatású felületi légűtő (elpárolgatót) (1) alkalmazunk. A saját ventilátora, ill. ventilátorok biztosítják a hűtött tér megfelelő átöblítését, az egyenletes hőmérsékleteloszlást. A folyékony hűtőközeggel való ellátásáról a motoros expanziós szelep (3) gondoskodik. A hőfelvétel során elpárolgott hűtőközeget a kompresszor (1) szállítja, az olajleválasztón (12) keresztül a környezeti légűtésű hőcserélőbe (4), ahol a hőleadás a környezeti levegőnek történik. Mielőtt a hűtőközeg a szívóvezetékben a kompresszorba kerül, enyhe túlhevítést kap az közbenső edényben beépített felületi hőcserélőn (5) keresztül. Ezzel biztosíthatjuk a kompresszor védelmét a folyadékütés ellen.

Szubkritikus üzemmód:

Ebben az esetben, ha a környezeti levegő hőmérséklete alacsony, akkor a hőcserélő (4) *kondenzátor*-ként üzemel. A kondenzátum a közbenső edénybe (5) kerül, ahol az elpárolgatóból szívott hűtőközeggel az utóhűtést biztosítjuk. Az utóhűtött folyadék a közbenső edényből a motoros expanziós szelepen (2) át jut az elpárolgatóba. Ilyen esetben a motoros expanziós szelep (6) teljesen nyitva, a motoros expanziós szelep (7) zárva van.

(például 0 °C-os környezeti levegő esetén: az elpárolgatóban az elpárolgási hőmérséklet $t_0 = -8^\circ\text{C}$, és az ehhez tartozó elpárolgási nyomás $p_0 = 22$ bar, a kondenzátorban a kondenzáció hőmérséklet $t_c = 7^\circ\text{C}$, a nyomás $p_c = 40$ bar, a közbenső edényben a p_c uralkodik).

Szuperkritikus üzemmód:

Magas környezeti levegő hőmérséklet esetén a hőcserélő (4) *gázűtő*-ként üzemel. Az elpárolgott hűtőközeget a kompresszor a gázűtőbe szállítja, ahol állandó magas nyomáson hűl le és a környezeti levegő hőmérsékletéhez közelít, de itt kondenzáció nem történik, és túlhevített állapotban marad. A hagyományos hűtőkörfolyamattól eltérően a gőznyomás a gázűtő (a hagyományos hűtőkörben: kondenzátor) után nem egy lépcsőben csökken az elpárolgási nyomásra, hanem a nyomáscsökkenés két lépcsős fojtással történik:

Első lépésben a gőz nyomása a motoros expanziós szelepen (6) át a közbenső edényben uralkodó nyomásra csökken, és a nedves mezőbe kerül, így egy része gőz halmazállapotú marad, míg másik része folyadék fázisúvá válik.

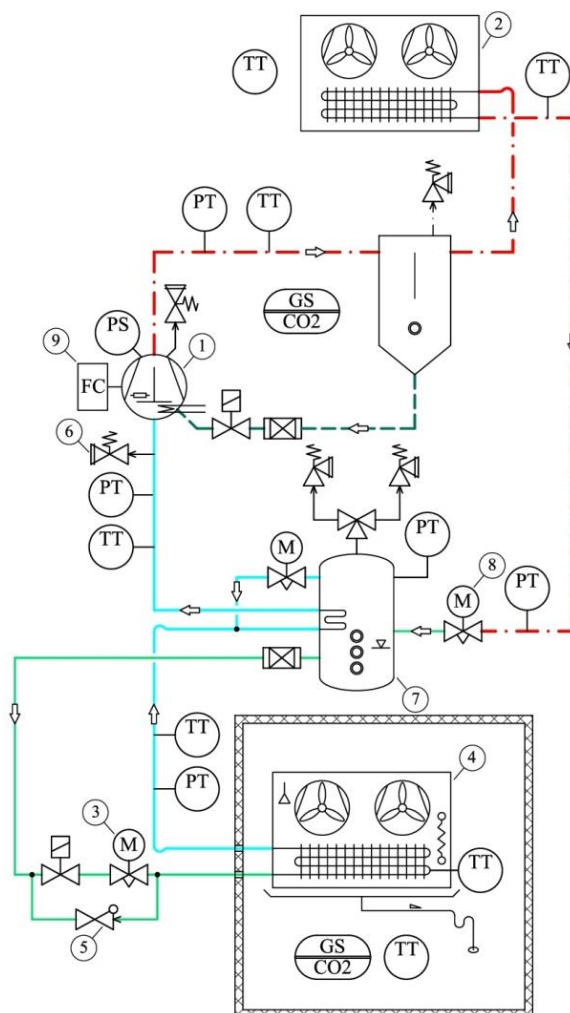
A második lépésben a folyadék nyomása a motoros expanziós szelepen (3) át az elpárolgási nyomásra csökken, és az elpárolgatóba kerül, ahol elpárolog. Az ott elpárolgott gőzt a kompresszor szállítja a gázűtőbe. A gőz nyomása pedig a képen nem számozott motoros expanziós szelep segítségével szabályozottan, az elpárolgási nyomásra csökken és hozzákeveri az elpárolgatóból jövő gőzárammal a szívóvezetékbe.

A közbenső edényben uralkodó középnyomást automatikusan a nem számozott és motoros központi vezérlésű expanziós szelepek (8) úgy állítják be, hogy mindig a legmagasabb COP legyen elérhető (például: 33 °C-os környezeti levegő esetén az elpárolgatóban $t_0 = -8^\circ\text{C}$, $p_0 = 22$ bar, a gázűtőben az uralkodó nyomás 105 bar, hőmérséklete 40 °C, a középnyomás 40 bar, a közbenső edényben 40 bar uralkodik).

A kompresszió után a nyomás elérheti a 120 bar-t, ezért a csővezeték méretezésekor ennek tartására alkalmas anyagokat kell választani. CO₂ közeghez külön berendezések állnak rendelkezésre.

A berendezés leállítása úgy történik, mint a hagyományos hűtőberendezésnél, „pump down” leállítás; az ábrán nem számozott mágnes szelep elzárja a folyadékadagolást az elpárolgató számára, annak következtében a kompresszor leszívja az elpárolgatót az alsó nyomáshatárig és leáll.

Fontos, hogy áramkimaradás esetén az elpárologtatóban az ott maradt folyadék nyomása ugrásszerűen növekszik. Ennek elkerülése érdekében megkerülő „by-pass” vezetékbe a visszacsapó szelep (5) be van építve, így az elpárologtatóban maradt hűtőközeget a folyadékgáton keresztül a közbenső edénybe juttatja vissza. A biztonsági szelepeknek mindig közvetlenül a szabadba kell nyitniuk, ellenkező esetben a csővezetékben jégdugó keletkezik.



7.33. ábra. Transzkritikus üzemű szén-dioxid közegű kamrahűtő
 1-kompresszor, 2-gázhűtő/kondenzátor, 3-motoros expanziós szelep, 4-elpárologtató, 5-visszacsapó szelep, 6-biztonsági lefűvató szelep, 7-közbenső edény, 8-motoros expanziós szelep, 9-frekvenciaváltó

7.6.9.3 CO₂ Kaszkád rendszerek

Általában a kaszkád rendszereket a kereskedelmi és az ipari hűtés területén alkalmazzuk. Alacsony elpárolgási hőmérséklet létesítésére szolgálnak. A kaszkád rendszerek a kétfokozatú kompresszoros a 7.30. ábrán látható ammóniás rendszerhez hasonlítanak, de az alsó és a felső fokozatban más-más hűtőközeget és a közbenső edény helyett felületi hőcserélőt alkalmazunk. Az alsó és a felső hűtőkörfolyamat külön-külön, egy fokozatú kompresszoros berendezést képeznek, a felületi hőcserélő, az alsó fokozat kondenzátoraként, és a felső fokozat elpárologtatójaként játszik szerepet. Az alsó fokozatban alkalmazott hűtőközeg kiválasztása úgy történik, hogy a kívánt alacsony elpárolgási hőmérséklet létesítéséhez tartozó nyomás a légköri nyomásnál magasabb legyen, ezzel a vákuum elkerülhető a berendezésben (7.7. táblázat). Erre a feladatra a CO₂ hűtőközeg alkalmazható.

	CO ₂ [bar]	NH ₃ [bar]	R134a [bar]
--	--------------------------	--------------------------	----------------

$t_o = -40 [^{\circ}\text{C}]$	10,04	0,716	0,512
$t_o = -35 [^{\circ}\text{C}]$	11,89	0,926	0,653
$t_o = -30 [^{\circ}\text{C}]$	14,42	1,194	0,843

7.7. táblázat. Nyomásértékek különböző hűtőközegeknél

A kaszkádkapcsolást általában HFC (R134a)/CO₂ (kereskedelmi) és R717 /CO₂ (ipari) hűtőközeg párokkal alkalmazzák, használata tisztán Freon hűtőközegű hűtőrendszerénél nem jellemző.

Amennyiben vannak a normál hűtőkörben hűtési pozíciók, akkor az alsó fokozat kondenzációs nyomását a felső fokozat hűtési pozícióinak elpárolgási hőmérsékletigénye határozza meg. Ha nincs, akkor szabadon megválasztható, de alulról a romló hatásfok felülről a megengedett üzemi nyomások korlátoznak.

Ahhoz, hogy az alsó fokozat bármely kompresszora el tudjon indulni, létfontosságú, hogy a felső fokozatban már üzemeljen kompresszor.

Az alsó fokozatú kompresszorok után beépíthető egy desuperheater hőcserélő, amely hőt adhat le a környezetbe, ezáltal javítva a hatásfokot, vagy akár hasznosítható is például HMV előmelegítésére.

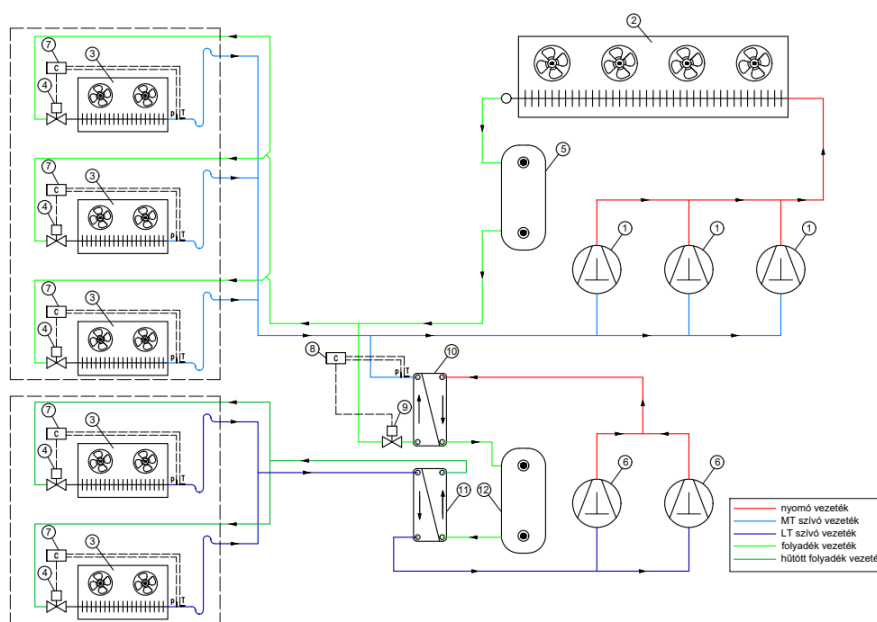
CO₂ hűtőközeg esetében szívógáz/folyadék hőcserélő használata javasolt, egyrészt a hatásfok növelése céljából, másrészt a CO₂ azon tulajdonsága miatt, hogy nyomáseséskor csökken a túlhevítés mértéke.

R134a / CO₂ kaszkád hűtőrendszer

A 7.34. ábrán egy R134a/CO₂ kaszkád hűtőberendezés látható. A felső fokozatban R134a, az alsó fokozatban CO₂ hűtőközeget alkalmazunk. A két fokozat között a kaszkád hőcserélő (10) az R134a hűtőkörben elpárolgatóként, CO₂ hűtőkörben kondenzátorként játszik szerepet.

A kaszkád hőcserélőből (10) és a normális hőmérsékletű (a felső három) elpárolgatókból a R134a hűtőközeg gőzt (1) MT kompresszorok szállítják a léghűtésű kondenzátorba (2). A kondenzátor után az R134a hűtőközeg folyadék a folyadékgyűjtőbe (5) kerül, ahonnan a felső három elpárolgató és a kaszkád hőcserélő folyadék ellátását szabályozottan kapja.

Az alacsony elpárolgási hőmérsékletű (alsó 2) elpárolgatóból a CO₂ hűtőközeggőzt a LT kompresszorok (6) szállítják a kaszkád hőcserélőbe, ahol cseppfolyósítjuk és az edénybe (12) kerül. A 2 db. elpárolgató CO₂ hűtőközeg ellátása a folyadékgyűjtőtartályból (2) történik, de a belső hőcserélőben (11) utóhűtése biztosítható az elpárolgatóból visszatérő gőz által.



7.34. ábra. CO₂/R134a kaszkád rendszer

1. MT kompresszor; 2. léghűtésű kondenzátor; 3. elpárolgató; 4. elektronikus expanziós szelep; 5. MT folyadéktartály; 6. LT kompresszor; 7. hőfokszabályzó (túlhevítés szabályzó); 8. túlhevítés szabályzó; 9. elektronikus expanziós szelep; 10. kaszkád hőcserélő; 11. szívógáz hőcserélő; 12. LT folyadéktartály;

Ammónia/Szén-dioxid kaszkád hűtőberendezés

A 7.35. ábrán NH₃/CO₂ kaszkád hűtőberendezés látható. A felső fokozatban NH₃, az alsó fokozatban CO₂ hűtőközeget alkalmazunk. A két fokozat között a kaszkád hőcserélő (11) az NH₃ hűtőkörben elpárolgatóként, CO₂ hűtőkörben kondenzátorként játszik szerepet.

A berendezés a normális hőmérsékletű (A) és az alacsony hőmérsékletű (B) termék hűtését CO₂ hűtőközeggű, alsó fokozatú hűtőkörrel látja el. Az (A) teremben elárasztott, a (B) teremben száraz rendszerű elpárolgatótású. Az (A) teremhez a folyadékfázisú hűtőközeget a folyadékleválasztóból (8) szivattyú (4) szállítja elektronikus expanziós szelepen (10) keresztül az elpárolgatóhoz (5). Több elpárolgató kiszolgálásakor az adagolás a mágnesszelepekkel és szabályzó szelepekkel állítható be a kívánt tömegáram eléréséhez, mivel a csővezetékek hossza és így a nyomásesések különbözőek elpárolgatóként. A CO₂ közegnél a recirkulációs számot kisebbre, 2-höz közeli értékre kell választani. A hőfelvétel során a nedvesgőz állapotba került hűtőközeget a visszatérővezeték vezeti a folyadékleválasztóba.

A B teremhez a folyadékfázisú hűtőközeg a folyadékleválasztóból (8) az elektronikus adagolón (10) keresztül jut el – nyomását csökkentve – az elpárolgatóhoz (9). A hőfelvétel során keletkezett enyhe túlhevített gőzt a szívóvezetéken át szívja el a (2) kompresszor. A komprimált hűtőközeg gőzáram a nyomóvezetéken át a folyadékleválasztóból (8) jövő hűtőközeg gőzárammal együtt a kaszkád hőcserélőbe (11) kerül. A hőcserélőben a CO₂ gőz kondenzálódik; folyadék állapotba kerül és onnan a leválasztó edény (8) gyűjti össze, ahonnan a folyadékfázisú hűtőközeg gravitációs módon az elpárolgatókba kerül.

A kaszkád hőcserélő másik oldalán az NH₃ hűtőközeg folyadék, a CO₂ kondenzációja során leadott hő hatására, elpárolog. A keletkezett NH₃ hűtőközeg gőzt a kompresszor (1) a légűtésű kondenzátorhoz (3) szállítja, ahol cseppfolyós állapotba kerül, majd onnan a folyadékgyűjtőbe (14). A kaszkád hőcserélő NH₃ hűtőközeg folyadék ellátását az edényből (14) szabályozottan az elektronikus expanziós szelep (10) biztosítja.

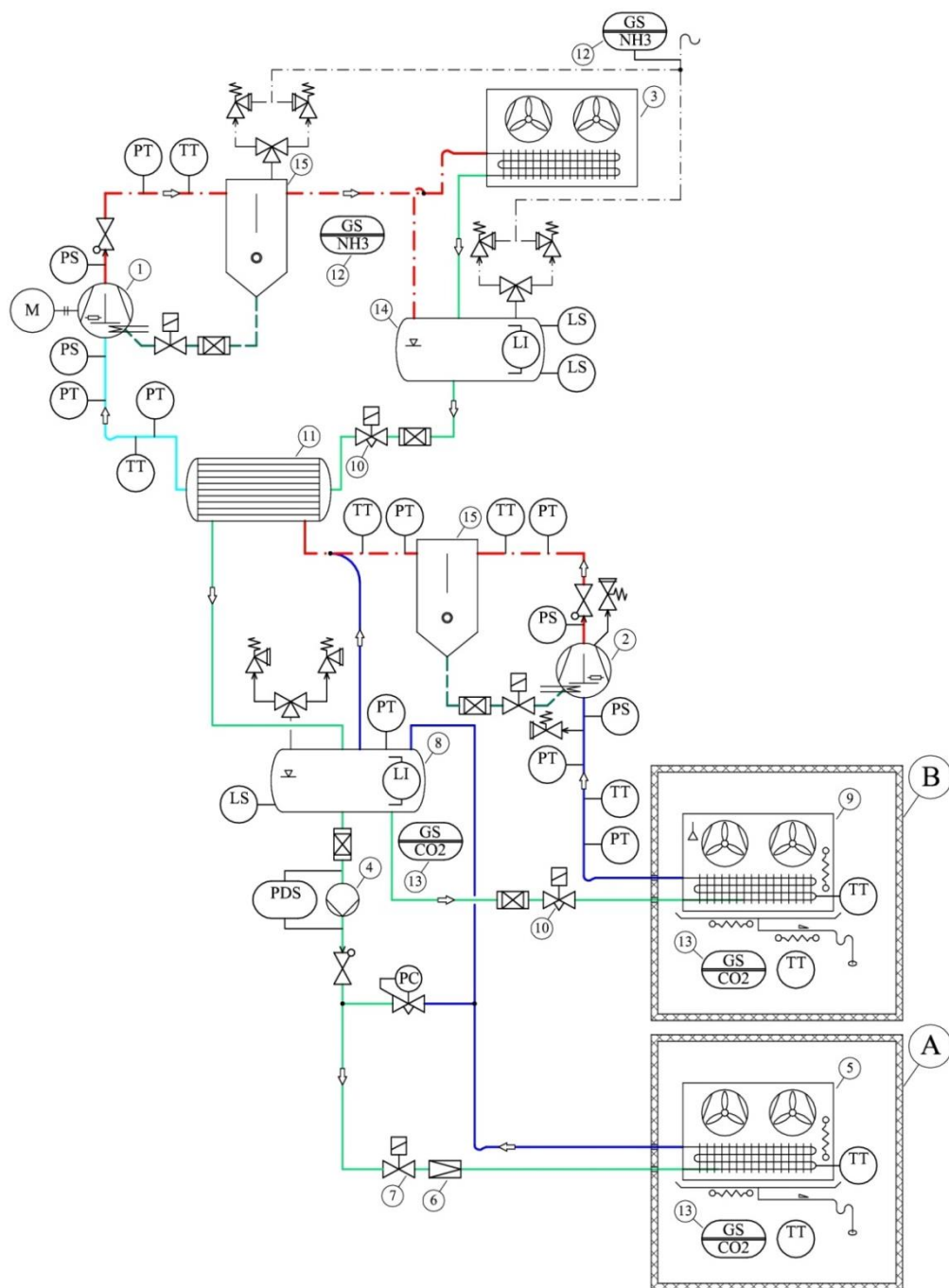
Amennyiben bármely szén-dioxidos körön hűtési igény jelentkezik és a biztonsági körök is engedélyezik, először az ammóniás kompresszorok indulnak el és így a kaszkád hőcserélők NH₃ hűtőközeg ellátása is elindul, majd ezt követően indul el az alsó fokozatú CO₂ hűtőkörökben a hűtés. A kompresszorok teljesítményszabályozása a szívóhőmérsékletre történik, mindaddig, amíg fennállnak az üzemi feltételek.

Ha a szívó hőmérséklet értéke vagy a tartály nyomása a megengedett minimum alá csökken, a felső fokozati kompresszorok leállnak.

A termekben és a gépházban gázérzékelőket kell elhelyezni, hogy a tömítetlenségek miatti szivárgások hamar észlelhetők legyenek. A gépházban az ammónia érzékelőt (12) a berendezések fölé kell helyezni, a szén-dioxid érzékelőket (13) a termekben és a gépházban a talajhoz közel. A gázérzékelő vészjeleknek a vezérlést megkerülve le kell állítaniuk a berendezéseket és a hibát haladéktalanul jelezniük kell az üzemeltetés felé.

A berendezés megfelelő lefűtató szelepekkel van ellátva a CO₂ és NH₃ hűtőközegek oldalán, melyek a kapcsolási vázlaton láthatóak.

Ezzel a megoldással az NH₃ hűtőközegtöltet csökkenthető; az NH₃ a gépházban és a kondenzátor oldalon található.



7.35. ábra. Ammónia/szén-dioxid kaszkád hűtőberendezés

1-felső fokozati kompresszor, 2-alsó fokozati kompresszor, 3-kondenzátor, 4-hűtőközeg szivattyú, 5-elárasztott elpárolgató, 6-fojtószelep, 7-mágnesszelep, 8-folyadékleválasztó, 9-száraz rendszerű elpárolgató, 10-elektronikus expanziós szelep, 11-kaszkád hőcserélő, 12-ammónia gázérzékelő, 13-szén-dioxid gázérzékelő

7.6.9.4 Közvetítő közeges rendszerek CO₂-vel

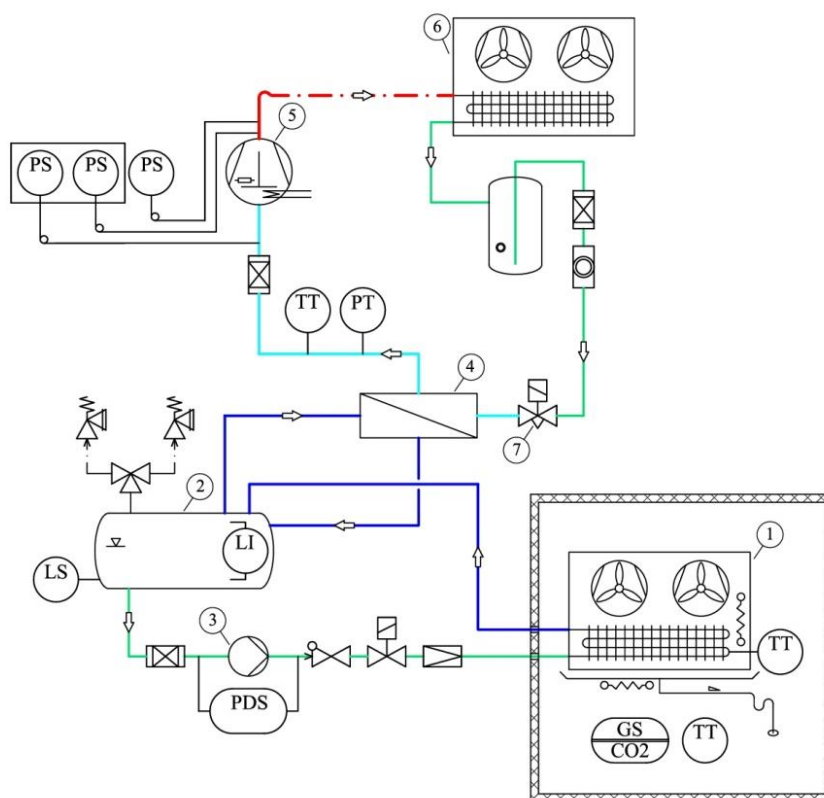
Ebben az esetben a szén-dioxidot nem valódi hűtőközegként, hanem a hidegenergiát térben elszállító hőhordozó közegként (másodlagos hűtőközegként) alkalmazzák. Nincs expanziós szelep vagy kompresszor, a közvetítő közeg hőfelvétele a hűtési helyeknél közel ugyanazon a nyomásszinten történik, mint a hőleadás a hűtőkör elpárolgatójában.

A 0 °C alatt hagyományosan leggyakrabban használt közvetítő közegek a különböző sóoldatok, valamint a propilén- és etilén-glikol vizes oldata, melyek hőmérséklete változik a hőleadás, ill. felvétel során. Ezzel szemben a szén-dioxidot alkalmazhatjuk fázisváltó hőhordozó közegként, hasznosítva a párolgási (látens) hőjét. A szén-dioxid párolgáshője -5 °C-on 245 kJ/kg-onként, és könnyen kiszámolható, hogy ez a hőmennyiség (az erre a hőmérsékletre megfelelő, 30%-os), propilén-glikol oldat (melynek fajhője 3,8 kJ/kg K) 10,7 kg-jának, 6

K-es hőmérsékletváltozásának felel meg. Ez azt jelenti, hogy egy adott hűtési feladatra a forgalmazandó szén-dioxid tömegárama egy nagyságrenddel kisebb lehet, ami a csőméretek szempontjából még akkor is előnyös, ha figyelembe vesszük, hogy itt a visszatérő ágban (részben) gőz fázis áramlik. Továbbá a fázisváltás jó hőátadási tényezőt is eredményez a különböző hőcserélőkben. Ezen felül a szén-dioxid alacsony hőmérsékletű folyadékának kicsi a viszkozitása, ami tovább csökkenti a hőhordozó közeg keringtetéséhez szükséges energiafelhasználást.

A szén-dioxid fázisváltó közvetítő közegként való alkalmazására szolgáló megoldások egyikének elvi sémáját mutatja a 7.36. ábra. A folyadékleválasztó tartályból (2) a szivattyúkkal (3) juttatjuk el a folyékony szén-dioxidot az elpárologtatókhoz (1), ahol részlegesen elgőzölög, majd visszakerül a tartályba. Eközben a tartály felső részéből a gőz fázis természetes áramlással jut a hőelvonást biztosító kaszkád hőcserélőbe (4), ahol kondenzálódik. Megjegyzendő, hogy amennyiben az elpárologtatók a szén-dioxid tartály alatt helyezkednek el, akkor esetleg természetes cirkuláció útján is megtáplálhatók. Az ábrán láthatótól eltérő megoldás, amikor a hűtési helyekről visszatérő közeg közvetlenül a kaszkád hőcserélőbe kerül, ott teljesen kondenzálódik, és csak utána engedik vissza a tartályba.

Fontos megjegyezni, hogy egyrészt ezt a megoldást is szokták a kaszkád rendszer megnevezéssel illetni, másrészt sokszor előfordul, hogy a szén-dioxidot egy rendszeren belül közvetítőközegként is használják (a közepes hőmérsékletszintű hűtési helyekhez), ill. tényleges alacsony hőmérsékletű hűtőközegként is (alsó fokozati expanzióval és kompresszorral, a mélyhűtéshez).



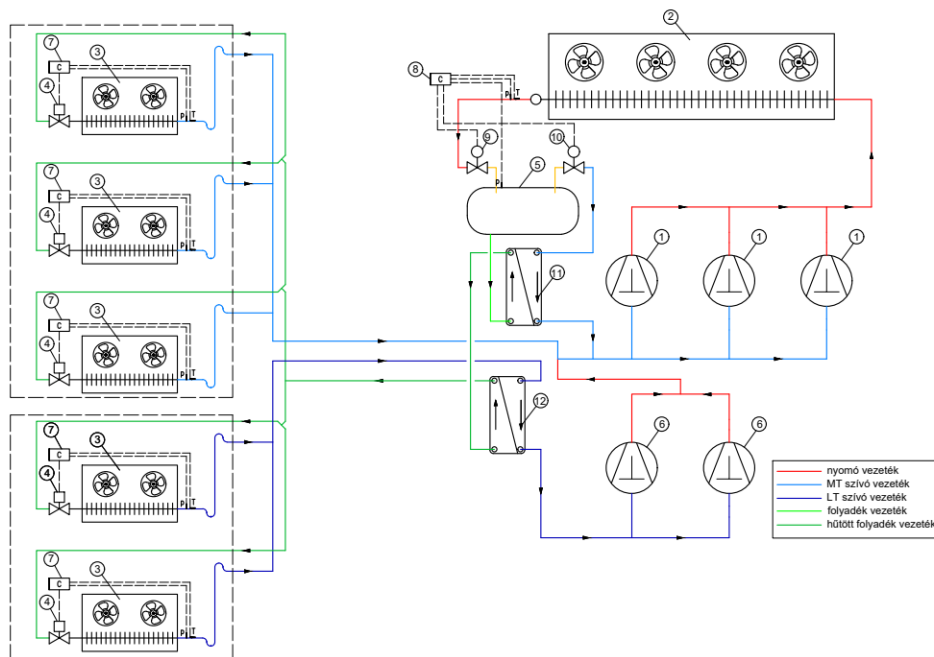
7.36. ábra. Közvetítő közeges rendszer CO₂-vel

1- elpárologtató, 2- folyadékleválasztó, 3- folyadékszivattyú, 4- kaszkád hőcserélő, 5- kompresszor, 6- kondenzátor, 7- expanziós szelep

7.6.9.5 Több hőmérsékletszintű „Booster” kapcsolású, CO₂ hűtőközegű hűtőrendszer

A gyakorlatban sok esetben célszerű több, különböző hőmérsékletszintű fogyasztót, egyazon hűtőrendszerrel ellátni. Természetesen tisztán CO₂ közegű, transzkritikus rendszert is lehet ilyen céllal létrehozni. Számos megoldás létezik, az egyik lehetőség gyakorlatilag az MT vagy HT igényhez kialakított transzkritikus rendszer kiegészítése egy száraz rendszerű LT körrel, alsó fokozati kompresszorral/kompresszorokkal (7.37. ábra). Ilyen megoldással biztosítható pl. 0 °C körüli tároló helyiségek, és fagyasztó kamrák (a szén-dioxid akár -30 °C alatt is teljesen alkalmas) hűtése. A rendszert gyakran kiegészíti az alsó fokozatba épített belső hőcserélő is.

(Egyes esetekben más megoldásokat is alkalmaznak, például CO₂/CO₂ kaszkád rendszereket is, amelyek az olaj körforgás szempontjából lehetnek előnyösek.)



7.37. ábra. Több hőmérsékletszintű „Booster” kapcsolású, CO₂ hűtőközegű hűtőrendszer
 1- MT kompresszor; 2- gázhűtő; 3- elpárolgató; 4- elektronikus expanziós szelep; 5- szivó gyűjtőtartály 6- LT kompresszor; 7- hőfokszabályzó (túlhevítés szabályzó); 8- elektronikus szabályzó; 9- magasnyomású szelep; 10- középnyomású szelep; 11- flashgáz hőcserélő; 12- LT szivógáz hőcserélő;

A széndioxid kritikus hőmérséklete +31°C, ami felett a közeg már nem kondenzálható. Így amikor a környezeti hőmérséklet meghaladja a +25°C-ot, a hőleadást a hagyományostól eltérő módon kell megoldani.

A 7.37. ábrán Booster kapcsolású, CO₂ hűtőközegű hűtőrendszer látható. A rendszer normál (pl.: ~ 0°C -os) és mélyhűtő tartományba eső (pl.: ~ -30°C-os) termek hűtési teljesítményét biztosítja. Az ábrán a felső 3 db. elpárolgatótól normál, míg az alsó 2 db. elpárolgatótól mélyhűtő tartományú hőelvonás történik.

Transzkritikus üzemmódban a hűtőközeg hőmérséklete a gázhűtőben (2) a hőleadás közben csökken, a kilépésnél néhány (~3K) fokkal melegebb, mint a gázhűtőbe belépő környezeti levegő. A gázhűtőből kilépő hűtőközeg áthalad a magasnyomású szelepen (9) keresztül és a gyűjtőtartályba (5) (folyadékleválasztóba) kerül. A nyomáscsökkenés (fojtás) hatására a nyomása közbelső nyomásszintre esik és vegyes (folyadék/gőz) fázisú lesz.

A telített folyadék szivógáz hőcserélőn (11) és (12) áthaladva utóhűtést kap, majd a hűtési helyeken, az elektronikus expanziós szelepeken (4) keresztül elpárolgatókban (3) elpárolog. A telített hűtőközeg gőz pedig a középnyomású szelepen (10) keresztül távozik, a flashgáz hőcserélőn (11) túlhevül, majd a normál kompresszorok (1) szivóvezetékébe jut.

A mélyhűtő tartományú (alsó 2 db.) elpárolgatóktól a hűtőközeg gőzt a mélyhűtő kompresszorok (6) szívják el és komprimálják a normál kompresszorok (1) szivónyomására. A normál kompresszoroknak (1) a normál tartományú elpárolgatók szivógázán túl, a mélyhűtő kompresszorok által szállított hűtőközeget és a szivó gyűjtőtartályból érkező flashgázt is komprimálniuk kell.

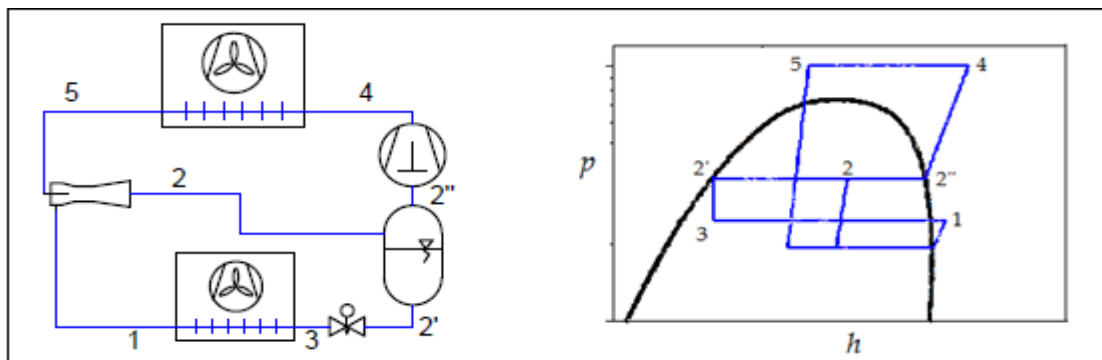
A gázhűtő nyomását a magasnyomású szelep (9) szabályozza a gázhűtőből kilépő hűtőközeg hőmérséklete és nyomása alapján. A szabályozás úgy állítja be a gázhűtőben tartott nyomást, hogy a rendszer COP-je a maximális legyen. (A nyomás növelésével nő a kompresszorok villamos energia fogyasztása, de csökken a keletkező flashgáz mennyisége. A nyomás csökkenésével csökken a kompresszorok villamos energia fogyasztása, de nő a komprimálandó flashgáz mennyisége.)

A szivógyűjtő tartály állandó nyomáson tartását a középnyomású szelep (10) szabályozza.

7.6.9.6 Ejektoros CO₂ rendszerek

A szén-dioxidos rendszerek fejlesztésének egy másik, a hagyományos szubkritikus kompresszoros hűtőrendszerektől komolyabb mértékben eltérő iránya az úgynevezett ejektoros megoldások alkalmazása. Ezeket kimondottan a szén-dioxidos transzkritikus körfolyamatok javítására, a veszteségek csökkentésének érdekében kezdték fejleszteni.

Az elgondolás lényege eredetileg az volt, hogy a felső fokozati fojtószelep helyett ejektort építünk be, melynek célja, hogy a nagynyomású közeg fojtása során elvesző energiát részben hasznosítva, azt az elpárolgási nyomáson lévő közeg nyomásának bizonyos mértékű emelésére fordítsuk. Ezzel csökkenthető a kompresszió energiaigénye a rendszerben. A 7.38. ábrán látható egy egyszerű ejektoros kapcsolás.



7.38. ábra. Egyszerű ejektoros rendszer vázlata és a körfolyamat log p-h diagramon

Az ejektorban gyakorlatilag a kisnyomású és a nagynyomású közegek keverésével állítjuk elő a középső nyomásszintet, a kompresszor ennek a gőz részét szállítja. A log p-h diagramon nem számozott pontok az ejektoron belüli (idealizált) állapotváltozásokat és keveredést mutatják.

Az ejektor működési elve hasonló a gőzsugár kompresszoros berendezésekben már korábban használt megoldáshoz. A nagynyomású közeg egy gyorsító fűvókában (5) hangsebesség feletti sebességre gyorsul, miközben nyomása az elpárolgási nyomás alá csökken. Ezután keveredik az elpárolgatótól érkező közeggel, végül a közeg az ejektor diffúzorként kialakított részében lelassul, és nyomása egy köztes szintre emelkedik (2).

Az elmúlt néhány évben az ejektoros kapcsolást többféleképpen próbálták fejleszteni: több párhuzamos ejektor („multi-ejektor”) vagy állítható ejektorok alkalmazásával a gázhűtő nyomás szabályozását, plusz egy leválasztó és külön gőz- és folyadék ejektorok beépítésével az elárasztott elpárolgatók lehetőségét próbálták megoldani.

Az ejektoros megoldások még mindig eléggé újak számítanak. Egyes kezdeti nehézségek ellenére ígéretes technológiáról van szó, mely a jövőben szélesebb körben is elterjedhet.

7.7 VRV/VRF „multi-split” rendszerek

7.7.1 Mit értünk VRF/VRV rendszer alatt?

Az elmúlt évtizedekben elindult fejlesztés eredményeként ún. VRV-, vagy más néven: VRF-„multi-split” rendszerek kerültek forgalomba. Az elnevezés a „VRV=Variable Refrigerant Flow”, magyarul „Változtatható hűtőközeg-térfogatáram”, illetve „VRF=Variable Refrigerant Volume”, magyarul: „Változó hűtőközeg tömegáram” kifejezések rövidítéséből ered, melyek a szabadalmaztatott nevektől eltekintve hasonló rendszereket jelölnek. Általánosságban véve olyan direkt elpárolgató hűtő- és fűtőrendszereket értünk alattuk, amelyeknél egy kültéri hőcserélő egységre több (10-16) beltéri hőcserélő egység csatlakozik egy kiinduló gerincen keresztül, és az egyes beltérihez jutó hűtőközeg mennyiség külön-külön szabályozható. A rendszer ma már igen sok esetben teljes sikerrel helyettesítheti a hagyományos központi klímaberendezéseket, annál lényegesen gazdaságosabb megoldást nyújtva.

A rendszer saját vezérlése figyeli az egyes helyiségekben elérni kívánt paramétereket, és a teljesítményét ennek megfelelően szabályozza. A beltéri egységekben található adagoló szelepekkel állítható be a kívánt elpárolgási hőmérséklet (ez minden beltéri egységben azonos) és tömegáram.

A legelterjedtebb hűtőközeg jelenleg az R-410A, amely réz csöveken keresztül jut el a beltériekhez. A csőrendszer kialakítására a gyártóknak saját szabályrendszerük van az áramlás optimalizálásának érdekében. Szintén ebből a célból az elágazásoknál speciális Y idomokat alkalmaznak.

A VRF/VRV rendszerek felhasználási területe nagyon széles. A lakossági 10-20 kW teljesítménytől a több megawattos telepekig számos helyen fellelhetők, de a legelterjedtebb a kereskedelmi alkalmazásuk. Irodákban, üzletekben, hotelekben nyújthat ideális megoldást, ahol egyszerű split klímákkal már nem biztosítható a kívánt

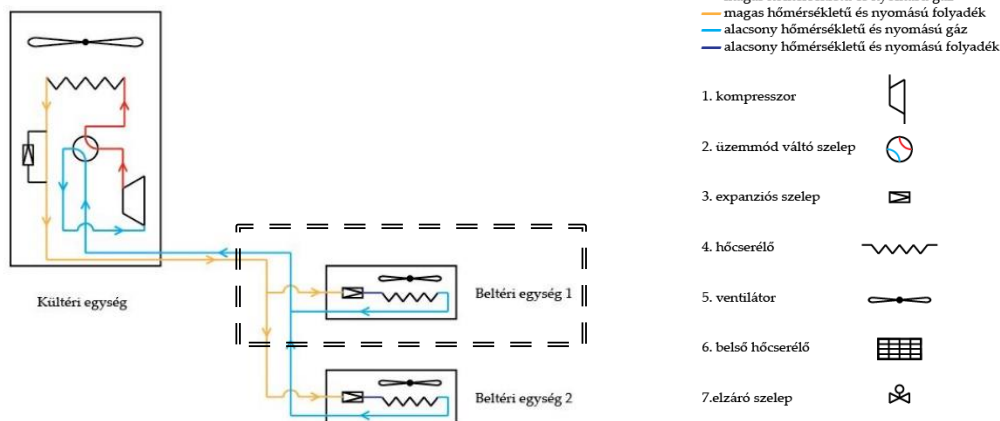
teljesítmény. Gyártótól függően egy hűtőkör maximális teljesítménye 100 és 200 kW közé tehető, azonban ezekből többet lehet egyetlen vezérlőrendszer alá integrálni.

A VRF/VRV rendszerek típustól függően képesek lehetnek hűtő, fűtő (hőszivattyú), és egyidejűleg (hűtő és fűtő) üzemben is működni. Ezek egyszerűsített felépítése látható a következő kapcsolási sémákon: 7.39. ábra hűtő, 7.40. ábra fűtő, 7.41. ábra hűtő és fűtő.

A rendszer működése hűtő üzemmódban:

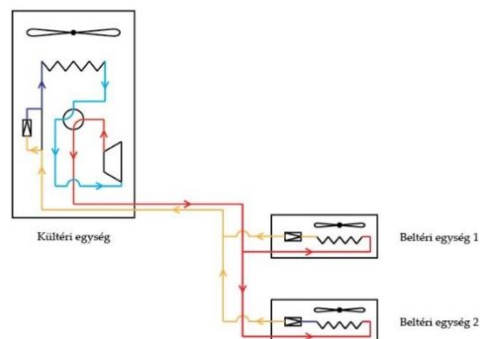
A 7.39. ábrán egy „VRV” vagy „VRF” rendszer hűtési üzemmódban egyszerűsített kapcsolási vázlata látható. A rendszer két (1., 2.) beltéri és 1 db. kültéri egységből áll. A beltéri egységek két külön-külön helyiségnek biztosítják a hűtést. Minden beltéri egység egy hőcserélőt (jelen üzemmódban elpárologtatót), egy expanziós szelepet, valamint a saját ventilátorát is tartalmazza. A kültéri egységben a hőcserélő (jelen üzemmódban kondenzátor), annak saját ventilátora(i), expanziós szelep és kompresszor(ok), valamint váltószelep is található.

HŰTŐ ÜZEMMÓD



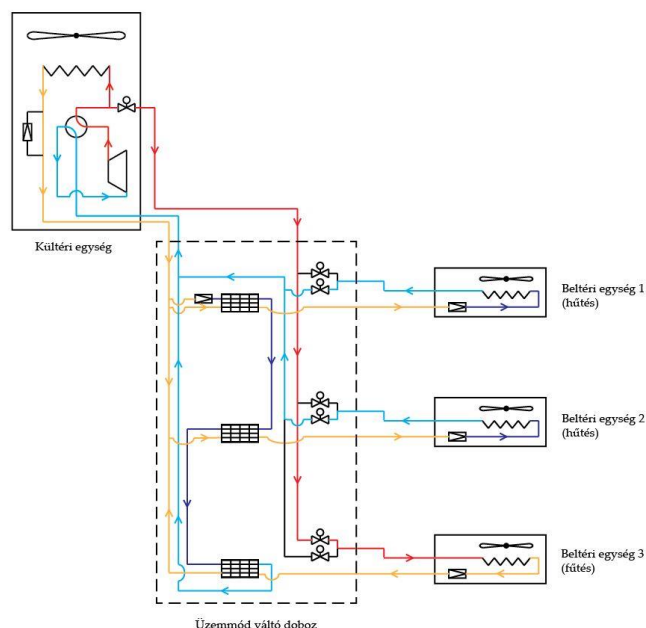
7.39. ábra. VRV/VRF rendszer hűtés üzemmódban

FŰTŐ ÜZEMMÓD



7.40. ábra. VRV/VRF rendszer fűtés (hőszivattyú) üzemmódban

PÁRHUZAMOS HŰTŐ ÉS FŰTŐ ÜZEMMÓD



7.41. ábra. VRF/VRV rendszer hűtés-fűtés üzemmódban

7.7.2 VRF/VRV tervezési szempontok

7.7.2.1 Hőforrásválasztás

A legelterjedtebb VRF/VRV rendszerek a levegő-levegő hőszivattyúk, azonban léteznek olyan kültéri egységek is, melyek egy vízkörre csatlakoznak. Ez a vízkör lehet egy nagyobb épületkomplexum központi vízköre, vagy akár egy kisebb geotermikus kút is.

A levegő-levegő rendszereknél a földrajzi adottságokra, víz-levegő rendszereknél pedig a vízkör paramétereire alapozva kell mérlegelni a rendelkezésre álló hűtési/fűtési teljesítményeket.

7.7.2.2 Kültéri egység típusának kiválasztása

Ez egy összetett folyamat és a rendszer irányába való elvárások pontos ismeretét igényli. Tisztában kell lenni a kültéri egységek adottságaival, a rá csatlakozó beltéri egységek típusával, mennyiségével és a felhasználói igényekkel egyaránt.

Az egyik legfontosabb kérdés, hogy előfordulhat-e olyan üzemállapot, mikor hűtési és fűtési igény egy időben jelentkezik egy rendszeren (7.41. ábra). Ez adódhat az épület tájolásából és hőtechnikai jellemzőiből (pl. nagy üveg felületek napos oldalon), a helyiségek különböző funkcióiból (pl. szerver terem, iroda, közlekedő stb.) és a beltéri típusaiból is (pl. használati melegvizet előállító egység). Ilyen összetett igényekre több gyártónak van már megoldása, ahol különböző hővisszanyerési megoldásoknak köszönhetően egyetlen kültéri egységgel kiszolgálható a többféle igény az épületen belül, sőt a hűtött terekből elvont hő hasznosítható a fűtési üzemből dolgozó egységeknél. Ez jelentősen javíthatja a hatékonyság mutatókat.

Szintén fontos kérdés, hogy a VRF/VRV rendszer kizárólagos hőforrásként üzemel-e egy épületben. Amennyiben minden fűtési igényt egyedül a hőszivattyúkkal szeretnénk ellátni, úgy kell méreteznünk a rendszerünket, hogy még a legalacsonyabb környezeti hőmérséklet mellett is képes legyen a megfelelő fűtési igény kiszolgálására, mert a legnagyobb teljesítményigényünk akkor lesz, amikor a környezeti hőmérséklet a legkedvezőtlenebb a berendezés számára. Szerencsére ma már több gyártó is akár -25°C környezeti hőmérsékletig pontos teljesítmény adatokkal tud szolgálni, és a kültéri egységek nagy biztonsággal üzemeltethetők ilyen időben is.

A fűtési üzem másik sarkalatos kérdése a kültéri egységek jégtelenítése. Ez elsősorban átmeneti időjárási viszonyokra jellemző, amikor a környezeti hőmérséklet még nincs fagypontra, viszont a relatív páratartalom magas, így a 0°C alatti hőcserélőkön ez a nedvesség lecsapódik és megfagy. Jelentős mennyiségű jég tud ilyenkor a gépen felhalmozódni, amit bizonyos időközönként el kell távolítani, ez idő alatt azonban egyáltalán

nem, vagy csak részben tud fűtési teljesítményt biztosítani a beltér felé. Ez speciális kültéri egységekkel, vagy több kisebb teljesítményű berendezés összekötésével kiküszöbölhető, ekkor ugyanis a leolvasztási ciklusokat úgy lehet ütemezni, hogy mindig csak egy gép essen ki az üzemből. Olyan gyártó is van, aki úgynevezett hő akkumulátort helyez a kültéri egységbe, ami hőforrásként szolgál a jégtelenítés alatt, majd a ciklus végeztével „újratöltődik”.

7.7.2.3 Kültéri egység elhelyezése

A levegő-levegő hőszivattyúknál nagyon fontos, hogy mindig megfelelő mennyiségű friss levegőt tudjanak a hőcserélőjükön forgatni. Ellenkező esetben, ha a saját kifűjt levegőjüket szívják vissza, termikus rövidzár alakulhat ki, aminek jelentős teljesítmény és hatásfok csökkenés lesz az eredménye. Ennek elkerülése érdekében célszerű lehet légszűrőt, vagy terelő elemeket alkalmazni, hogy ezt a visszakeveredést meggátoljuk. Szintén erre a jelenségre kell figyelni, amikor kis területre sok berendezést szeretnénk telepíteni. A legtöbb gyártónak a telepítési előírásai nem feltétlenül számolnak ezzel a jelenséggel, csupán a szervizelhetőség kritériumaira figyelnek, így ez általában a tervező feladata.

7.7.2.4 Beltéri egységek típusa

A VRF/VRV beltéri egységek sajátossága, hogy ezekben található egy adagoló szelep, ami a hőcserélőjükbe juttatott hűtőközeg mennyiségét szabályozza a teljesítmény igényeknek megfelelően. Ennek a szelepnek a hangja bizonyos esetekben zavaró lehet, így például hálósobába nem javasolt ilyet telepíteni. Az ehhez hasonló helyiségeknél lehetőség van hagyományos split beltériket csatlakoztatni a rendszerre azáltal, hogy az adagolószelepet máshol, elkülönítve helyezzük el.

7.7.2.5 Beltéri egységek méretezése

A beltéri egységek méretezésnél számításba kell venni a tartani kívánt helyiség hőmérsékletet, valamint az arra jellemző páratartalmat is. Például egy zsúfoltabb irodában, és egy technológiai helyiségben egészen más lesz az érezhető és totál teljesítmény viszonya, ezzel pedig nekünk is számolnunk kell.

7.7.3 Gyakran előforduló tervezési hibák

7.7.3.1 Pontatlan méretezés a névleges értékek alapján

A pontos specifikáció hiánya alul- és túlméretezett rendszert is eredményezhet. Alulméretezés esetén hűtési és fűtési teljesítmény hiány állhat elő, ami a komfort jelentős csökkenéséhez vezethet. Túlméretezésnél pedig a berendezés élettartama csökkenhet jelentős mértékben, ugyanis túlságosan alacsony teljesítmény igény mellett az inverter nem tudja megfelelő mértékben szabályozni a kompresszort, így folyamatosan leállásra és újra indulásra lesz kényszerítve, ami gyorsítja a tönkremenetelét.

7.7.3.2 A kültéri egység nem megfelelő elhelyezése

A kültéri egység helyének ellenőrzése nélkül könnyen termikus rövidzár alakulhat ki, ha a saját elhasznált levegőjét tudja csak magára szívni, ami a teljesítmény jelentős csökkenéséhez vezethet. Szintén fontos szempont az elhelyezésnél, hogy a területre jellemző hóhatár fölé lehessen emelni tartókerettel.

7.7.3.3 A technológia ismeretének hiánya

A VRF/VRV berendezéseknél fontos egyértelműen meghatározni a felhasználói igényeket, mert ezekhez kell igazítani a készülékek típusát, elhelyezését. Például azokat a gépeket, kiegészítőket, melyek nagyobb zajhatással üzemelnek érdemes a távol elhelyezni azokról a helyiségektől, ahol ez zavaró lehet. Másik példa lehet a beltéri egységek szabályozása. A pontatlanul betervezett beltéri egységek, és hőmérsékletérzékelők következtében hideg/meleg zónák, esetleg huzat alakulhat ki a helyiségekben.

7.7.3.4 Elektromos betáp pontatlan méretezése

A rendszer működését illetően szintén nagyon fontos, hogy megfelelő legyen a villamos betáplálása és biztosítása. A névleges áram- és teljesítményfelvételre méretezett hálózat hamar meghibásodhat, ugyanis bizonyos üzemállapotokban (pl. olaj visszahordás) ettől jelentősen nagyobb értékek is felléphetnek.

Gyakran előforduló kivitelezési hibák

- **Y idomok nem megfelelő elhelyezése**
Az Y idomok nem megfelelő elhelyezése a hűtőközeg egyenetlen áramlását okozhatja, aminek a következménye teljesítménycsökkenés lehet a beltéri egységeknél.
- **A nitrogén gázzal történő forrasztás elhanyagolása**
Ennek elmulasztása súlyos következményekkel járhat. A magas hőmérséklet hatására oxigén jelenléte mellett a csövekben olyan égéstermékek képződhetnek, melyek később a kompresszorig eljutva működésképtelenné tehetik azt.
- **Csővezetékek nem megfelelő rögzítése és támulási líra elhagyása**
Ebben az esetben a csővezetékek a hőtágulás következtében sérülhetnek, mivel az eltérő üzemállapotok között jelentősen széles tartományban változhat az áramló közeg hőmérséklete.
- **Kültéri egységek nem megfelelő kereten való elhelyezése**
A berendezés és a hozzá csatlakozó csővezetékek a rezgések miatt elmozdulhatnak, sérülhetnek.
- **A rendszer hűtőközegének alultöltöttsége**
Ha a rendszert az előírtnál kevesebb hűtőközeggel töltik fel, teljesítmény hiány adódhat, vagy alacsony nyomás hiba miatt leállhat.
- **Cseppvíz elvezetés nem megfelelő szintezése**
A cseppvíz elvezetése egyaránt fontos a beltéri és kültéri egységeknél is. A beltéri egységeknél azért, hogy ne okozzon anyagi károkat a gép környezetében, a kültéri egységnél pedig azért, hogy télen a cseppvíz megfagyva ne rontsa a gép teljesítményét, illetve ne okozzon károkat benne.
- **Rézcsövek nem megfelelő vágása és ledugózása**
Ennek következtében sorja vagy fémforgács kerülhet a rendszerbe, ami a kompresszorhoz és egész érzékeny alkatrészekhez eljutva károsíthatja azokat. Ezen felül hűtőközeg szivárgást is okozhat.
- **A berendezések olyan elhelyezése, amely akadályozza a későbbi karbantartást**
A rendszeres karbantartás nélkül üzemelő rendszerek élettartama jelentősen lecsökken.

7.8 A kompresszoros hűtőberendezés üzeme:

7.8.1 A berendezés részegységeinek együttműködése (állandósult üzemállapot):

A kompresszoros hűtőberendezés gazdaságosságának vizsgálatához szükséges megvizsgálni a részegységek együttműködését a változó külső feltételek mellett.

Az egyfokozatú kompresszoros hűtőberendezés alapvetően a következő meghatározó részegységekből áll: elpárolgató, kompresszor, kondenzátor, adagoló. Ezek a részegységek egy berendezést „rendszer” képeznek és a viselkedésük egymással összefügg. Ezek a részegységek és a külső tartomány (Q_{oi} hűtési igény, a t_h hűtött közeg hőmérséklete, a természetes közeg t_a hőmérséklete) pillanatnyi jellemzői együttesen az állandósult üzemállapotban határozzák meg a hűtőberendezés Q_{ob} hűtőtéljesítményét, P teljesítményfelvételét.

Az állandósult üzemállapot esetén a részegységeken azonos hűtőközeg tömegáram halad át. A kialakult üzemállapot határozza meg az ún. belső tartomány (t_o elpárolgási és t_c kondenzációs hőmérsékletek) jellemzőit, ezáltal a berendezés Q_{obM} hűtőtéljesítményét és P_M teljesítményfelvételét, valamint a teljesítménytényezőjét is.

Az állandósult üzemállapot meghatározásához ismerni kell a részegységek teljesítményének a külső és belső feltételekkel, valamint a részegységek jellemzőivel való kapcsolatát.

1. Az elpárolgató jelleggörbéi:

Az elpárolgató Q_{oe} hűtőtéljesítményére három egyenlet írható fel;

a hűtőközeg hőfelvétele $Q_{oe} = m_e(h_1 - h_4);$ (7-1)

a hűtött közeg hőleadása $Q_{oe} = m_h \cdot C_h(t_{h1} - t_{h2})$ (7-2)

a hőátbocsátás egyenlete A_e felületű, k_e hőátbocsátási tényezőjű $Q_{oe} = k_e \cdot A_e \cdot \Delta t_e$ (7-3)

A három egyenlet egymással egyenlő és egyidejűleg fennáll. A közepes logaritmikus hőfok különbség:

$$\Delta t_e = \frac{(t_{h1} - t_{h2})}{\ln \frac{(t_{h1} - t_o)}{(t_{h2} - t_o)}} \quad (7-4)$$

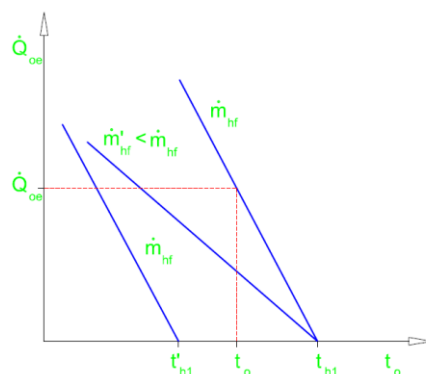
Az egyenletek összevonva és átalakítva, továbbá bevezetve a

$$B_e = m_h \cdot C_h \left(1 - e^{-\frac{k_e \cdot A_e}{m_{hf} \cdot C_h}}\right)$$

jelölését:

$$Q_{oe} = B_e(t_{h1} - t_o) \quad (7-5)$$

Adott méretű, konstrukciójú elpárolgató, adott hűtött közeg, hűtőközeg esetén csak a hűtött közeg m_h tömegáramától függ. E közelítő összefüggésnek megfelelően a (7. 42. ábra) mutatja a Q_{oe} , t_o , t_{h1} és m_h kapcsolata, az elpárolgató üzemi viselkedését jellemző ún. „jelleggörbéjét”



7.42. ábra. Az elpárolgató jelleggörbéje

2. A kompresszor hűtőtéljesítménye és teljesítményfelvétele:

Egy adott V_{geo} elméleti szállítóteljesítményű valamint λ szállítási fokának és az η_i indikált hatásfokának üzemviszonyoktól függő alakulása jellemez. Ezek ismeretében a kompresszor által a t_o elpárolgási és t_c kondenzációs és a t_u utóhűtési hőmérsékletekkel megadott állapotban létesíthető hűtőtéljesítmény

$$Q_{ok} = \frac{V_{geo} \cdot \lambda}{v_1} (h_1 - h_4) \quad (7-6)$$

Az adott kompresszor hűtőtéljesítménye a hűtőközegetől, a t_o elpárolgási és t_c kondenzációs hőmérsékletektől függ. Az elpárolgási hőmérséklet csökkenő, illetve a kondenzációs hőmérséklet növekvő értékei egyaránt csökkentik a kompresszor hűtőtéljesítményét.

Az adott kompresszor hajtásához szükséges, a tengelyen bevezetendő teljesítmény (P_e) a szállított hűtőközeg veszteséges komprimálására fordított ún. belső (indikált) teljesítményszükségletből (P_i) és a mechanikai veszteségek fedezésére fordított teljesítményből (P_m) áll. A belső (a hűtőközeg energiatartamát növelő) teljesítményfelvételt a szállított tömegáram m_r , a kompresszor elméleti fajlagos munkaszükséglete és a kompresszor indikált hatásfoka határozza meg:

$$P_i = \frac{V_{geo} \lambda}{v_1 \cdot \eta_i} (h_{ny} - h_{sz}) \quad (7-7)$$

Értéke a hűtőközegetől és meghatározott módon a t_o és t_c hőmérsékletektől függ.

A mechanikai veszteségek miatt teljesítményfelvétel többlet:

$$P_m = P_i \left[\left(\frac{1}{\eta_m} \right) - 1 \right] \quad (7-8)$$

Az üzemviszonyoktól függő, változó η_m mechanikai hatásfok helyett a gyakorlat inkább a kompresszor ún. üresjáratú teljesítményfelvételét veszi figyelembe, amelyet közelítően csak a fordulatszámtól függőnek tekinthetünk:

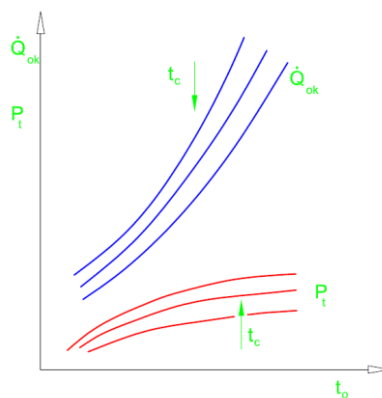
$P_m = P_{üres}$ áll.

Értékét adott kompresszornál mérésrel határozzuk meg.

A tengelyen felvett teljesítmény tehát

$P_e = P_i + P_m = P_i + P_{üres}$.

A 7.43. ábrán a kompresszor hűtőtéljesítménye és az indikált teljesítményfelvételt a t_o és t_c -től való függése látható.



7.43 ábra. A kompresszor jelleggörbéi

3. A kondenzátor jelleggörbéi:

kondenzátor hőteljesítményét három egyenlettel lehet felírni:

a hűtőközeg hőleadása $Q_c = m_c (h_2 - h_3)$ (7-9)

a természetes közeg hőfelvétele $Q_c = m_a \cdot C_a (t_{a2} - t_{a1})$ (7-10)

A_c felületű, k_c hőátbocsátású

a hőátbocsátás egyenlete $Q_c = k_c \cdot A_c \cdot \Delta t_c$ (7-11).

Feltételezve, hogy a túlhevítési hő a teljes leadott hő kis hányada, a hőcsere szempontjából azt a fázisváltozási hővel összevontan a kondenzációs hőmérsékleten leadottként kezeljük, a fázisváltozási hőhöz képest kicsi.

A három egyenlet egymással egyenlő és egyidejűleg fennáll. A közepes logaritmikus hőfok különbség:

$$\Delta t_c = \frac{(t_{a2} - t_{a1})}{\ln \frac{(t_c - t_{a1})}{(t_c - t_{a2})}} \quad (7-12)$$

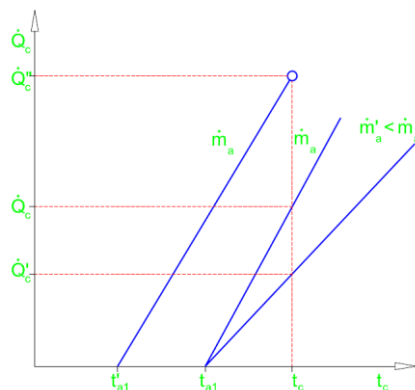
Az egyenletek összevonva és átalakítva, továbbá bevezetve a

$$B_c = m_a \cdot C_a \left(1 - e^{-\frac{k_c \cdot A_c}{m_a \cdot C_a}}\right)$$

jelölését:

$$Q_c = B_c (t_c - t_{a1}) \quad (7-13)$$

E közelítő összefüggésnek megfelelően a (7. 44. ábra) mutatja a Q_c , t_c , t_{a1} és m_a kapcsolata, a kondenzátor üzemi viselkedését jellemző ún. „jelleggörbéjét”



7.44. ábra. A kondenzátor jelleggörbéje

4. Az adagoló hűtőteljesítménye

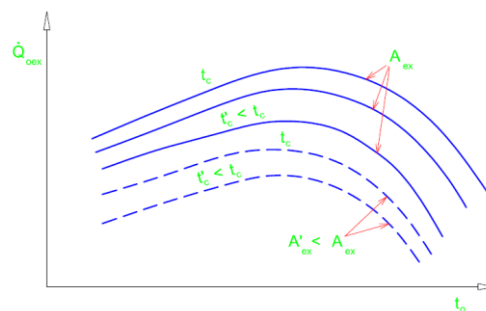
A adagolón (fojtószelepen) áthaladó hűtőközeg-tömegáram

$$m_a = B_a \cdot A_a \sqrt{(p_c - p_o) \cdot \rho} \quad (7-14)$$

ahol B_a a közeg minőségétől, a kialakítástól függ, A_a a fojtónyílás keresztmetszete és ρ a belépő hűtőközeg fajtérfogata. Az adagoló „hűtőteljesítménye” a rajta áthaladó hűtőközeg tömegáram által kifejezhető hűtőteljesítmény:

$$Q_{oa} = m_a \cdot (h_1 - h_4) \quad (7-15)$$

Így az adagoló jelleggörbéi is t_o és t_c és A függvénye, amely a 7. 45. ábrán látható



7.45. ábra. Az adagoló jelleggörbéje

Adott gép- és hőcserélő méretek mellett a jelleggörbék egyenletei az előzőek szerint a következő változókkal írhatók fel:

Az elpárologtató hűtőteljesítménye

$$Q_{oe} = Q_{oe}(t_o, t_h, m_h, C_h)$$

A kondenzátor hőteljesítménye

$$Q_c = Q_c(t_c, t_a, m_a, C_a)$$

A kompresszor hűtőteljesítménye

$$Q_{ok} = Q_{ok}(t_o, t_c)$$

A kompresszor indikált teljesítményfelvétele

$$P_i = P_i(t_o, t_c)$$

Az adagoló hűtőteljesítménye

$$Q_{oa} = Q_{oa}(t_o, t_c, A_a)$$

A csővezetékekben és a részegységekben feltehetőleg fellépő nyomásesést és a környezettel való hőcserét a könnyebbség kedvéért elhanyagoljuk. Továbbá feltételezve azt, hogy az adagoló megfelelő hűtőközeg tömegáramot enged át az elpárolgató teljes felületén párolgásra úgy, hogy az elpárolgatót száraz telített hűtőközeg állapottal hagyja el, akkor ezeken a részegységeken az állandósult üzemiállapotban, azonos hűtőközeg tömegáram halad át. Másként megfogalmazva: az elpárolgató Q_{oe} , a kompresszor Q_{ok} , az adagoló Q_{oa} hűtőtéljesítménye azonosak:

$$Q_e = Q_{ok} = Q_{oa} \quad (7-16)$$

valamint egyidejűleg a kondenzátor hőteljesítménye megegyezik a kompresszor Q_{ok} hűtőtéljesítménye és belső (indikált) P_i teljesítményfelvételének összegével:

$$Q_c = Q_{ok} + P_i(t_o, t_c) \quad (7-17)$$

(Megjegyzés: a hűtött közegből az elpárolgatótól elvont hőteljesítmény, az elpárolgató hűtőtéljesítményét jelenti, mivel a hűtőtechnikában hűtőtéljesítménynek szoktuk nevezni. A következőkben Q_{oe} hűtőtéljesítménynek használom)

Rögzített „külső tartomány” (m_a, t_a, m_h, t_h) mellett a „belső tartomány” körfolyamat állandósult üzemiállapotához tartozó jellemző t_o és t_c üzemi hőmérsékleteket, a munkapont jellemzőit a

$$Q_{oe}(t_o) = Q_{ok}(t_o, t_c) \quad (7-18-a)$$

$$Q_c(t_c) = Q_{ok}(t_o, t_c) + P_i(t_o, t_c) \quad (7-18-b)$$

két ismeretlenes egyenletrendszer határozza meg. Az egyenletrendszer matematikai úton vagy szerkesztéssel megoldhatók.

Egy konkrét alkatrészekből álló hűtőberendezés, adott külső feltételeknél történő egyenletrendszer megoldását a 7. 46. a., b. ábrán szemléltetjük.

(feltételezve, hogy az elpárolgatónál és a kondenzátornál a hőátbocsátási tényező a hűtött közeg, és a természetes közeg tömegáramától független).

A 7. 46. a. ábrán $Q_{oe}(t_o)$, $Q_{ok}(t_o, t_c)$, $P_i(t_o, t_c)$ függvényeket ábrázolja Q_o - t_o koordináta-rendszerben, a 7. 46. b. ábrán pedig a $Q_c(t_c)$, $[Q_{ok} + P_i(t_o, t_c)]$ függvényeket Q_c - t_c koordináta-rendszerben.

Az állandósult üzemiállapotot az elpárolgatóból és a kompresszorból álló részegységekből kiindulva meghatározhatjuk. A (7-18-a) egyenletből t_c függvényeként határozható meg a részegységekben kialakuló t_o elpárolgási hőmérséklet: $t_o = t_o(t_c)$.

A 7. 46. a. ábrán az 1,2,3,4,5,6. pontok jelölik az összetartozó t_c , t_o értékpárokat. Ezek ismeretében a $Q_{ok}(t_o, t_c)$ és $P_i(t_o, t_c)$ függvényeket felhasználva meghatározható az e részegységgel a kondenzátorba szállítható hőáram, mint a kondenzációs hőmérséklet függvénye

$$Q(k+e)(t_c) = Q_{ok}(t_c) + P_i(t_c). \quad (7-19)$$

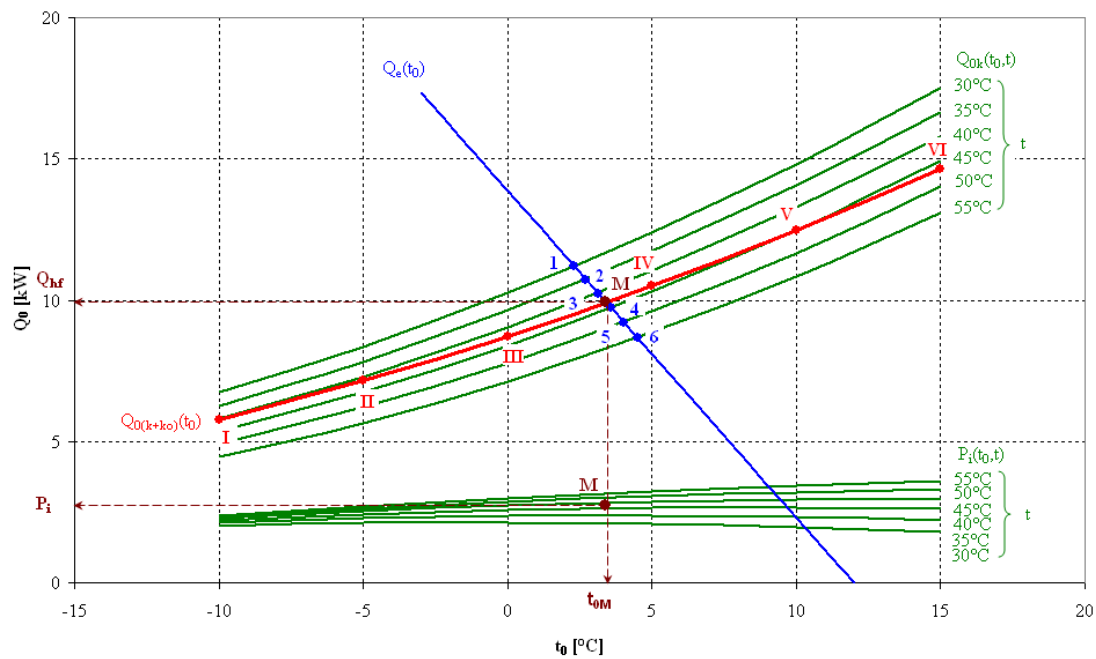
Ez a függvény a 7. 5. b. ábrán a 1,2,3,4,5,6 pontokon áthaladó görbe. A berendezés állandósult üzemiállapotban

$$Q_c(t_c) = Q(k+e); \quad (7-20)$$

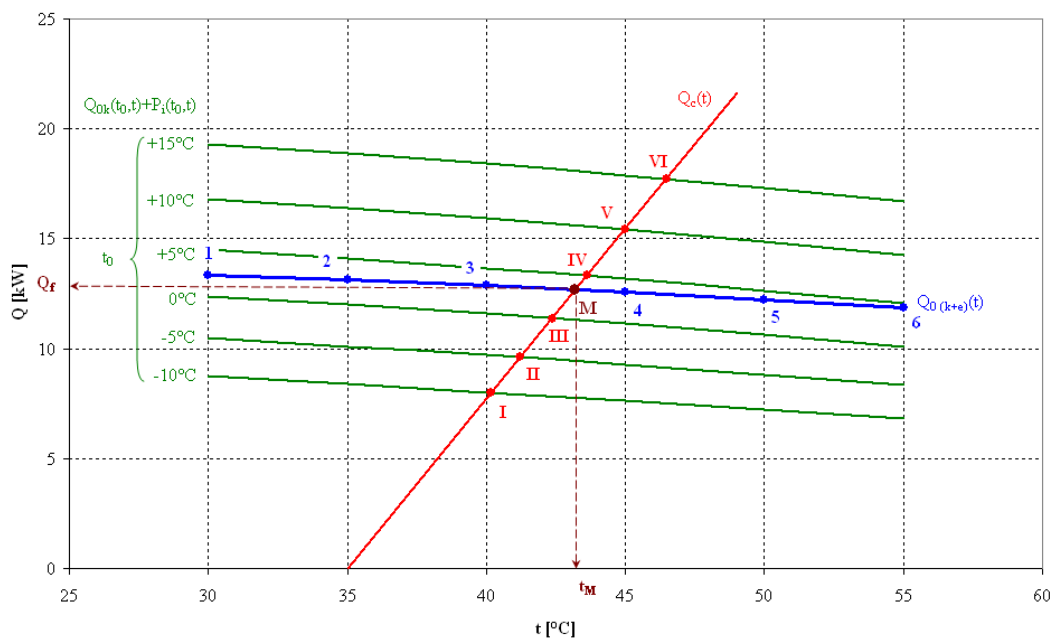
A beállót t_{cM} kondenzációs, t_{oM} elpárolgási hőmérsékletek megállapíthatók, melyek a jelölt M munkapontot határozzák meg.

A 7-18-a, 7-18-b egyenletrendszert másképpen is megoldható, úgy, hogy a 7-18-b egyenlet alapján a t_o elpárolgási hőmérséklet függvényeként meghatározható a kompresszorból és kondenzátorból álló részegységben kialakuló t_c kondenzációs hőmérséklet $t_c = t_c(t_o)$. A 7.46. a. ábrán a I,II,III,IV,V,VI pontok jelzik az összetartozó t_o , t_c értékpárokat. A $t_c = t_c(t_o)$ és a $Q_{ok}(t_o, t_c)$ összefüggéseket használva adódik a kompresszort és kondenzátort magába foglaló részegység $Q_o(c+k)(t_o)$, csak az elpárolgási hőmérséklettől függő hűtőtéljesítménye. Ezt a függvénykapcsolatot a 7.46. a. ábrán az I,II,III,IV,V,VI pontokon áthaladó görbe ábrázolja.

Egyensúlyi helyzetben az elpárolgató $Q_{oe}(t_o)$ és a részegység $Q_o(c+k)(t_o)$ teljesítménye azonosak kell hogy legyenek; ezzel a beállót $t_{cM} = 43.2$ °C kondenzációs, $t_{oM} = 3.4$ °C elpárolgási hőmérsékletek megállapíthatók, amelyek a jelölt M munkapontot határozzák meg. E mellett a hűtőberendezés $Q_{oM} = 10.1$ kW, és a kondenzátornál leadott $Q = 12.8$ kW hőteljesítményét és a $P_{iM} = 2.7$ kW teljesítményfelvételt is, valamint a hűtési üzemmódban a teljesítménytényezője ($COP = 3.74$) is meghatározható. Ezen adatok alapján az adagoló megválasztható.



7.46. a. ábra. A kompresszor és az elpárologtató együttműködése



7. 46. b. ábra. A kondenzátor és (elpárologtató+kompresszor) együttműködése

Az előzőekből következik, hogy az adott elemekből kialakított berendezés hűtőteljesítménye a külső tartománytól, annak jellemzőitől függ:

$$Q_{ob}(t_{h1}, m_h, C_h, t_f, m_a, C_a \dots). \quad (7-21)$$

A bemutatottnál összetettebb, a nyomásvesztésekkel és a környezettel való hőcseréből veszteségekkel is terhelt berendezés állandósult üzemállapota ugyan bonyolultabb, de azonos gondolatmenet alapján határozható meg.

7.8.2 A berendezés változó külső feltételek melletti üzeme

Ahogy azt az előzőekben is bemutattuk, a kompresszoros hűtőberendezés Q_{ob} hűtőtéljesítménye és a P_i teljesítményfelvétele a külső tartománytól függ; azaz a hűtött közeg t_{h1} belépő hőmérsékletétől, m_h tömegáramától, és minőségétől, valamint a természetes közeg belépő t_{a1} hőmérsékletétől, m_a tömegáramától, és minőségétől függ.

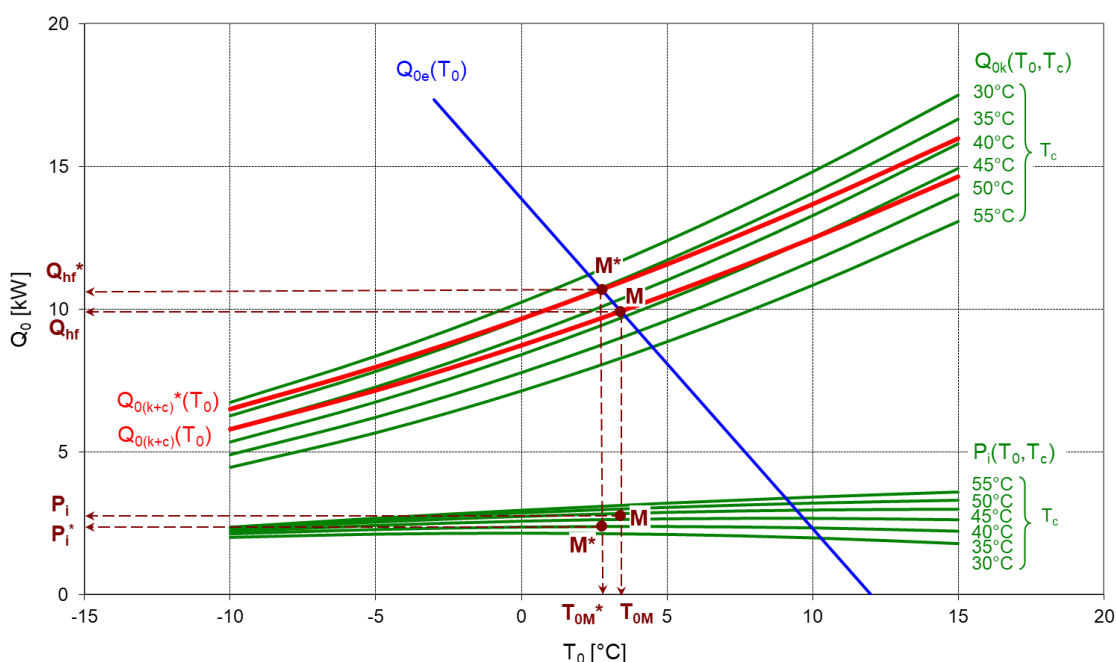
A külső tartomány jellemzői időben változnak és annak következtében az üzemelés során gyakran, esetleg folyamatosan a belső tartomány jellemzői is változnak. Ennek a változásnak a mértéke és iránya elsősorban megfelelő információt biztosít a berendezés szabályozási, vezérlési, védelmi rendszerének megválasztásához, ill. a berendezés energiafogyasztásáról is információt ad. Ez nagyon fontos a hűtőberendezés alkalmazásakor (előre becsülhető a hűtőberendezés energiafogyasztása).

Az adott berendezés és a külső tartomány jellemzőivel együtt az állandósult üzemállapotban a berendezés belső jellemzői meghatározhatók. Így minden, a külső tartományban bekövetkező változás tehát módosítja a berendezés belső tartományában kialakuló üzemállapotot, a berendezés hűtőtéljesítményét és teljesítményfelvételét is.

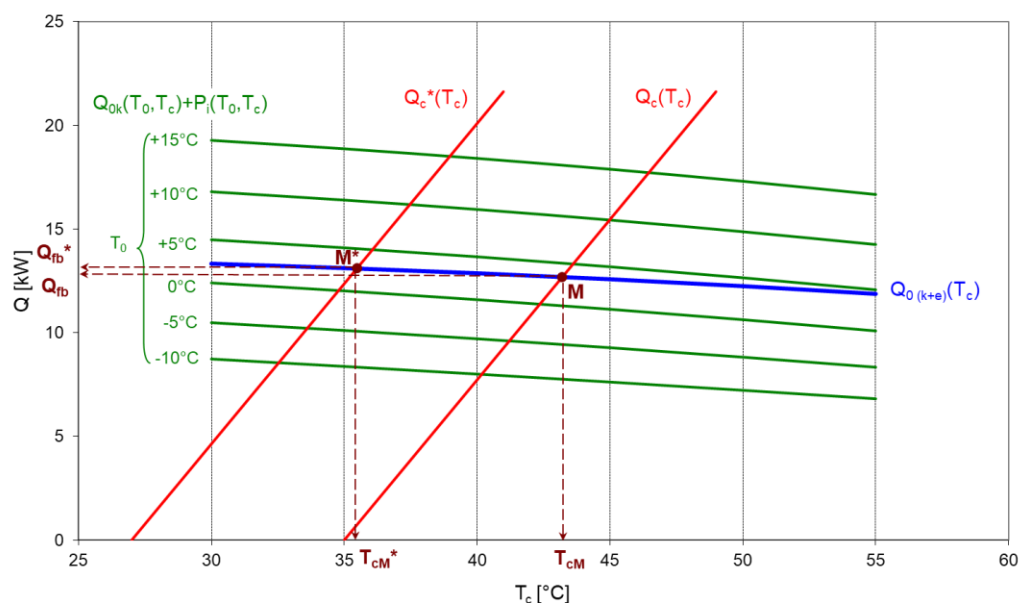
A hűtőberendezés szabályozástechnikailag mindig egy arányos, önbeálló szakaszt jelent, tehát valamelyik üzemi jellemző módosítása ismét állandósult (egyensúlyi) üzemállapotba kerül.

7.8.2.1 A természetes közeg hőmérsékletének változása

Az előző példában, ha a természetes közeg belépő hőmérséklete 35°C -ról 27°C -ra csökken, ahogy az 7.47. a, b. ábrákon is látható, hogy az elpárolgási hőmérséklet csökken $t_o = 2,74^\circ\text{C}$, a kondenzációs hőmérséklet is csökken $t_c = 35^\circ\text{C}$, a berendezés hűtőtéljesítménye növekszik $Q_{ob} = 10,69 \text{ kW}$, és a $P_i = 2,4 \text{ kW}$, C.O.P. = 4,45.



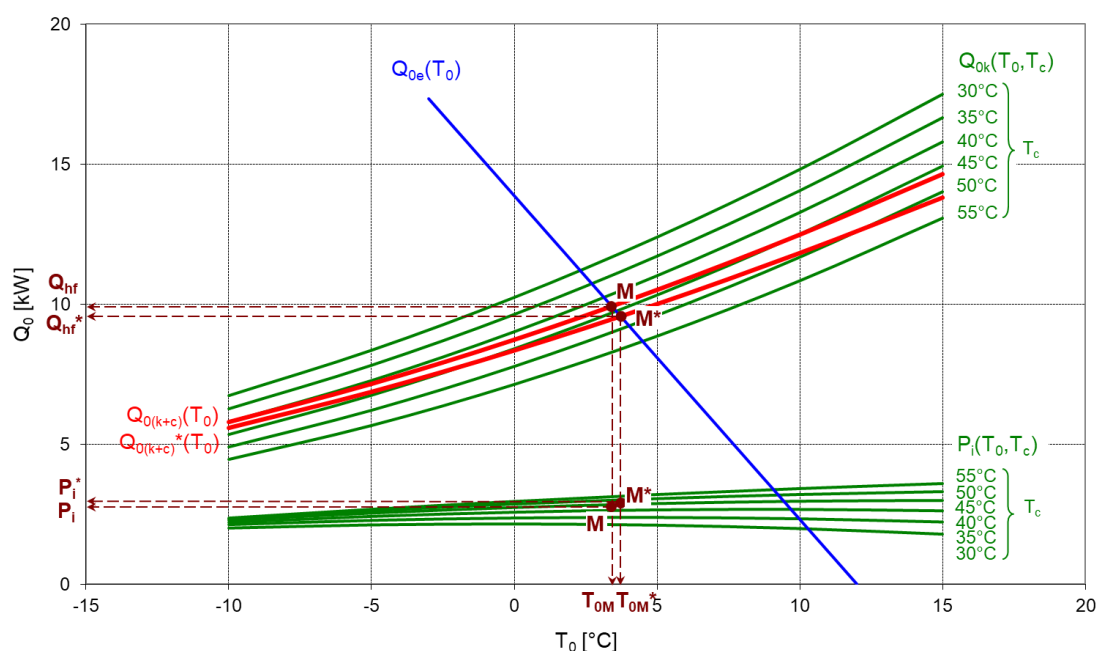
7.47. a. ábra. A természetes közeg hőmérsékletcsökkenésének hatása



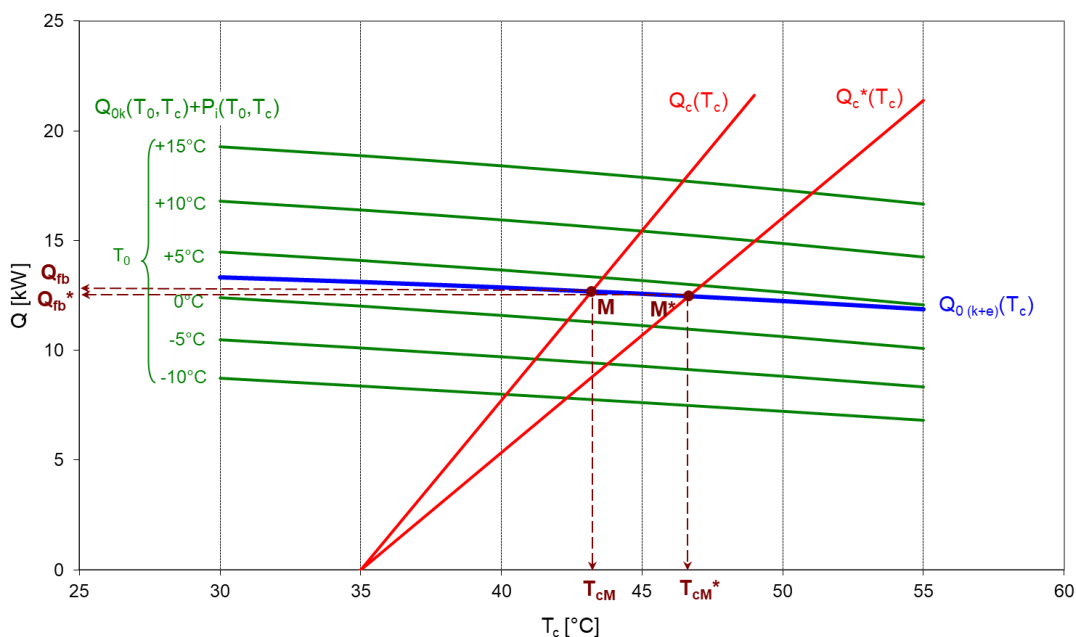
7.47. b. ábra. A természetes közeg hőmérsékletcsökkenésének hatása A hőforrás hőmérséklet változásának hatása.

7.8.2.2 A természetes közeg tömegárama változik

Ebben az esetben, ha a természetes közeg tömegárama csökken, akkor az új munkapont M^* lesz, aminek az eredménye a 7.48. a, b. ábrán látható: az elpárolgási hőmérséklet csökken $t_o = 2,74^\circ\text{C}$, a kondenzációs hőmérséklet is emelkedik $t_c = 47^\circ\text{C}$, a berendezés hűtőteljesítménye csökken $Q_{ob} = 9,5 \text{ kW}$, és a $P_i = 2,6 \text{ kW}$, C.O.P.=3,5 csökken.



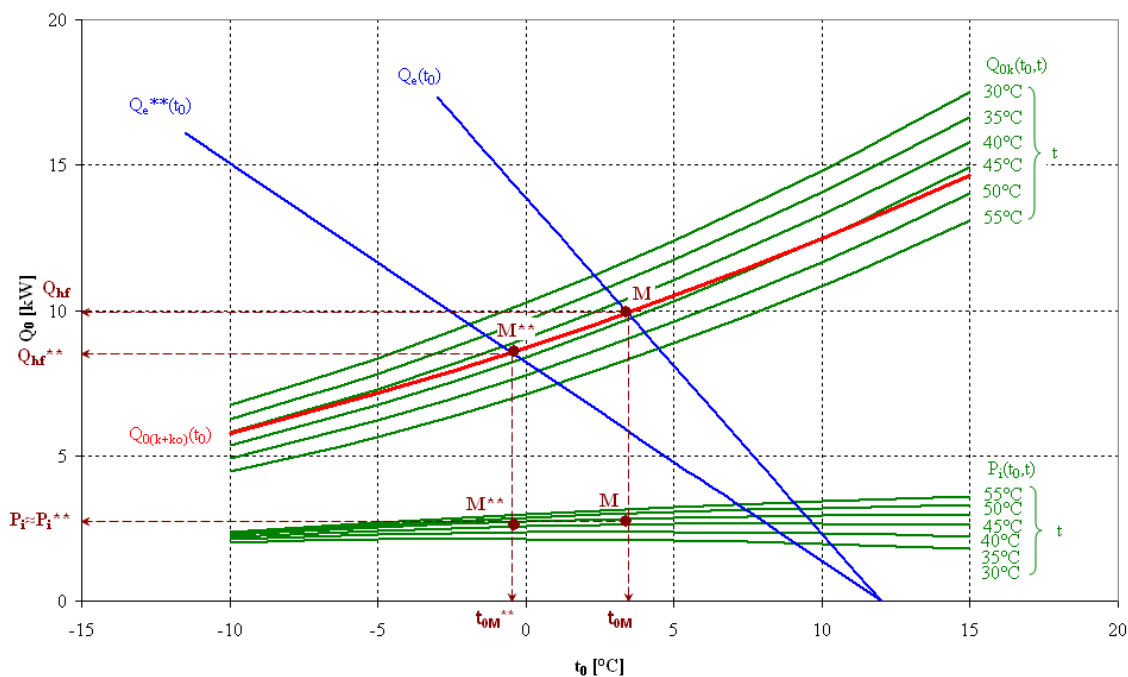
7.48. a. Ábra. A természetes közeg tömegáram-csökkentésének hatása



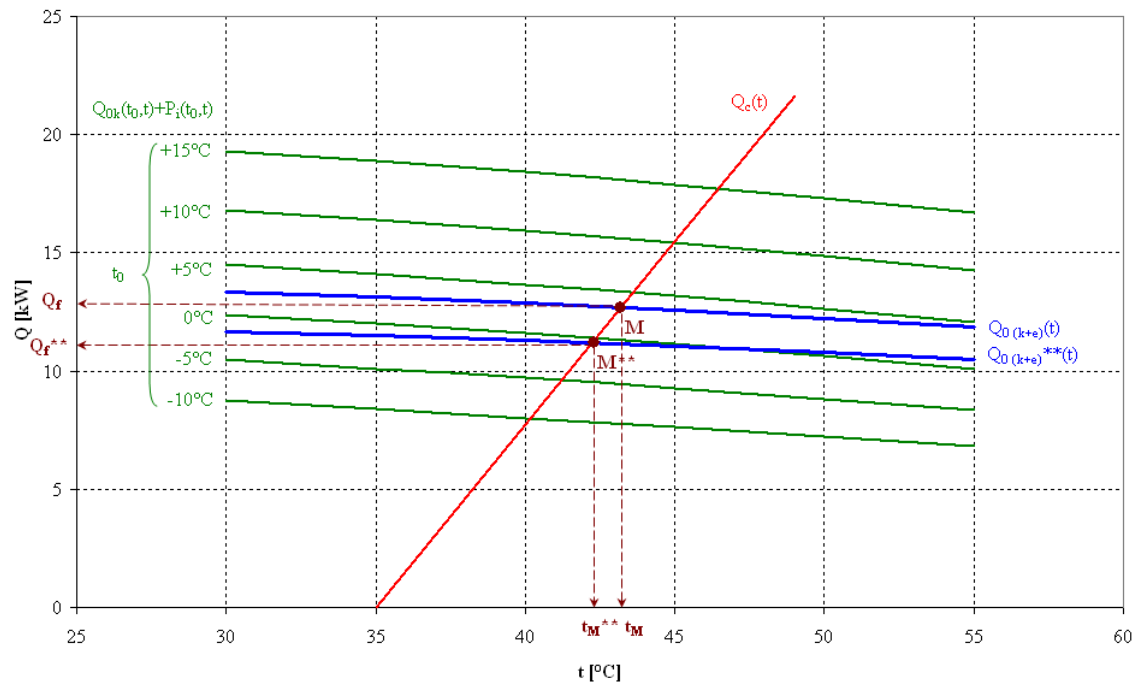
7.48. b. ábra. A természetes közeg tömegáram csökkentésének hatása

7.8.2.3 A hűtött közeg tömegárama csökken

Ha a hűtött közeg tömegárama ($\dot{m}_h$) csökken, akkor, ahogy az a 7.49. a., b. ábrákon is látható, akkor egy új munkapont alakul ki és $t_o = 3,775^\circ\text{C}$, $t_c = 46,6^\circ\text{C}$, $Q_{ob} = 9,57\text{ kW}$, és a $P_i = 2,9\text{ kW}$, C.O.P.=3,3 is csökken.



7.49. a. ábra. A hűtött közeg tömegáram-változásának hatása



7.49. b. ábra. A hűtött közeg tömegáram-változásának hatása

7.9 Esettanulmányok

7.9.1 Eset: Folyadékhűtő kompresszor leégése

<u>Rendszer jellege:</u>	Kompakt folyadékhűtő (léghűtéses kondenzátor), hűtött közeg: víz.
<u>Felhasználás:</u>	Komfort hűtés, +11°C előremenő víz.
<u>Hűtőközeg:</u>	R410A
<u>Rendszer rövid leírása:</u>	112 kW hűtőteljesítményű, 1 hűtőkör, 3 kompresszor (hővédelem nélkül), 2 kondenzátorventilátor, 0 folyadéktartály, 0 mágnesszelep, termosztatikus adagoló, 1 nézőüveg nedvesség indikátorral, kompresszorok között olajkiegyenlítő cső, az elpárologtatón dp kapcsolós áramlásór, nem állítható presszosztátok (alacsony + magas).
<u>Működés:</u>	A berendezés az előre beállított visszatérő hőmérséklet függvényében lépteti be a berendezést hűtésbe és a lehűlési sebesség függvényében lépteti be és ki a kompresszorokat.
<u>Hibajelenség:</u>	A berendezés alacsony- nyomáshibát ír ki, ami az alap felhasználói szinten nem törölhető. Az #1 kompresszor pár nappal korábban leolvasztotta a 32A-os biztosítékot, amit a tulajdonos lecserélt a 3-ból kettőn 20A-os ra. A berendezés nem indul többszöri áramtalanítás után sem.
<u>Hiba ok:</u>	A berendezés #1 kompresszor mágneskapcsolójának kontakt pogácsái teljesen össze vannak égve, és emiatt a kompresszor kapcsolása bizonytalanná vált, a folyamatos 2-3 fázisú működés miatt a kompresszor tekercsei túlmelegedtek, a tekercseken a lakkozás leégett és testzárlatossá vált. A kompresszortekercsek és a test közötti ellenállás 0 Ω. Az alacsony nyomás oka, hogy a folyadékhűtő a beállított hőmérsékleten nem tudott leállni, mert a kompresszor mágneskapcsolója nem tudott oldani.
<u>Megoldás:</u>	A kompresszor és a mágneskapcsolók cseréje.
<u>Tanulság:</u>	Az ilyen berendezéseken a mágneskapcsoló beégések megelőzhetők a megfelelő karbantartások elvégzésével (karbantartáskor üzemórák és kapcsolási számok ellenőrzése), mivel a mágneskapcsoló beégésének valószínűsége a kapcsolások számával exponenciálisan növekszik. Továbbá ellenőrizendő a rendszerhez való illesztés, hogy a kapcsolási számok a lehetőségekhez képest csökkentve legyenek.

7.9.2 Eset: Hibás berendezés kiválasztás állandó alacsony nyomás hiba

<u>Rendszer jellege:</u>	Direkt elpárologtatós légkezelős hűtés (VTS).
<u>Felhasználás:</u>	Technológiai hűtés állandó 100% frisslevegő befűtéssel, +12 °C-os befűtött levegő hőmérséklettel.
<u>Hűtőközeg:</u>	R410A
<u>Rendszer rövid leírása:</u>	1 db kompresszoros (ON/OFF) 40kW hűtőteljesítményű hűtőberendezés külön kicsővezetett légkezelőben elhelyezett direkt elpárologtatóval, termosztatikus adagolóval.
<u>Működés:</u>	A berendezés a befűtött levegő légcsatornájába épített termosztát által érzékelt hőmérséklet függvényében indul (12°C). A berendezés kondenzátor ventilátora presszosztát által szabályozott, de teljesítményszabályozásra nincs lehetőség.
<u>Hibajelenség:</u>	A berendezés a nyári melegben történt beüzemelés után folyamatosan alacsony-nomáshibára áll ki. A hiba törlése után rövid időn belül újra megjelenik a hiba.
<u>Hiba ok:</u>	A berendezést hibásan választották ki a hűtési feladat biztosítására, mert nem vették figyelembe, hogy a maximális hűtési igényen kívül szinte mindig részterhelésen kell a berendezésnek működnie, mivel a méretezési érték a környezeti beszívott +35°C hőmérséklet, és a hűtőteljesítmény ezen az értéken képes a +12 °C befűtött levegő biztosítására. Részterhelésen, pl. +18°C esetén a berendezés ugyanúgy megkapja az üzemjelet, hogy hűtésre van szükség, de mivel a berendezés nem alkalmas részterhelésre, ezért a hűtőkörfolyamat munkapontja ilyen esetben egy olyan értéket tud csak felvenni, ami már a berendezés alacsony- nyomásvédelméen túl van.
<u>Megoldás:</u>	Amennyiben a tulajdonosnak valóban szüksége van a megfelelő hűtés biztosítására, úgy az 1 db ON/OFF kompresszoros egységet ki kell cserélni olyan egységre, amely képes a részterhelés esetén is a megfelelő alacsonyabb hűtési teljesítményt biztosítani. Ilyen berendezések leginkább csak az inverteres kompresszorral szerelt berendezések, amelyeket érdemes elektronikus expanziós szeleppel ellátni, mivel ezek a hűtőköri elemek képesek igen tág határok között lekezelni a szükséges hűtési igényt.
<u>Tanulság:</u>	A berendezések kiválasztásakor nem csak a szélsőértékre való méretezést kell elvégezni, hanem meg kell vizsgálni a berendezés részterhelését is, és ennek figyelembevételével kell kiválasztani a megfelelő hűtőköri egységeket/elemeket.

7.9.3 Eset: Kondenzátor ventilátor szabályozási hiány

<u>Rendszer jellege:</u>	Direkt elpárolgató hűtőaggregát, külön tetőre csövezett kondenzátorral.
<u>Felhasználás:</u>	Élelmiszeripari technológiai hűtés, +6°C biztosítása a helységben.
<u>Hűtőközeg:</u>	R22
<u>Rendszer rövid leírása:</u>	Félhermetikus dugattyús kompresszorral kialakított direkt elpárolgató, léghűtéses hűtőaggregát termosztatikus adagolóval, folyadékgyűjtő tartállyal, alacsony magas nyomás presszosztáttal (működésük bizonytalan).
<u>Működés:</u>	A berendezés a helységbe telepített hőmérsékletérzékelő által indul. De a kondenzátor ventilátor az alacsony szintű vezérlés miatt együtt indul a kompresszorral.
<u>Hibajelenség:</u>	A kondenzátorból kilépő folyadékcső hőmérséklete téli üzemi körülmények között igen alacsony. A kondenzátoron mért utóhűtés mértéke eléri a 35-40K-t. A kompresszor hangos, a mért áramfelvétel a kompresszor adattábláján feltüntetett értékeknél jóval magasabb.
<u>Hiba ok:</u>	A berendezés működését egy termosztát biztosítja, amely indítja és megállítja a kompresszort és ezzel egyszerre indítja a kondenzátor ventilátort, amely kondenzátor az utólagos hűtőköri méretezés alapján hozzávetőlegesen kétszeres teljesítményű, mint amire szükség lenne. Ez okozza a kondenzátor oldali túlűtést, és a rendszer munkapontját az igen alacsony nyomások irányába tolja el.
<u>Megoldás:</u>	A kondenzátorfelületet téli üzem esetén le kell árnyékolni, hogy a szél hatása a túlkondenzációt nem tudja előidézni, és a kondenzátor ventilátor szabályozását nyomásszabályozottá kell tenni vagy ON/OFF presszosztáttal, vagy folyamatos fordulatszám szabályozással.
<u>Tanulság:</u>	A berendezés elemeinek/egységeinek kiválasztásakor figyelembe kell venni a nyári tervezési értéken kívüli állapotokat is, és gondoskodni kell a megfelelő nyomástartásáról is.

7.9.4 Eset: Folyadékhűtő hidraulikus váltó hiánya (vízkör)

<u>Rendszer jellege:</u>	Kompakt folyadékhűtő.
<u>Felhasználás:</u>	Irodaház komfortűtés 7/12°C víz előállítás.
<u>Hűtőközeg:</u>	R410A
<u>Rendszer rövid leírása:</u>	A folyadékhűtő a fogyasztókhoz (Fan-coil, légkezelő, stb.) hidraulikus váltó nélkül, csak a visszatérő ágba épített puffertartályon keresztül csatlakozik. A fogyasztók szabályozását nyit/zár szelepek végzik (nem kétutú/három járatú).
<u>Működés:</u>	A berendezés az előre beállított visszatérő hőmérséklet függvényében lépteti be a berendezést hűtésbe, és a lehűlési sebesség függvényében lépteti be és ki a kompresszorokat.
<u>Hibajelenség:</u>	A folyadékhűtő áramlási hibára vagy alacsony nyomás hibára áll ki.
<u>Hiba ok:</u>	A fogyasztóknál lévő nyit/zár szelepek többségének zárása esetén a rendszer össztérfogatárama lecsökken, a rendszerben keringő víz mennyisége is kicsi, és ezért áll ki áramlás hibára, illetve a folyadékhűtő nem képes a minimálisan beállított kompresszor futási időt lefutni, mert a kis térfogatáram miatt a folyadék lehűlési sebessége olyan nagy, hogy mielőtt megállnánk a beállított hőmérsékleten, azelőtt kiáll a rendszer fagyvédelemre vagy alacsony-nyomáshibára.
<u>Megoldás:</u>	A rendszerbe vagy a fogyasztóknál kétutú szelepet építünk be és így biztosítjuk, hogy a rendszer teljes térfogata átkeringjen a folyadékhűtőn, vagy hidraulikus váltót építünk be a rendszerbe, ami leválasztja a folyadékhűtőt a fogyasztóktól és így mind a folyadékhűtőn, mind a fogyasztókon a szükséges térfogatáram halad át és még a folyadékhűtőben lévő kompresszorok indítási száma is csökkenthető.
<u>Tanulság:</u>	A tervezés fázisában az épületgépészeti oldalon is át kell gondolni a rendszer működését. (Itt megint a részterhelés okozza a problémát).

7.9.5 Eset: Kompresszor leégése

<u>Rendszer jellege:</u>	Csoportaggregát 3 db elpárolgatóval.
<u>Felhasználás:</u>	Technológiai hűtés eltérő helyiséghőmérsékletekkel.
<u>Hűtőközeg:</u>	R404A
<u>Rendszer rövid leírása:</u>	A csoportaggregátos rendszer tartalmaz: 4 db ON/OFF kompresszort, olajleválasztót, 2x3ventillátoros kondenzátort, folyadékgyűjtő tartályt, elektronikus adagolók előtt mágnesszelepeket, elektronikus adagolót, 3 db elpárolgatót (2 db 6°C-os helyiséghőmérsékletet biztosít, 1 db egy kb. 30°C-os térből szív levegőt és kb. 16°C-os helyiség hőmérsékletet biztosít). A különálló elpárolgató az aggregáttól kb. 70 m-re van elcsövezve.
<u>Működés:</u>	A hűtőkör indítását az elpárolgatókhoz tartozó hűtőköri vezérlők végzik, amelyek az elektronikus adagolók működéséről is gondoskodnak. A kompresszorok ki-/beléptetése az elpárolgási nyomás alapján történik. Ezért is van sok ki-/bekapcsolás a kompresszor oldalon.
<u>Hibajelenség:</u>	Igen magas a kompresszor indulások száma.
<u>Hiba ok:</u>	A nagy csövezési távolság miatt 180 kg hűtőközegmennyiség és az eltérő elpárolgási értékek miatt a kompresszorok léptetése igen dinamikus, a rendszerben a nyomások kissé lengenek.
<u>Megoldás:</u>	A nagy csövezési távolság helyett több kisebb aggregát alkalmazása. Szivárgás esetén a jelenlegi rendszerből igen nagy mennyiségű hűtőközeg távozik a légkörbe, ami egyrészt környezetszennyezés, másrészt a pótlása igen költséges a jelenlegi hűtőközeg árak alapján.
<u>Tanulság:</u>	Nem érdemes egy csoportaggregátra mindent rákötni, mert nem biztos, hogy megfelelő gazdaságos hűtés biztosítható vele, cserébe megnő az üzembizonytalanság kockázata.

7.9.6 Eset: Levegő-víz hőszivattyú leolvasztási probléma (vízkör)

<u>Rendszer jellege:</u>	Osztott rendszerű levegő-víz hőszivattyú.
<u>Felhasználás:</u>	Családi ház fűtés-hűtés.
<u>Hűtőközeg:</u>	R410A
<u>Rendszer rövid leírása:</u>	A rendszer fűtésre, hűtésre és HMV készítésre van megalkotva, gyakorlatilag egy kis teljesítményű folyadékűtő, mely képes melegvíz elállításra. 1 db inverteres kompresszor, kondenzátor (fordulatszám szabályozott ventilátor), folyadékgyűjtő tartály, váltószelep, elektronikus expanziós szelep, forrasztott lemezes hőcserélő.
<u>Működés:</u>	A téli fűtés során üzemszerűen le szokott fagyni a berendezés kültéri egységének hőcserélője. Ezt a berendezés az elpárolgási nyomásból és a túlhevítésből érzékeli, és egy forró gázos leolvasztással igyekszik mihamarabb megszüntetni. Ez úgy történik, hogy az eddig előállított melegvíz oldal lesz az elpárolgatótónk. Kis hőkapacitás esetén az előállított melegvíz nem elegendő a megfelelő leolvasztási ciklus elvégzéséhez.
<u>Hibajelenség:</u>	A hőszivattyú fagyponthoz közelében (+3 - -5°C) nem képes a teljes leolvasztási ciklust végrehajtani.
<u>Hiba ok:</u>	A vízkörbe nem építettek be megfelelő méretű puffertartályt vagy hidraulikus váltót, és amikor a leolvasztás folyamata zajlik, akkor a rendszer túlzottan lehül, és hogy ne fagyassza le a lemezes hőcserélőt, idő előtt befejezi a leolvasztási ciklust, vagy megáll a berendezés alacsony víz oldali hőmérsékletére.
<u>Megoldás:</u>	Meg kell növelni a rendszertérfogatot, hogy a leolvasztási ciklus megfelelően végbe tudjon menni.
<u>Tanulság:</u>	Tervek nélkül nem szabad hőszivattyús rendszert építeni, mert az épületgépész kivitelezők ezzel a problémával nincsenek tisztába (pl.: 16 kW hőszivattyú esetén erősen javasolt a minimum 100l puffertartály vagy hidraulikus váltó).

7.9.7 Eset: Kompresszor meghibásodás

Rendszer leírása:	Kereskedelmi célú, mirelit hűtőkamra, amelynek hűtőrendszere 1 db elpárolgatóból és 1 db kültéren elhelyezett egy kompresszoros, kompakt kondenzátor egységből áll.
Hiba leírása:	Hétfő reggel az üzemeltetők tapasztalták, hogy a mélyhűtő kamrában nagyon magas a levegő és a termék hőmérséklete. Kihívták a szakszervízt, akik megállapították, hogy a főelosztóban történt hiba miatt nem kap betápot a hűtőkör. A hiba elhárítását követően a hűtőrendszer újraindult, de a hőmérséklet csak lassan csökkent a betárolt nagy mennyiségű felmelegedett termék miatt, amit később elszállítottak megsemmisítésre. Egy idő után a kompresszor kiállt hibára. A technikusok megállapították, hogy zárlatos, ki kell cserélni. A rendszer alapos átvizsgáláskor kiderült, hogy az expanziós szelep nem MOP-os, így a kompresszor a kamra lehűtése közben az alkalmazási tartományán kívül üzemelt és ez okozta a meghibásodást.
Megoldás:	A kompresszor cseréjekor az adagoló is cserélve lett.
Tanulság:	Expanziós szelep választásakor figyelni kell a kompresszor alkalmazási tartományára. Jellemzően mirelit tartományban működő rendszereknél MOP adagolókat kell alkalmaznunk.

7.9.8 Eset: Hűtőkamra jegesedés

Rendszer leírása:	Kereskedelmi célú, mirelit hűtőkamra, amelynek egy darab elpárologtatója egy központi hűtőrendszerre csatlakozik.
Hiba leírása:	A beüzemelés óta rendszeresen jegesedés alakul ki a hűtőkamra mennyezetén. A kivitelező a túl gyakori ajtónyitást / nyitvatartást jelöli meg a jegesedés okának. Az üzemeltető megelégedve a folyamatos elfagyásokat, másik szakszervizt bíz meg a hiba okának feltárására. A hőfokszabályzó paramétereinek ellenőrzése során kiderült, hogy a kamra elektromos leolvasztásának szabályozása nem a blokk hőmérséklete alapján történik, hanem előre beállított fix időtartamig tart. Így leolvasztáskor a nem lecseppenő olvadékvíz elpárologott és a gőz a kamra mennyezetére kifagyott. Mint kiderült nem csak a beállítás volt rossz, hanem blokkérzékelő sem volt bekötve.
Megoldás:	Érzékelő beépítés, hőfokszabályzó paraméterek módosítása.
Tanulság:	Ha az elpárologtató leolvasztását elektromos fűtőszálakkal oldjuk meg, akkor a leolvasztás hosszát a hőcserélő blokk hőmérsékletére kell szabályozni. E mellett, be kell állítani egy maximális leolvasztási időt, amely elérésekor küldött hibaüzenet tájékoztatni tud minket vagy a blokk túlzott elfagyására vagy fűtőszál meghibásodásra.



7.50. ábra. A hűtőkamra mennyezetének jegesedése

7.10 Hűtőberendezés üzembehelyezése, próbaüzem és a berendezés beszállítása

A hűtőberendezés üzembehelyezése összetett munkaműveletek sorozata. Első lépésben a megrendelő vagy a beruházó adatszolgáltatásának a pontos felmérése történik, ezután a hűtési igények kielégítésére alkalmas hűtőberendezés megtervezése következik, majd annak alapján a szükséges hűtőgépelemek, fő- és segédberendezések, szabályozók, segédszerelvények, csövezetékek, villamos berendezések és egyéb anyagok beszerzésével és ezek helyszíni felszerelésével. Ezeket a munkafázisokat végig azt figyelembe véve kell végezni, hogy a berendezésnek tartósan üzemelnie, működnie kell. Az üzembehelyezést illetve a beüzemelést gyakran – főleg a nagyobb ipari vagy tagolt hűtőrendszereknél – több lépcsőben kell végezni. Ilyen esetekben arra kell tekintettel lenni a második és azt követő lépcsők szerelésénél, hogy az előző lépcsőben elkészült illetve beüzemelt rendszer már üzemszerűen működik. Ez különösen fontos ammóniás és szénhidrogénes berendezéseknél, mivel ezek tűzveszélyesek. A hegesztésekre kell különösen figyelni és meg kell tenni a megfelelő óvintézkedéseket.

7.10.1 Az üzembe helyezés

A hűtőberendezés üzemszerű beindításához a próbaüzem megkezdéséhez előírásban szereplő dokumentumokra is szükség van, amelyeknek rendelkezésre kell állniuk, illetve a helyszínen kell lenniük:

- a hűtőberendezés tényleges (megvalósult) gépészeti és villamos terveinek, de legalább a kapcsolási rajzainak,
- az üzemeltetési leírásnak és utasításnak,
- a próbaüzem tervének, leírásának és utasításnak,
- a berendezés kezelési utasításának,
- az elzárószelepek üzem közbeni állásának adatainak,
- az automatika elemek (szabályozók, védelmi és egyéb automatikák) beállítási értékeinek és műszaki jellemzőinek,
- a villamos berendezések beszállítási, beállítási adatainak,
- a villamos és gépészeti részek egészség-, és munkavédelmi utasításainak,
- a környezetvédelmi előírásoknak,
- a tűzrendészeti és vagyonvédelmi előírásoknak.

Az üzembehelyezést végző szakembereknek ezeket ismernie kell. Ha teljesítettük az üzembe helyezés műszaki, technikai és személyi feltételeit, a berendezést beindíthatjuk és megindulhat a próbaüzem.

7.10.2 Az üzemeltetés és ellenőrzés

Az üzembehelyezést követően a hűtőberendezést a megrendelő vagy a megbízottja üzemelteti. Az üzemeltetés szempontjából többféle hűtőrendszert különböztethetünk meg, első a felügyelet nélküli automatikus üzemeltetés, a második lehetséges az időszakos ellenőrzést igénylő félautomatikus vagy automatikus, a harmadik az állandó felügyeletet igénylő félautomatikus vagy automatikus hűtőrendszer. Bármelyik rendszerről legyen is szó, a hűtőberendezés biztonságos működése, a hűtési feladat korrekt ellátása érdekében bizonyos ellenőrzésekre – a rendszer fajtájától, nagyságától függően – mindig szükség van. A felügyelet nélkül üzemelő automatikus berendezésnél az üzemeltető általában csak a hibakijelzést észleli és ki-, vagy bekapcsolja a berendezést, más feladata nincs. A berendezés megfelelő vagy nem megfelelő működését azzal érzékeli vagy ellenőrzi, hogy a hűtött rendszer hőfoka megfelelő-e vagy nem. Megfigyelhető a léghűtő deresedése, jegesedése, esetleges szennyeződés megjelenése a léghűtésű kondenzátor külső felületén. Észlelései alapján a szakszemélyzet közreműködését kérheti a hibák elhárítására. A legkorszerűbb, felügyelet nélkül üzemelő automatikus hűtőberendezések számítógéppel vezérelt elektronikus felügyeleti rendszerek ellenőrzése alatt működnek, amelyek a legfontosabb üzemi adatok folyamatos regisztrálása mellett lehetővé teszik a rendszer távellenőrzését, illetve üzemi paramétereinek akár távoli ellenőrző központból történő módosítását, megfelelő biztonsági kódok ismeretében.

Az időszakos ellenőrzés illetve felügyelet mellett üzemelő automatikus vagy félautomatikus berendezéseknél az üzemeltető már nem csak ellenőrzi, hanem esetlegesen be is avatkozik a hűtőrendszer működtetésébe. Fagyasztó készülék esetében a fogyasztott áru berakodása után a hűtőberendezést beindítja, aztán magára hagyja, ha a készülék félautomatikus, akkor a készülék a fagyasztás végén automatikusan kikapcsol. Hasonlóan működnek a feldolgozó üzemek érlelő és füstölő készülékeit kiszolgáló hűtőberendezések. Az üzemeltetést végzők ezeket a hűtőberendezéseket szükség szerint ki- vagy bekapcsolják, melyek bekapcsolás után automatikusan működnek. A kezelőszemélyzet ilyenkor az adott berendezés kezelésére betanított műszaki személyzet folyamatos ellenőrzési tevékenységet is ellát, üzemnaplót vezet, amelyben rögzítésre kerülnek a hűtőberendezés

működésével kapcsolatos észrevételeik. Ellenőrzik az egyes berendezésrészeket, például az olajsintet a kompresszorokban, a léghűtő leolvasztó rendszerének működését, a léghűtésű kondenzátorok külső felületének elszennyeződését, a hűtő- és a közvetítőközeg, a hűtővízkör tömítettségét, a hűtőrendszerbe épített ventilátorokat, víz szivattyúkat, közvetítőközeg-szivattyúkat vagy a hűtőrendszer villamos berendezését. Az üzemeltető ilyen esetben is szakcéget, szakszemélyzetet vesz igénybe a hibajavítására.

Állandó felügyeletet a nagyipari, például az ammóniás hűtőberendezések igényelnek. Az ilyen berendezéseknél a kezelőszemélyzet hűtőgépkészítői szakvizsgával rendelkező szakszemélyzet és a kiegészítőként betanított segédszemélyzetre van szükség. Előnyös, ha a kezelőszemélyzetből, vannak, akik rendelkeznek hűtőgép- illetve hűtőkompresszor-szerelői szakvizsgával. A személyzet ilyenkor nem csak működteti, hanem az esetleges hibákat is kijavítja. Rendszeresen ellenőrzi a hűtőrendszert, üzemnaplót vezet, amelyben tulajdonképpen naprakészen rögzíti a hűtőrendszer összes műszaki adatait. Tervszerűen ellátja a hűtőberendezés fő részei számára kötelezően előírt ellenőrzési feladatokat és elvégzi a szükséges szűrőtisztításokat, esetleges cseréket és az olajcseréket stb.

Irodalom a 7. fejezethez

- [1] Hűtőberendezések és hőszivattyúk. Biztonsági és környezeti követelmények. MSZ EN 378-1: 2016
- [2] Jakab Z.: Kompresszoros hűtés I., II. 2. javított kiadás. Hűtő- és Klimatechnikai Vállalkozók Szövetsége. Budapest, 2006.
- [3] Láng L., Jakab Z.: Hűtéstechika. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1984.
- [4] ASHRAE Handbook- Fundamentals SI edition 2009.
- [5] Ádám Béla, Büki Gergely, Maiyaleh Tarek: Geotermikus energia” Hőszivattyúzás”. Mérnöki Kamara Nonprofit Kft. Budapest, 2013.
- [6] Dr. Jakab Zoltán: Háztartási hűtőbútorok és komfort léghűtők. Hűtő- és Klimatechnikai Vállalkozók Szövetsége és a Magyar Mediprint Szakkiadó Kft. közös kiadása Budapest, 2002.
- [7] REAL Alternatives 4 LIFE learning programme

8 Hulladék, hulladékkezelés (Szerk.: Juhász László)

8.1 Hulladék, veszélyes hulladék fogalma, vonatkozó jogszabályok rövid ismertetése

Első lépésként vizsgáljuk meg, hogy milyen nemzetközi és hazai rendeletek szabályozzák a hűtő és klimatechnikai vállalkozások lefejtett hűtőközeggel kapcsolatos feladatait és kötelezettségeit.

A fluortartalmú üvegházhatású gázokról és a 842/2006/EK rendelet hatályon kívül helyezéséről szóló az Európai Parlament és a Tanács [517/2014/EU Rendelete](#) (2014. április 16., a továbbiakban: 517/2014/EU rendelet) szerinti kötelezettség, hogy a berendezések – ideértve a mobil berendezéseket is – üzemeltetőiknek vissza kell nyerniük a hűtőközegeket képesített szakemberek által. A visszanyert anyagokat újrahasznosítani, regenerálni, vagy ártalmatlanítani kell.

- Újrahasznosítás: a berendezésből lefejtett hűtőközeg alapvető tisztítást követő, ismételt felhasználása. Alapvető tisztítási folyamat alatt értjük mindazon munkafolyamatokat, amelyek az adott helyszínen elvégezhetőek. Ilyen tevékenység a hűtőközeg nedvesség és savszűrése.
- Regenerálás: a visszanyert hűtőközeg oly módon történő újrafeldolgozását jelenti, amelynek végterméke megegyezik az új hűtőközeg kereskedelmi specifikációjával, azaz megfelel az AHRI 700 szabványban előírt követelményeknek. A regenerálás több egymást követő folyamat összessége. Az adott helyszínen nem végezhető el.
A GWP-jük miatt tiltás, vagy korlátozás alá eső hűtőközegek, amennyiben regenerálásra kerülnek, a javítási, karbantartási célú felhasználhatóságuk időben kitolódik. Ilyen eset például a 2500 vagy a feletti GWP-jű, hűtőközegeké, mivel azok használata javítási, karbantartási céllal 2030. január 1-ig engedélyezett, abban az esetben, ha a hűtőközeg palackon elhelyezett címkén feltüntetik, hogy az abban lévő anyagot regenerálták. Továbbá, a címkén szerepeltetni kell a gyártási (regenerálási) tételszámra, a regeneráló létesítmény nevére és címére vonatkozó információkat.
- Ártalmatlanítás: hűtőközegek esetében az anyagok szabályozott módon történő elégetését jelenti.

A 14/2015. (II. 10.) Korm. rendelet a fluortartalmú üvegházhatású gázokkal és az ózonréteget lebontó anyagokkal kapcsolatos tevékenységek végzésének feltételeiről (a továbbiakban: 14/2015. Korm. rendelet) értelmében: a lefejtett közeg - amíg jogszabály nem tiltja - ugyanabba a hűtőkörbe, a szükséges tisztítást követően visszatölthető, vagy regenerálás után más hűtőkörben újra felhasználható. Visszatöltés előtt a rendszer tömörségét ellenőrizni kell.

Fontos megemlíteni, hogy a regenerálás és ártalmatlanítás engedélyhez kötött tevékenység. Hűtős és klímás vállalkozás alanyi jogon nem végezhet ilyen tevékenységet!

Vizsgálatunk következő lépése, a lefejtett hűtőközeg státuszát meghatározó jogszabályi környezet megismerése.

A [2012. évi CLXXXV.](#) törvény a hulladékról (a továbbiakban: hulladék törvény), mely többek között definiálja a hulladék és a veszélyes hulladék fogalmát.

- Hulladék: bármely anyag vagy tárgy, amelytől birtokosa megválnak, megválni szándékozik, vagy megválni köteles.
- Veszélyes hulladék: a hulladék törvény 1. mellékletében meghatározott veszélyességi jellemzők legalább egyikével rendelkező hulladék.

A következő veszélyességi jellemző jól szemlélteti a hűtőközegek környezetkárosító hatását.

„HP 14 »környezetre veszélyes (ökotoxikus)«: olyan hulladék, amely azonnal vagy késleltetve veszélyt jelent vagy jelenthet egy vagy több környezeti elemre.”

Példaként említhetjük egyes hűtőközegek ózonlebontó képességét, vagy a globális felmelegedésben játszott szerepét. Szükséges megjegyezni, hogy egy tiszta hűtőközeg is rendelkezik környezetkárosító hatással. Viszont a berendezésből lefejtett anyag alapvető környezetkárosító hatása tovább fokozódik – az egyéb belekerült szennyeződések miatt (pl.: kompresszorolaj, savasság, egyéb szilárd szennyező, víztartalom stb.). A gyakorlatban több esetben előfordul a szabályozások ellenére, hogy a lefejtett hűtőközeget – minden kontroll nélkül – betöltik egy másik, működő hűtőkörbe. Ezt a gyakorlatot a jogszabályi előírásokon túl, a szakmának is el kellene utasítania, hiszen nagyfokú kockázatot jelent a működő berendezésre, valamint a környezetre egyaránt.

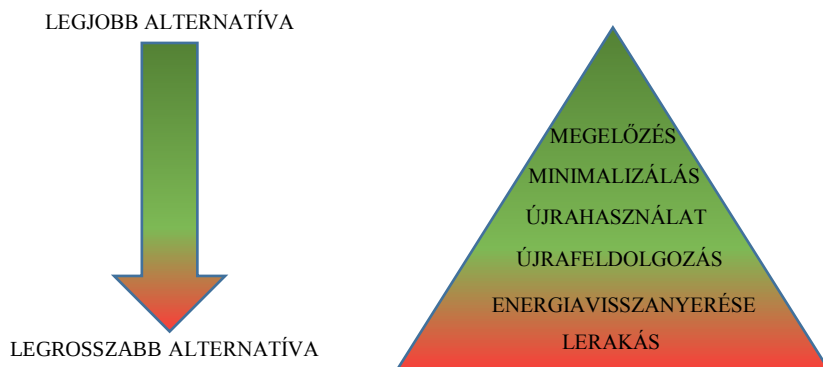
Egy új hűtőközeg esetében, ezek a szennyezők nem találhatók meg, vagy csak a szabványban rögzített mértékben vannak jelen. Ezért szükséges a lefejtett hűtőközeg esetében a veszélyes hulladékokra vonatkozó előírásokat mindig betartani.

A hulladék törvényben fontos irányelvként található a hulladékhierarchia, vagy más néven hulladék piramis, mely a vállalkozások tevékenysége során kötelezően betartandó.

Alkalmazási sorrendje a következő:

- hulladékképződés megelőzése, minimalizálása,

- a hulladék újrahasználatra történő előkészítése,
- a hulladék újrafeldolgozása,
- a hulladék egyéb hasznosítása, különösen energetikai hasznosítása, valamint
- a hulladék ártalmatlanítása, lerakása.



A vállalkozásoknak tevékenységük során törekedniük kell arra, hogy a lehető legkisebb mértékben keletkezzen hulladék. Amennyiben ez nem lehetséges, válasszuk a legkörnyezetkímélőbb megoldást. A felsorolásból jól látható, hogy az ártalmatlanítás (hűtőközegek esetében az égetés) a piramis alján található, ezáltal a lehető legrosszabb megoldást jelenti, hiszen az égetés során jelentős energiát kell felhasználni, továbbá az égés során jelentős károsanyag-kibocsátás történik. Ezért minden olyan tevékenység, amely a piramisban fölötte helyezkedik el, jobb megoldást jelent.

Magyarországon az Európai Hulladék Katalógus (EWC) alapján sorolják be a keletkező hulladékokat. A hulladékjegyzékről szóló [72/2013. \(VIII. 27.\) VM rendelet](#) tartalmazza, az egyes hulladékok 3x2 jegyű számokkal jelzett EWC kód besorolását. A veszélyes hulladéknak minősülő hulladékok esetében az EWC kódnál * jellel van jelezve a veszélyes hulladék státusz. A hűtőközegek EWC kódja: **14 06 01*** klór-fluor-szénhidrogén, HCFC, HFC.

8.2 Hulladékok szállítása

A hulladékok szállításával kapcsolatban minden esetben be kell tartanunk az ADR előírásait is. Az **ADR, a Veszélyes Áruk Nemzetközi Közúti Szállításáról szóló Európai Megállapodást** jelenti, melyet Magyarország a belföldi szállítások esetében is alkalmaz. Az ADR-t a Megállapodás és a hozzá csatolt két melléklete (A és a B) alkotja.

Veszélyes árunak nevezzük az olyan anyagokat és tárgyakat, amelyek szállítását az ADR tiltja, vagy csak feltételekkel engedi meg. Gyakorlati megfogalmazás: a szállítási szabályozásokban szereplő, valamely veszélyességi osztályba besorolható anyag, termék, tárgy stb. Például: gázok, hajtógázos aeroszolok (dezodorok, tejszínhab, légfrissítők), öngyújtók, oldószerek, üzemanyagok, festékek, ragasztók, gyufák, műtrágyák, erős tisztítószerek, akkumulátorok stb. Az **ADR 9 veszélyességi osztályt** határoz meg. A hűtőközegek a 2-es veszélyességi osztályba tartoznak. Az egyes osztályokon belül három csomagolási csoportot különböztetünk meg, amely alapján kiválasztható a megfelelő csomagolóeszköz.

- I. csomagolási csoport: nagyon veszélyes anyagok.
- II. csomagolási csoport: közepesen veszélyes anyagok.
- III. csomagolási csoport: kevésbé veszélyes anyagok.

A veszélyes áru további azonosítása UN-számokkal történik. UN-számok: az anyagok és tárgyak négyjegyű azonosító száma az UN betűjelek után. (Pl.: R-134a hűtőközeg: UN 3159) Az anyag függvényében a helyes szállítási megnevezés, csomagolási csoport, bárca vagy osztályozási kód megadása szükséges.

Szükséges eloszlatni azt a szakmai körökben keringő hírt, miszerint a hűtőközeg szállítására nem vonatkozik az ADR előírása. Vannak bizonyos esetek, melyeknek figyelembevételével mentességgel szállíthatóak bizonyos termékek. **ADR mentességgel** történő szállítás az 1.1.3.6 mentesség. Az ADR 1.1.3.6. szállítás kritériumai:

- kis szállítási mennyiség (maximum 1000 kg vagy 1000 liter),
- szállítási kategória (0-4; 0 → a mentesség nem alkalmazható!),
- minősített csomagolóeszköz,
- jelölés (UN-szám),
- bárca (bárcák),
- ADR előírásoknak megfelelően kitöltött fuvarokmány (különleges kiegészítés már nem kötelező, de hasonló bejegyzése javasolt),

➤ a fuvarokmányban a szállított veszélyes áru összmenyiségét szállítási kategóriánként kell megadni. A mentességi szállításokra a fentiekén kívül még számos előírás vonatkozik (pl.: rakományrögzítés, szállítójármű épsége, tisztasága).

Mindössze néhány előírás alól mentesül a szállítás:

- közbiztonsági előírások,
- jármű jelölés,
- írásbeli utasítás,
- ADR bizonyítvány a járművezető részére (1.1.3.6 szerinti képzéssel kell rendelkeznie),
- jármű felszerelése (DE! 1 db tűzoltó készülék kötelező),
- alagútkorlátozások,
- nem kell biztonsági tanácsadót alkalmazni.

A fenti felsorolásból jól látható, hogy nem létezik olyan, hogy az ADR nem vonatkozik a hűtőközegek szállítására, csak bizonyos könnyítések léteznek. A hűtőközeg hulladékként történő szállítására esetén minden esetben be kell tartani az ADR előírásait!

Az eddigiekben megismerhettük azokat a jogszabályokat, amelyek kötelezőek a lefejtett hűtőközeggel kapcsolatos tevékenység végzéséhez.

8.3 Hűtéstechikai beavatkozások, melynek eredményeként veszélyes hulladék keletkezik

Ebben a részben kitérünk ezen beavatkozások okaira, következményeire.

Milyen tevékenységekből keletkezik hulladék?

- A. Javítás, karbantartás. A tevékenység végzésénél egyéb hulladékok keletkeznek: lefejtett kompresszorolaj, lefejtett hűtőközeg, használt hűtőberendezés, használt szűrők, olajos rongy, festékes göngyöleg, különböző aeroszol göngyöleg, különböző tisztítószer göngyöleg.
- B. Berendezés átállítása. Az Európai Unió szabályzások hatásaként egyre inkább fókuszba kerülnek azok a megoldások, amelyek előtérbe helyezik a fenntarthatóságot, a szénlábnym-csökkenést és az enrgiahatékonyságot. A működő berendezések esetében is egyre inkább preferálják azokat a megoldásokat, amelyekkel a meglévő rendszerek tovább üzemeltethetők egy alacsonyabb GWP-jű (Global Warming Potential - a GWP érték megmutatja, mennyire járul hozzá egy vegyi anyag a globális felmelegedéshez, hányszoros a hatása a CO2 molekulához képest) és kedvezőbb környezeti hatást kifejtő anyag használatával. Gondoljunk csak az elmúlt időszakban végrehajtott az R-22 hűtőközeg betiltására és az R-22 különböző kiváltó hűtőközegeire (pl.: R-417-A, R-422A, R-422D, R-427 stb.). Az [517/2014/EU](#) rendelet tiltásainak köszönhetően egyre több hűtőközeg estében merül fel az igény a retrofitálásra (a meglévő berendezések átállítása új hűtőközegekre). A leginkább érintett szektor a kereskedelmi hűtés. Ezért napjaink és az elkövetkező évek egyik legfontosabb kihívása, a 40 tonna CO2 egyenértéket meghaladó R-404a-val működő rendszerek átállítása egy alacsony GWP-jű, a szabályzásoknak megfelelő új hűtőközegekre. Pl.: R-407F, R-407H, R-448A, R-449A stb. Az átállítás előtt több dolgot is meg kell vizsgálni ahhoz, hogy optimális döntést hozzunk. A vizsgálat tárgyát képezi a berendezés műszaki állapota, életkora, a rendszer gáztömörsege, valamint, hogy gazdaságilag megéri-e még üzemeltetni a berendezést. Napjainkban egyre nagyobb fókusz irányul a természetes hűtőközegekre és az alacsony GWP-jű hűtőközegekre (részlegesen fluorozott olefin (angolul: hydrofluoroolefin) - HFO). Ilyen anyagok használata esetén, új rendszereket kell telepíteni, mivel nem kompatibilisek a régi rendszerekkel. Ezekben az esetben, a régi berendezések is hulladékká válnak.
- C. Berendezés megszüntetése, felszámolása. Ebben az esetben hulladéknak minősül a berendezés, a benne található anyagok (pl.: kompresszor, olaj, csövek stb.). Ezen - veszélyes hulladéknak minősülő - anyagok szakszerű ártalmatlanításáról gondoskodni szükséges.
- D. Hűtőközeg minőségének romlása. Egy jól működő hűtőkörben a hűtőközeg több évig vagy akár több tíz évig hibátlanul üzemel. A gyakorlatban nem ilyen idilli az állapot.

A hűtőközeg minőségi romlását az AHRI 700 szabvány előírásain keresztül mutatjuk be.

a) Összetétel: a hűtőközeg tisztaságnak min. 99,5 %-nak kell lenni. Keverék hűtőközeg esetén (blendek) az alkotóelemek összetétele minden esetben pontosan meghatározott. A szabványtól eltérő összetétel esetén a hűtőközeg tulajdonsága megváltozik és a berendezés teljesítménye is jelentősen csökken. A gyakorlatban ez az állapot, keverékek szivárgása esetén állhat elő ott, ahol a két fázis (gőz, folyadék) együtt van jelen. Nincs pontos szabályozás arra vonatkozóan, hogy hány %-os szivárgásnál kell cserélni a keverék hűtőközeget. A szakkönyvek előírásai alapján szivárgás esetén, teljes hűtőközegcsere javasolt. Ez a valóságban nehezen kivitelezhető, mert a hűtőközegcsere és a lefejtett hulladék-kezelés jelentős költséggel is járhat. Ezért minden esetben a javítást végző szakember dönti el, a birtokában lévő információk alapján, hogy a rátöltés vagy a csere mellett dönt. A hűtőközegek összetétel-változással járó problémára példaként említhetjük, az R-407F, illetve az R-407C hűtőközeget, mely ugyanazon három összetevőből áll, de a %-os összetételük különböző. Ezek alapján

felhasználási területük is eltérő. Az R-407F hűtőközeget normál és mélyhűtő-tartományban, míg az R-407C hűtőközeget klímata tartományban használják.

b) Víztartalom: a hűtőközeg víztartalma maximum 10 ppm lehet. A magasabb víztartalom jelenléte és a magas kompresszió vég hőmérséklet együttes hatásaként a hűtőközeg bomlik. A bomlásból keletkező szabad fluor atomok a vízzel reakcióba lépve, hidrogén-fluorid (HF) savat alkotnak. A keletkező sav jelenléte a kompresszor leégéséhez is vezethet. (A sav oldja a motorvédő zománcot/lakkot.) Továbbá erősen toxikus a HF maró hatása miatt, ezt szivárgáskor is figyelembe kell venni.

c) Savtartalom: a hűtőközeg savtartalma maximum 1 ppm lehet. A magasabb savtartalom korróziót és kompresszor leégést okozhat.

d) Nem kondenzálódó gázok (nitrogén, levegő): a hűtőközeg nem kondenzálódó gáztartalma maximum 1,5% lehet. Amennyiben az érték ennél magasabb, a kondenzációs nyomás növekszik, és vele együtt nő a kompresszió vég hőmérséklete, ami a hűtőközeg bomlását idézheti elő. Túl nagy mennyiségű nem kondenzálódó gázmaradvány esetén a rendszer leállításához vezethet.

A fentiekből jól látható, hogy a rendszerben milyen fontos, hogy a hűtőközeg minősége megfeleljen a szabványban előírtaknak. Ellenkező esetben, nem visszafordítható folyamatok bekövetkezése, a berendezés nem megfelelő működése, és garanciális problémák várhatóak.

A fent felsorolt összes tevékenységek végzéséből veszélyes hulladék keletkezik!

8.4 Hűtőközegek visszanyerésének általános szabályai

Megfelelő tároló eszközök, és az azokkal szemben támasztott követelmények ismertetése

A berendezésből eltávolítandó hűtőközeg (veszélyes hulladék) lefejtéséhez ugyanazokra a berendezésekre és eszközökre van szükség, amit a hűtés és klimatechnikai vállalkozások a mindennapi munkájuk során használnak. Ezek: megfelelő teljesítményű lefejtőgép, megfelelő hosszúságú és nyomású flexibilis tömlők, hűtőközeg palackok, mérleg és egyéni védőfelszerelés. Meg kell jegyezni, hogy a hulladékokkal történő munkavégzéshez más eszközöket javasolt használni (külön erre a célra rendszeresített palack és flexibilis tömlők), mint az új anyaggal történő munkavégzés során. Ezzel elkerülhető, hogy egy későbbi munkavégzés során egy jól működő rendszer beszennyeződjön. A lefejtés során törekedni kell arra, hogy a lehető legkisebb mennyiségű hűtőközeg kerüljön a környezetbe. A zárt rendszerű technológiai előírások betartása kötelező.

A visszanyerés egyik legfontosabb eszköze a megfelelő tárolókapacitás biztosítása, azaz a megfelelő hűtőközegpalack.

A palackot csak abban esetben szabad használni, ha rendelkezik **érvényes hatósági vizsgával**. Ez az utolsó hatósági vizsgálatról számított 10 éves időtartamot jelenti. Ellenőrizni kell a palackon a palack nyomáspróbáját, és a hatósági jel meglétét. A palack nyomáspróba értékének magasabbnak kell lennie, mint a lefejtendő hűtőközegre vonatkozó próbanyomás értéke. A jelölések csak akkor elfogadhatóak, amennyiben sértetlenek és jól láthatóak. Sérült palack használata tilos! Használat előtt meg kell győződni a palack gáztömörtségéről és a szerelvények sértetlenségéről. Sérült palack semmilyen körülmény között nem használható. Példaként említendő: ha minimum egy méter magasból egy palack kemény talajra esik sérültnek kell tekinteni. Továbbá, nem használható a palack, ha éles sérülés vagy horpadás látható rajta. Szintén tiltott az átalakított palackok bármilyen célú használata. Gyakorlatban jó példa erre az eldobható palackok szabálytalan átalakítása, majd az ezt követő használata.

Óvakodnunk kell a palackok túltöltésétől. A túltöltés során jelentős kockázata lehet a töltet elvesztésének, az anyag légkörbe jutásának, mely további környezetkárosítást okoz. A szétterjedő gáz fulladást, vagy égési sérülést is okozhat. A palack túltöltése esetén, már kis hőmérséklet-emelkedés bekövetkezésekor is jelentős nyomásnövekedés léphet fel, amitől a szelep kinyílhat, vagy a palást megrepedhet. Szintén fontos a használt hűtőközegre vonatkozó töltési együttható ellenőrzése. A megengedett legnagyobb töltet (kg) kiszámításához a palack ürtartalmat (l) meg kell szorozni a szóban forgó hűtőközeg ADR szerinti töltési együtthatójával, majd a kapott eredményt meg kell szorozni 0,8-cal.

A lefejtett hűtőközegek esetében csak az eredeti töltet 80%-ára tölthető a palack, mert a lefejtendő hűtőközegben hozzákeveredett olaj is lehet.

$$\text{megengedett legnagyobb töltet (kg)} = \text{palack ürtartalom (l)} \times \text{hűtőközeg ADR szerinti töltési együtthatója} \times 0,8$$

Miután meghatároztuk a tárolható mennyiséget, meg lehet kezdeni a lefejtést. A lefejtőpalackot minden esetben mérlegre kell helyezni, hogy ellenőrizhető legyen a lefejtett hűtőközeg mennyisége. A lefejtést követően a palackokat a veszélyes hulladék tárolóban kell elhelyezni. Elszállításig ott kell tárolni. A hulladék tulajdonosát elszállítási kötelezettség terheli. Hulladék esetében évente, veszélyes hulladék esetében fél évente kötelező

elszállítani. A gyakorlatban sok esetben nincs kialakított hulladéktároló, ezért figyelembe kell vennünk a palack szállítási és tárolási előírásait is.

Minden palackot (még az üreset is) csak elzárt szeleppel és szelepvédővel lehet szállítani, mozgatni és tárolni. A szállítás és tárolás során a palackok megfelelő rögzítéséről gondoskodni szükséges. A palackot tárolás és szállítás közben a káros hatásoktól (mechanikai, kémiai) óvni kell, úgy, hogy közben a palack hőmérséklete ne emelkedjen 50 °C fölé. A palackokat a talpgyűrűjén vagy homorú fenekén lehet mozgatni. A palackok nem tárolhatók olyan helyen, ahol a személyi közlekedést vagy a mentést akadályozza: szűk helyeken, folyosókon, átjárókban, lépcsőházakban. Lehetőség szerint kerülni kell a zárt térben való tárolást (pl.: garázs), ebben az esetben gondoskodni kell mesterséges szellőzéstől.

Már itt fontos megemlíteni, hogy a hulladék és a veszélyes hulladék szállítása engedélyhez kötött tevékenység. Hűtős és klímás vállalkozás alanyi jogon nem végezhet ilyen tevékenységet!

Jelenleg, a jogszabály vonatkozó része nehezen kivitelezhető a kismennyiségű hulladék keletkezése esetén. Ezért, hogy az így keletkezett hulladékok ne a környezetet terheljék (az esetek többségében a tulajdonos elengedi a hűtőközeget, szennyezve ezzel a környezetet) a legracionálisabb megoldás, hogy a hűtő és klímás vállalkozás beszállítja a saját telephelyére (még ha ez engedély nélküli szállításnak is minősül) és ott gondoskodik a hulladék ártalmatlanításáról a törvényben meghatározottak szerint.

8.5 Hulladékkezelés folyamatának résztvevői, feladatuk, velük szemben támasztott követelmények

A hulladékkezelés folyamatában alapesetben három szereplő vesz részt:

- hulladék birtokos,
- szállító,
- kezelő.

Hulladék birtokos: a hulladéktermelő (tulajdonos), továbbá bármely jogalany, akinek, vagy aminek a hulladék, a birtokában van. Gyakorlati megközelítésben a hulladék tulajdonosa a berendezés tulajdonosa vagy üzemeltetője. A hulladék tulajdonosának gondoskodnia kell a hulladék kezeléséről/kezeltetéséről. Erre, veszélyes hulladék esetében 6 hónap áll rendelkezésére. A hulladék birtokos további kötelezettsége, hogy a hulladékkezelés folyamatában a résztvevők jogosultságait ellenőrizze. Azaz, csak olyan szállítónak adhat át hulladékot, aki rendelkezik a megfelelő engedéllyel. Ez a szabály vonatkozik a hulladékkezelő vagy a hulladéktárlatlanító esetében is. Veszélyes hulladék esetén, a hulladéktermelő az anyagmérleg alapján, technológiaként és hulladékkódonként köteles nyilvántartást vezetni. Nem veszélyes hulladék esetében 5 évig, veszélyes hulladék keletkezése esetében pedig 10 évig kötelező megőrizni a hulladék nyilvántartást.

Szállító: az illetékes hatóság által kiadott veszélyes hulladék szállítási engedéllyel rendelkező szállító. Veszélyes hulladékot szállítani csak engedély birtokában lehet. A szállítási engedélyben szerepelnie kell a szállítandó veszélyes hulladék EWC kódjának. Ennek hiányában a szállító nem alkalmas a szállítási feladat ellátására.

Példán keresztül bemutatva: az a cég, amelynek csak olajos rongy szállítására van engedélye, az lefejtett hűtőközeget nem szállíthat.

Előzőekben már említésre került, hogy hűtő és klímatechnikai vállalkozás alanyi jogon nem szállíthat veszélyes hulladékot, csak külön engedély birtokában. Az ADR jogosultság megléte erre nem jogosít fel.

Kezelő: a megfelelő veszélyes hulladékra, hasznosítási (kezelési) engedéllyel rendelkező vállalkozás. Azt a hulladékot kezelheti, ami az engedélyében EWC kód szerinti besorolásban fel van tüntetve.

Hűtős vállalkozás: a hulladék kezelés negyedik szereplője lehet a hűtős vállalkozás is, hiszen kapcsolatban van a hűtőközeget tartalmazó berendezés tulajdonosával. Ebben az esetben, mint költségviselő működhet közre, ezáltal teljes szolgáltatást tud nyújtani ügyfelei megnövekedett igényeinek kielégítésére.

- I.) Alapesetben a veszélyes hulladék nem kerül a hűtő és klímatechnikai cégek tulajdonába. A cégek elvégzik a lefejtést, és ezt követően a tulajdonos gondoskodik a keletkezett hulladék elszállításáról.
- II.) Vannak azonban olyan helyzetek, amikor a fent felvázolt modell nehezen kivitelezhető. Gondoljunk a kis mennyiségben lefejtett hűtőközegekre, vagy amikor a lefejtést követően nem oldható meg a keletkezett hulladék szabályos tárolása. Az ilyen esetekben a szervizcég a saját telephelyére szállítja a hulladékot és onnan már a fent leírtaknak megfelelően jár el. Azaz, a keletkezett veszélyes hulladékot az erre elkülönített veszélyes hulladék tárolóban tárolja/gyűjti, majd a törvényben előírt határidőn belül elszállítja egy hulladék kezelőhöz vagy hulladék ártalmatlanítóhoz.

Az első megoldás minden mozzanata megegyezik a törvény előírásaival. A második lehetőség jelenleg jogilag támadható, a későbbiekben az erre vonatkozó szabályozás elengedhetetlen. Felmerül a kérdés, hogy hogyan kerül a hulladék a szervizcég telephelyére, hiszen ehhez szállítási engedély szükséges. Fontos felhívni a figyelmet arra is, hogy amikor a veszélyes hulladék bekerült a hűtős és klímatechnikai vállalkozás telephelyére, jogilag a hulladék tulajdonosává válik. Ebben az esetben már nem lehet az eredeti tulajdonos adataival kitöltött

ún. „SZ” lapot (ld. lejjebb) generálni. Ez akkor lényeges, amikor a tulajdonos szeretné a bevallásában lejelenteni a lefejtett hűtőközeget. Erről a tényről még a tevékenység megkezdése előtt szükséges a tulajdonossal egyeztetni. Ebben az esetben az is aggályos, hogy az anyagmérleg nem vezethető össze. Az anyagmérleg egy gyártási, vagy szolgáltatási folyamat belépő és kilépő anyagmennyiségeit állítja egymással szembe. Az anyagmérleg alapvető kritériuma a belépő és kilépő anyagok mennyiségének megegyezése. Az említett esetben az eredeti tulajdonosnak csak bemeneti adatai vannak, a hűtős vállalkozásoknak pedig csak kimeneti adatai. Ez teljesen ellentmond az anyagmérleg alapvető kritériumának.

Összegezve: az első megoldás jogszerű. A második lehetőség több olyan elemet tartalmaz, amely a hatóságok által kifogásolható, ezért amíg a jogszabály nem tér ki egyértelműen az ilyen jellegű problémák kezelésére, lehetőségeinkhez mérten jogszerűen járjunk el.

A veszélyes hulladék szállításának és átadásának dokumentálása úgynevezett **„SZ” lapon** történik. A nyomtatvány kitöltését a veszélyes hulladékkal kapcsolatos egyes tevékenységek részletes szabályairól szóló [225/2015. \(VII. 7.\) Kormányrendelet](#) írja elő.

„SZ” lap nyomtatvány igénylésére két lehetőség van: a www.hulladekweb.hu oldalon történt regisztrációt követően, térítés ellenében letölthetővé válik a sorszámozott „SZ” lap, vagy a szállítási laphoz egyedi sorszámtartományt kell igényelni. Sorszámtartományt az igényelhet, aki legalább székhellyel és **Környezetvédelmi Ügyfél Jellel** (a továbbiakban: **KÜJ**) rendelkezik.

Ezen lapok beszerzése elkerülhető, ha olyan szállító/kezelő cég szolgáltatását vesszük igénybe, mely tartalmazza az „SZ” lapok beszerzését és kitöltését.

"SZ" lap	SZÁLLÍTÁSI LAP*		sorszám:
			példányszám:
1. A hulladék azonosító kódja és hulladékjegyzék szerinti megnevezése:			
2. A szállítónak átadott hulladékmennyiség: nettó:		kg bruttó:	kg
3. A hulladék összetétele:		4. A hulladék megjelenési formája:	
5. A legfontosabb veszélyességi jellemzője**:			
HP _____ HP _____ HP _____ HP _____ HP _____			
6. A hulladék ADR, RID, ADN (megfelelő aláhúzendő) szerinti UN száma, helyes szállítási megnevezése, valamint az ADR, RID, ADN (megfelelő aláhúzendő) által meghatározott egyéb bejegyzések***:			
UN _____			
7. Az átadott küldeménydarabok (csomagok) száma:		8. A csomagolás módja:	
9. A hulladék átadójának neve, címe (település, utca, házszám, irányítószám):			
10. A hulladék átadójának telefonszáma:			
11. Adószám vagy adóazonosító jel:			
12. KÜJ:		13. KTT:	
14. A hulladék átadója telephelyének neve:			
15. A hulladék átadója telephelyének címe (település, utca, házszám, irányítószám):			
16. Szállító**** neve, címe (település, utca, házszám, irányítószám):			
17. Szállító telefonszáma:			
18. Adószám vagy adóazonosító jel:		19. A fuvarlevél száma:	20. Külön lap csatolva:
			Igen: ☐ Nem: ☐
21. A szállításra vonatkozó hulladékgazdálkodási engedély száma:			
22. A szállítás módja:	23. A szállítás megkezdése:	24. A szállító jármű rendszáma:	
25. A hulladékkezelő, kereskedő neve, címe (település, utca, házszám, irányítószám):			
26. A hulladékkezelő, kereskedő telefonszáma:			
27. KÜJ:		28. KTT:	
29. Az átvétő hulladékkezelő, kereskedő telephelyének neve, címe (település, utca, házszám, irányítószám):			
30. Kezelési kód:		31. Az átvétel időpontja:	
32. Hulladékgazdálkodási engedély száma:		33. Az átvétő a küldeményt (csomagot):	
		átvette: ☐ nem vette át: ☐	
34. Az átvett küldeménydarabok (csomagok) száma:		35. Az átvett hulladék mennyisége:	
		nettó:	kg bruttó: kg
36. A veszélyes hulladék átadója kijelenti, hogy az általa közölt adatok a valóságnak megfelelnek, a szállítmány szállításra alkalmas állapotú, a szállítmányra megfelelő pénzügyi garanciával vagy biztosítással rendelkezik (ha e kötelezettséget kormányrendelet előírja), az átvétel megkezdésekor a szállítmányt visszafogadja.			
Felelős személy neve, telefonszáma:			
Kelt:		Aláírás és pecsét:	
37. A szállító kijelenti, hogy az adatok a valóságnak megfelelnek, a veszélyes hulladék szállítására feljogosítással és megfelelő felszereltséggel, a szállítmányra megfelelő pénzügyi garanciával vagy biztosítással rendelkezik (utóbbit csak akkor, ha e kötelezettséget kormányrendelet előírja):			
Felelős személy neve, telefonszáma:			
Kelt:		Aláírás és pecsét:	
38. A veszélyes hulladékot átvétő hulladékkezelő, kereskedő kijelenti, hogy a közölt adatok a valóságnak megfelelnek, a veszélyes hulladék átvételére feljogosítással és megfelelő technológiával, megfelelő pénzügyi garanciával vagy biztosítással rendelkezik (utóbbit csak akkor, ha e kötelezettséget kormányrendelet előírja), és a veszélyes hulladékot kezelésre átvette:			
Felelős személy neve, telefonszáma:			
Kelt:		Aláírás és pecsét:	
39. A hulladékátvétel megtagadásának indoka, helye, időpontja:			
Felelős személy neve, telefonszáma:			
Kelt:		Aláírás és pecsét:	
* E nyomtatvány kitöltését a veszélyes hulladékkal kapcsolatos tevékenységek részletes szabályairól szóló kormányrendelet írja elő.			
** A legfontosabb veszélyességi jellemzőn túl – a több veszélyességi jellemzővel rendelkező hulladék esetében – a HP1; HP2; HP3; HP6; HP8; HP12 veszélyességi jellemzőket is fel kell tüntetni.			
*** Akkor kell kitölteni, ha a veszélyes hulladék szállítása az ADR, a RID, az ADN hatálya alá tartozik.			
**** Ha a hulladék átadójának és a szállítónak a személye megegyezik, akkor az ugyanazon tartalmú mezőket elég egyszer kitölteni.			

Az „SZ” lap használatának célja, hogy megfelelő információk álljanak rendelkezésre a hulladék átadójáról (termelő), átvétőjéről (kezelő) és szállítójáról. Továbbá megfelelő információk legyen a veszélyes hulladék tulajdonságairól, mennyiségéről, valamint a szállítás módjáról. Az „SZ” lap használatának fő célja az is, hogy esetleges havária, illetőleg baleset esetén rendelkezésre álljanak az intézkedések megtételéhez szükséges információk.

Az „SZ” lap 4 példányos bizonylat, amelynek egyes példányait kitöltésük után a következőképpen kell felhasználni.

- (1/4) Hulladék átadó példánya, a **termelő**nél marad.
- (2/4) A szállító példánya, a **szállító**nál marad.
- (3/4) A hulladékkezelő **visszaküldi a hulladék átadójának**, ezzel igazolja az átvételt. Erre 30 nap áll rendelkezésére.
- (4/4) A hulladék átvételét követően a **kezelő** példánya, a hulladékkezelőnél marad.

Ahhoz, hogy egy hulladék a tulajdonostól elszállítása kerülhessen, a következő két azonosítóval kell rendelkeznie

- **Környezetvédelmi Ügyfél Jel (KÜJ szám).** Ez egy 9 számból álló, a környezetvédelmi adatszolgáltatások során kötelezően használandó azonosító. A KÜJ számot az illetékes Kormányhivatal Környezetvédelmi Főosztályától kell igényelni.
- **Környezetvédelmi Területi Jel (KTJ szám).** A KTJ szám a hulladék keletkezés pontos helyét határozza meg. Szintén 9 számból álló azonosító. Ezt a számot – mint az előzőnél – az illetékes Kormányhivatal Környezetvédelmi Főosztályától kell kérni. Amennyiben több telephelye van a termelőnek, akkor több KTJ számot szükséges igényelnie.

Röviden összefoglalva a veszélyes hulladék szállítás folyamata:

Lefejtést követően a keletkező veszélyes hulladék az erre elkülönített tárolóba kerül. Ezt követően a tulajdonos megadja a szükséges adatokat az „SZ” lap kitöltéséhez, majd az előre egyeztetett időpontban az engedéllyel rendelkező szállító elszállítja a hulladékot a hulladék kezelőhöz/ártalmatlanítóhoz. A kezelő/ártalmatlanító átvételt követően 30 napon belül visszaküldi a tulajdonosnak az átvételt igazoló „SZ” lapot. A folyamatban résztvevők a dokumentumokat 10 évig kötelesek megőrizni. A hulladékmozgásról a tulajdonos évente egyszer (kivétel, ha az éves keletkező veszélyes hulladék nem haladja meg a 200 kg-ot), míg a szállító és kezelő/ártalmatlanító negyedévente jelentést tesz az illetékes hatóságnak (309/2014. (XII.11.) Korm. rendelet a hulladékkal kapcsolatos nyilvántartási és adatszolgáltatási kötelezettségekről).

8.6 Szennyezett hűtőközeg ártalmatlanításának lehetőségei és feltételei

8.6.1 A regenerálás folyamatának bemutatása

Újrahasznosítás, megsemmisítés, regenerálás

Az előzményekben már definiáltuk az újrahasznosítás, megsemmisítés és regenerálás fogalmát.

Az ártalmatlanítás lehetőségei közül első az újrahasznosítás. A magyar jogszabályok értelmében az **újrahasznosítás** során lefejtett hűtőközeget, mindig ugyanabba a berendezésbe tölthetik vissza, amiből lefejtették.

A tényleges helyváltoztatást is igénylő ártalmatlanítási megoldás a hűtőközeg regenerálása vagy megsemmisítése.

Regenerálás: a regenerálási folyamat kritériuma, hogy a lefejtés során egy adott típusú hűtőközeg kerüljön a palackba. Ellenkező esetben a keletkező hűtőközegmixet csak égetni lehet. A közgondolkodással ellentétben a lefejtett hűtőközeg savassága nem gátolja a regenerálás lehetőségét. Emlékezzünk vissza a keverék hűtőközegek összetétel megváltozásának esetére, amely a berendezés működésére jelentősen kihat, de a regenerálhatóság feltételét nem befolyásolja.

A hűtőközeg regenerálhatóságának kulcsa a hűtő és klimatechnikai cégek megfelelő körültekintéssel végzett munkájában rejlik. Miért fontos, hogy a lefejtett hűtőközeget regeneráljuk, és ne égezzük el? Gondoljunk a közelmúltban bevezetett szigorításokra (kvótarendszer, CO₂ egyenérték bevezetése) és ezek együttes hatására 2030-ig a piacra kerülő hűtőközegek mennyisége folyamatosan csökken. A regenerálással előállított anyagra nem vonatkozik a rendelet hatálya (nem számít bele a kvótába). Környezetvédelem tekintetében a regenerálás minden szempontból jobb megoldás, mint az égetés.

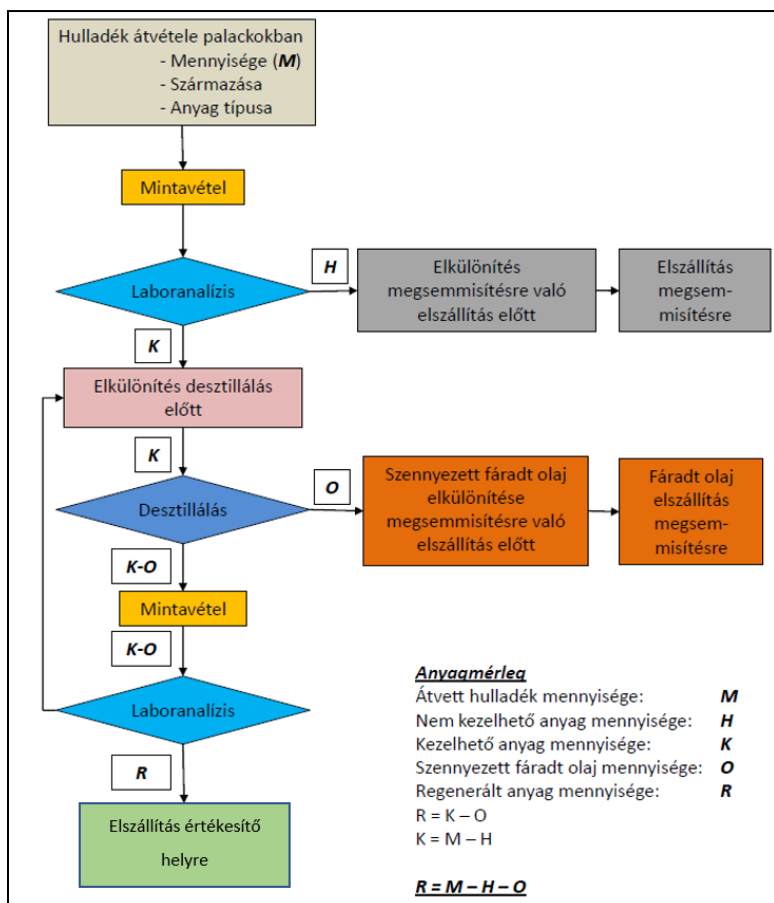
Megsemmisítés (égetés): azoknál a hűtőközegeknél, melyek több különböző hűtőközeg keverékei, az ártalmatlanításra az égetés az egyetlen gazdaságos megoldás. Az európai piacon található olyan technológia, amellyel a keverék hűtőközegek komponensekre bonthatóak, de a jelenlegi magas hűtőközeg árak mellett sem gazdaságos az alkalmazása.

Vannak olyan hűtőrendszerek, amelyek még CFC/HCFC hűtőközeggel működnek. Ezekből a berendezésekből történő lefejtést követően az égetés az egyetlen megoldás. Új CFC/HCFC hűtőközeg használata (pl.: betöltés, rátöltés), kereskedelme büntető eljárást von maga után.

A regenerálás folyamata

Az előző részben, a szállítási folyamat bemutatása során a folyamatunk ott ért véget, hogy a kezelő átvette a lefejtett hűtőközeget.

A következő folyamatára a kezelés egyszerűsített folyamatát mutatja be.



A folyamat még tartalmaz egyéb részfolyamatokat:

- mint a hűtőközeg nedvességtartalmának csökkentése,
- nemkondenzálódó gáztartalom csökkentése, és az
- összetétel beállítása több komponensű hűtőközegek esetében.

Az előző folyamatábrából jól látható, hogy a regenerálás több fizikai művelet összessége. A regenerálás kulcsa a megfelelő kontroll a műveletek során. Ez megfelelő laboratóriumi háttérrel és vizsgálati módszerek együttes meglétével lehetséges. Minden egyes részfolyamat befejezését követően analitikai módszerekkel (nem gyors teszt) szükséges meggyőződni arról, hogy elértük-e a szabványban előírt követelményt. Ezen folyamatok együttes eredménye az új hűtőközeg minőségével megegyező regenerált hűtőközeg.

9 Klímagázok szabályozási környezete (Nemzeti Klímavédelmi Hatóság)

9.1 A klímagázokkal kapcsolatos közösségi szabályozás két fő pillére

Az európai közösség a környezet és a kereskedelem iránti felelősségre tekintettel megalkotta *az ózonréteget lebontó anyagokról szóló, az Európai Parlament és a Tanács 1005/2009/EK Rendeletét* (a továbbiakban: 1005/2009/EK Rendelet), mely 2010. január 1. napján lépett hatályba. Az 1005/2009/EK Rendelet 5. és 6. cikkében akként rendelkezik, hogy az ózonréteget lebontó anyagok (a továbbiakban: ORLA) gyártása, forgalomba hozatala és felhasználása, valamint ORLA-t tartalmazó vagy azokon alapuló termékek és berendezések forgalomba hozatala tilos.

A *Büntető törvénykönyvről* szóló 2012. évi C. törvény „Ózonréteget lebontó anyaggal visszaélés” megnevezésű tényállása rendelkezik a fenti kötelezettségszegés kriminalizációjáról. A 249. § (1) bekezdése szerint, aki ózonréteget lebontó anyagot vagy ilyen anyagot tartalmazó terméket gyárt, felhasznál, az ország területére behoz, onnan kivisz vagy forgalomba hoz, büntetett miatt három évig terjedő szabadságvesztéssel büntetendő. Aki az ózonréteget lebontó anyaggal visszaélést gondatlanságból követi el, vétség miatt egy évig terjedő szabadságvesztéssel büntetendő.

2014. május 6. napján hatályba lépett az Európai Parlament és a Tanács *a fluortartalmú üvegházhatású gázokról és a 842/2006/EK Rendelet hatályon kívül helyezéséről* szóló *517/2014/EU Rendelet* (a továbbiakban: 517/2014/EU Rendelet). Az 517/2014/EU Rendelet előírja, hogy a tagállamok kötelezettsége egy olyan rendszer kialakítása és működtetése, amely alkalmas az uniós szabályozás szerinti adatkezelésre, nyilvántartásra, jelentések készítésére, valamint – figyelemmel a tevékenységek során kezelt anyagok globális felmelegedésre gyakorolt hatására – a tevékenység végzéséhez kötelezően megkívánt speciális képesítések nyilvántartására. Emellett az 517/2014/EU Rendelet egyéb konkrét kötelezettségeket is előír a tagállamok, illetve a klímagázokkal tevékenységet végzők számára.

A fluortartalmú üvegházhatású gázokra vonatkozó uniós és nemzetközi szabályozás nyomán alakult meg a **Nemzeti Klímavédelmi Hatóság** (a továbbiakban: Hatóság), amely a klímagázokkal kapcsolatos valamennyi tevékenység hatósági ellenőrzését és felügyeletét, valamint az ezekkel kapcsolatos hatósági jogkörök gyakorlását látja el.

9.2 A klímagázokkal kapcsolatos hazai szabályozás három fő pillére

Az egyik pillérnek *az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezménye és annak Kiotói Jegyzőkönyve végrehajtási keretrendszeréről* szóló *2007. évi LX. törvény* (a továbbiakban: Éhvt.) tekinthető. Az Éhvt. meghatározza a fluortartalmú üvegházhatású gázokkal kapcsolatos tevékenységet folytatók kötelezettségeit, amely többek között magában foglalja a Hatóság által működtetett Adatbázisba való regisztrációt, továbbá adatszolgáltatási és jelentéstételi kötelezettséget, valamint az éves klímavédelmi felügyeleti díjfizetési kötelezettséget is. Az Éhvt. részletezi a hatásköri szabályokat is. Többek között rendelkezik arról, hogy a fluortartalmú üvegházhatású gázokkal összefüggő tevékenységet végzőkkel kapcsolatos képzési, képesítési és vizsgáztatási feladatok ellátásáról a klímavédelemért felelős hatóság gondoskodik. Rendelkezik továbbá arról is, hogy a klímavédelemért felelős hatóság elismeri az Európai Unió más tagállamában kiadott képesítéseket. Az Éhvt. szerint a Hatóság által vezetett Adatbázis – a törvényben felsorolt adatok tekintetében – közhiteles hatósági nyilvántartásnak minősül, ezért az adatokban bekövetkezett változást az Adatbázisban szereplők kötelesek a változást követő 8 munkanapon belül bejelenteni.

A szabályozás másik fontos pillére *a fluortartalmú üvegházhatású gázokkal és az ózonréteget lebontó anyagokkal kapcsolatos tevékenységek végzésének feltételeiről* szóló *14/2015. (II.10.) Korm. rendelet* (a továbbiakban: Kormányrendelet), mely meghatározza a regisztrációra kötelezettek körét. A 4. melléklet 1. és 2. pontja tartalmazza a vállalkozások és természetes személyek azon tevékenységi köreit, illetve személyképesítési kategóriáit, melyek esetében a tevékenység megkezdését megelőző 8 napon belül kell kezdeményezni a regisztrációt a **Klímagáz adatbázisban** (a továbbiakban: Adatbázis). Ez a jogszabály rendelkezik – egyebek mellett – a fluortartalmú üvegházhatású gázokat vagy ózonréteget lebontó anyagokat tartalmazó alkalmazások és rendszerek szivárgásvizsgálatáról, az alkalmazások üzemeltetőinek felelősségéről, a kötelezettségek megszegése esetén kiszabható klímavédelmi bírságról és egyéb jogkövetkezményekről, továbbá részletesen meghatározza az egyes vállalkozásképesítési kategóriák jogosultságait.

A harmadik pillért a jogi szabályozásban *a fluortartalmú üvegházhatású gázokkal kapcsolatos tevékenységeket végzők képesítésére vonatkozó szabályokról* szóló *60/2016. (XII. 28.) NFM rendelet* jelenti, mely meghatározza a természetes személyek képzésének feltételeit, rendelkezéseket tartalmaz a vállalkozások képesítéséről, továbbá előírja, hogy a Hatóság gondoskodik a fluortartalmú üvegházhatású gázokkal kapcsolatos tevékenységet folytató, folytatni kívánó természetes személyek képzési, képesítési és vizsgáztatási feladatainak ellátásáról.

Az uniós és hazai jogszabályok szerint kizárólag képesített vállalkozás végezhet klímagázokkal kapcsolatos tevékenységet, míg ugyanerre természetes személy kizárólag képesített vállalkozás alkalmazottjaként jogosult. Említést érdemel, hogy az egyéni vállalkozó is vállalkozásnak tekintendő.

9.3 A hűtőközeg-kereskedelem tisztaságának ellenőrzése

Alapvető közösségi célkitűzés a magas globális felmelegedési potenciállal rendelkező gázok kivezetése, illetve azok felváltása (alacsony GWP-jű) alternatív hűtőközegekkel.

Ennek szabályozása az [517/2014/EU Rendelet](#) által, két szinten történik. A tilalmi lista felállítása a különböző termékek és gázok forgalomból való kivonását jelenti. Lényeges és egyben aktuális változás, hogy **2020. január 1-től kezdődően a 2500-as vagy magasabb globális felmelegedési potenciállal rendelkező gyári új gázok szervizcélú felhasználásának tiltása**, mely alól az 517/2014/EU Rendelet csak a **40 tCO₂ egyenérték alatti** hűtőközeget tartalmazó alkalmazások, valamint ugyanezen gázok bármekkora hűtőközeget tartalmazó berendezések esetén a regenerált vagy újrahasznosított gázok tekintetében tesz **kivételt** (40 tCO₂ egyenérték hűtőközeg mennyiség alatti berendezésbe tölthető gyári új gáz, felettibe nem).

A forgalomba hozatal szabályozásának másik eszközét az Európai Bizottság által felállított **kvótarendszer** jelenti. A Bizottság az adott évben kiosztásra kerülő összkvótát az előző évi forgalomba hozatali jelentések alapján állapítja meg, melyet aztán szétosztanak a jogosultsággal rendelkező vállalkozások között. A vállalkozás számára kiosztott referenciaértéket bizonyos időszakonként további százalékos értékekkel csökkentik.

Ebben a rendszerben fluorozott szénhidrogén importjára az 517/2014/EU Rendeletben meghatározott feltételek teljesülése esetén kizárólag kvótával rendelkező vállalkozás jogosult. A kvóták kiosztását az Európai Bizottság végzi, így a kvótarendszerhez kötődő valamennyi kötelezettség tekintetében az ügyintézés közvetlenül az Európai Bizottsággal, angol nyelven zajlik.

A kiosztásra kerülő kvótamennyiség időszakonként csökken, így fokozott körültekintéssel szükséges eljárni fluorozott szénhidrogének importja esetén.

Az 517/2014/EU Rendelet tilalmi rendelkezései között szerepel, hogy 2007. július 4. napját követően a hűtő-, légkondicionáló vagy hőszivattyú-berendezések, tűzvédelmi rendszerek vagy kapcsolóberendezések szervizelésére, karbantartására vagy feltöltésére, illetve oldószerként használt fluortartalmú üvegházhatású gázok tárolására szolgáló, nem **utántölthető tartályok nem hozhatók forgalomba** az Európai Unió területén. Hűtőközeg-import során így a hűtőközegek megfelelő tárolási formájára is ügyelni kell.

Fluorozott szénhidrogének importjára az alábbi feltételek fennállása esetén szükséges kvótát beszerezni:

- a hűtőközeg-import ömlesztett formában vagy hűtő-, légkondicionáló és hőszivattyú-berendezésekben történik;
- a fluorozott szénhidrogént első alkalommal kívánják az Európai Unió területére forgalomba hozni;
- a forgalomba hozni kívánt hűtőközeg-mennyiség éves szinten várhatóan eléri vagy meghaladja a 100 t CO₂-egyenértéket;
- nem áll fenn az 517/2014/EU Rendelet 15. cikk (2) bekezdésében foglalt valamely mentességi ok.

A kvótakötelezettség megfelelő teljesítésének folyamata:

- regisztráció az Európai Bizottság által működtetett elektronikus nyilvántartásban (HFC-Registry);
- kvóta beszerzése az 517/2014/EU Rendelet 16. és 18. cikkben foglaltak alapján;
- az importálni kívánt termék ellátása az 517/2014/EU Rendelet 12. cikke szerinti forgalombahozatali címkével;
- éves jelentéstétel az 517/2014/EU Rendelet 19. cikke alapján.

Előtöltött berendezések importja esetén a berendezések gyártóinak és importőreinek gondoskodniuk kell az előírásoknak való megfelelés teljes körű dokumentációjáról, és megfelelési nyilatkozatot kell kiállítaniuk. Ez utóbbit 2018. január 1. napját követően független auditor által hitelesíteni kell.

9.4 A szivárgásvizsgálati kötelezettség elvégzésére vonatkozó közösségi szabályok

9.4.1 ORLA

A [1005/2009/EK Rendelet](#) 23. cikke értelmében a vállalkozásoknak minden megvalósítható elővigyázatossági intézkedést meg kell tenniük a szabályozott anyagok szivárgásának és kibocsátásának megakadályozása és minimalizálása érdekében. E célból került szabályozásra a kötelező szivárgásvizsgálat – mint kiemelt megelőző tevékenység – gyakorisága is az alábbiak szerint.

Azon szabályozott anyagokat tartalmazó hűtő-, légkondicionáló, hőszivattyú-berendezéseket és tűzvédelmi rendszereket:

Berendezés töltetmennyisége (kg)	Szivárgásvizsgálat gyakorisága legalább (hónap)
3< (hermetikusan zárt, címkézett berendezés esetén 6<)	12
30<300	6
300<	3

9.1. táblázat Szivárgásvizsgálat gyakorisága ORLA tartalmú berendezések esetén

9.4.2 F-ÜHG

Az [517/2014/EU Rendelet](#) 3. cikke értelmében a fluortartalmú üvegházhatású gázokat tartalmazó berendezések üzemeltetőinek óvintézkedéseket kell tenniük az ilyen gázok véletlen kibocsátásának megelőzése érdekében. Az üzemeltetőknek meg kell tenniük minden műszakilag és gazdaságilag megvalósítható intézkedést a fluortartalmú üvegházhatású gázok szivárgásának minimálisra csökkentése érdekében. A fluortartalmú üvegházhatású gázok szivárgásának észlelése esetén az üzemeltetőnek haladéktalanul gondoskodnia kell a berendezés javításáról. A szivárgásvizsgálat hatálya alá tartozó berendezések esetében, amennyiben kijavították a berendezés szivárgását, az üzemeltetőnek gondoskodnia kell arról, hogy képesítéssel rendelkező természetes személyek a javítást követő egy hónapon belül ellenőrizzék a berendezést annak megállapítása céljából, hogy a javítás eredményes volt-e.

Az 517/2014/EU Rendelet értelmében a legalább 5 tonna CO₂-egyenértéknek megfelelő mennyiségű, nem hab formájában tárolt fluortartalmú üvegházhatású gázokat tartalmazó, alábbi típusokba tartozó alkalmazások kötelezettek szivárgásvizsgálatra:

- helyhez kötött hűtőberendezések;
- helyhez kötött légkondicionáló berendezések;
- helyhez kötött hőszivattyúk;
- helyhez kötött tűzvédelmi berendezések;
- hűtőkamionok és- pótkocsik hűtőegységei;
- elektromos kapcsolóberendezések;
- szerves Rankine-ciklusok.

Megjegyzendő, hogy azok a hűtőkamionok tartoznak szivárgásvizsgálati kötelezettség alá, melyek össztömege meghaladja a 3,5 tonnát.

Az 517/2014/EU Rendelet szerint a **kevesebb, mint 10 tonna CO₂-egyenértéknek** megfelelő fluortartalmú üvegházhatású gázokat tartalmazó hermetikusan zárt alkalmazásokon nem kell szivárgásvizsgálatot végezni, amennyiben ezen alkalmazások hermetikusan lezárt voltát címke igazolja.

Elektromos kapcsolóberendezés esetén szintén *nem szükséges* szivárgásvizsgálat, *amennyiben*

- a berendezés igazolt szivárgási mértéke a gyártó műszaki leírásában foglaltak szerint évente kevesebb, mint 0,1%, és ennek megfelelően címkéztek fel.
- Ezen kapcsolóberendezések akkor sem szivárgásvizsgálat-kötelesek, ha egy, a nyomást vagy sűrűséget ellenőrző eszközzel vannak felszerelve;
- továbbá akkor sem, ha 6 kg-nál kevesebb fluortartalmú üvegházhatású gázt tartalmaznak.

Az 517/2014/EU Rendelet a szivárgásvizsgálati kötelezettség **gyakoriságáról** az alábbiak szerint rendelkezik:

Berendezés töltetmennyisége (t CO ₂ egyenérték)	Szivárgásvizsgálat gyakorisága legalább (hónap)	
	telepített szivárgásérzékelő nélkül	telepített szivárgásérzékelővel
5< (hermetikusan zárt, címkézett berendezés esetén 10<)	12	24
50<500	6	12
500<	Tilos e nélkül üzemeltetni	Kötelező telepíteni

9.2. táblázat Szivárgásvizsgálat gyakoriság F-ÜHG tartalmú berendezések esetén

9.5 A szivárgásvizsgálati kötelezettség elvégzésére vonatkozó hazai szabályok

A Kormányrendelet 2019. március 15. napján hatályba lépett módosításának egyik kiemelt célja – más kifejezetten szakmai szempontok mellett – a vállalkozások adminisztrációs terheinek csökkentése. Ennek érdekében a jogszabály már az elektronikus ügyintézés helyezi előtérbe. A képesített vállalkozás képesített alkalmazottja az adatbázisban az elektronikus jegyzőkönyv kitöltésével rögzíti az üzemeltető alkalmazásán végzett vagy azt érintő, képesítést igénylő tevékenységet. A tevékenység akkor minősül elvégzettnek, amikor az elektronikus jegyzőkönyvet az adatbázisban rögzítik, azaz a szivárgásvizsgálati jegyzőkönyvek utólagos feltöltésére vagy becsatolására nincs lehetőség. A szivárgásvizsgálatot a szivárgásvizsgálat érvényességi idején belül kell elvégezni. További könnyebbséget jelent a szakemberek számára, hogy a beavatkozást követően a „Klímagáz adatbázis” mobil applikáción keresztül a munkavégzéssel egyidejűleg rögzíthetik a jegyzőkönyveket. A szivárgásvizsgálatot komolyan kell venni, elmulasztása esetén a hűtőkör tulajdonosának jelentős bírsággal kell számolnia. A Hatóság által kiszabható klímavédelmi bírság mértéke berendezésenként, a berendezés névleges F-ÜHG töltetének minden megkezdett 1 tonna szén-dioxid-egyenértéke után 1000 forint, de berendezésenként legfeljebb 500 000 forint, illetve hűtőkörönként a hűtőkör névleges ORLA töltet minden megkezdett 1t CO₂ egyenérték után 1000 forint, de legfeljebb 500 000 forint.

Altalában a háztartási split-klimák, háztartási mobilklimák, illetve a (személygépjárművek szervizelése során használt) mobil klímagáz töltő berendezések nem tartoznak ezen kategóriába, így ezek az alkalmazások nem szivárgásvizsgálat-kötelesek.

9.6 Telepített szivárgásészlelő rendszer

Az [517/2014/EU Rendelet](#) szerint a legalább 500 tonna CO₂-egyenértéknek megfelelő mennyiségű fluortartalmú üvegházhatású gázt tartalmazó alkalmazások üzemeltetőinek gondoskodniuk kell arról, hogy az alkalmazás fel legyen szerelve szivárgásészlelő rendszerrel, amely szivárgás esetén riasztja az üzemeltetőt vagy egy szervizelő vállalkozást, továbbá gondoskodniuk kell arról is, hogy a szivárgásészlelő rendszereket megfelelő működésük biztosítása érdekében legalább tizenkét havonta ellenőrizzék.

A szivárgásvizsgálatokat a szivárgásészlelő rendszer telepítését követően az alábbiakban meghatározott gyakorisággal kell elvégezni:

- a legalább 5 tonna, de kevesebb, mint 50 tonna CO₂-egyenértéknek megfelelő mennyiségű fluortartalmú üvegházhatású gázt tartalmazó berendezéseken legalább 24 havonta;
- a legalább 50 tonna, de kevesebb, mint 500 tonna CO₂-egyenértéknek megfelelő mennyiségű fluortartalmú üvegházhatású gázt tartalmazó berendezéseken legalább 12 havonta;
- a legalább 500 tonna CO₂-egyenértéknek megfelelő mennyiségű fluortartalmú üvegházhatású gázt tartalmazó berendezéseken legalább 6 havonta.

A [1005/2009/EK Rendelet](#) az ORLA töltetű hűtő-, légkondicionáló, hőszivattyú-berendezéseket és tűzvédelmi rendszerek vonatkozásában szivárgásészlelő-rendszer telepítési kötelezettséget nem szabályoz.

9.7 Alkalmazások tulajdonjogi helyzetének változása

A Kormányrendelet szerint az üzemeltető, üzemeltető hiányában a tulajdonos az alkalmazások értékesítése esetén 8 napon belül köteles ezt a tényt az Adatbázisban is rögzíteni. Mindaddig, amíg az új tulajdonos által nem történik meg az alkalmazás átvétele, a felügyeleti díjfizetési kötelezettség az Adatbázis szerinti tulajdonost,

üzemeltetőt – mint eladót/átadót – terheli. Amennyiben a vevőként megjelölt üzemeltető 8 napon belül nem hagyja jóvá az átvételt, mulasztása esetén, az eladó 15 napon belül köteles csatolni a tulajdonos/üzemeltető változást alátámasztó dokumentumokat.

9.8 Elektronikus ügyintézés

2018. január 1. napja óta a vállalkozások *az elektronikus ügyintézés és a bizalmi szolgáltatások általános szabályairól szóló 2015. évi CCXXII. törvény* 14. §-a szerinti elektronikus kapcsolattartásra szolgáló elérhetőségen, azaz hivatalos elérhetősége útján tarthat kapcsolatot a Hatósággal. A Hatóság kizárólag az e formában benyújtott dokumentumokat fogadja el. Az üzemeltető, tulajdonos a kérelmét a személyre szabott ügyintézési felületen (SZÜF) keresztül terjesztheti elő, melynek elérhetősége: <https://szuf.magyarorszag.hu/>. A Hatóság hatáskörébe tartozó ügyek a SZÜF felületén a „Mezőgazdaság, környezetvédelem” menüpontban érhetők el.

10 A Klímagáz adatbázis bemutatása (Nemzeti Klímavédelmi Hatóság)

A közösségi, valamint hazai jogszabályok megkövetelik egy olyan adatbázis létrehozását és működtetését, amely a szivárgásvizsgálatra köteles alkalmazások, valamint a képesítéshez kötött tevékenységet végző vállalkozások és személyek nyilvántartására szolgál. Ezen követelmények indokoltá tették egy, a Nemzeti Klímavédelmi Hatóság hatáskörébe tartozó feladatok ellátásához és végrehajtásához, valamint a közhiteles nyilvántartásnak minősülő adatok kezeléséhez szükséges és nélkülözhetetlen berendezés- hűtőkör- és adatnyilvántartó, számlázási, valamint személy- és cégképesítő rendszer létrehozását.

A Klímagáz adatbázis a Nemzeti Klímavédelmi Hatóság által működtetett elektronikus nyilvántartás. A <https://nemzetiklimavedelmihatosag.kormany.hu/> linken elérhető adatbázis egy monitoring rendszer, mely nyilvántartja a klímagázokat tartalmazó vagy azzal működtetett rendszereket, azok címkézését, kötelező szivárgásvizsgálatának elvégzését és igazolását, a hűtőköri beavatkozásokat a klímagázokra vonatkozó típusonként, fajtánként és a felhasználás jellege szerint, továbbá a klímagázokat tartalmazó és ezzel előtöltött alkalmazások forgalomba hozatalát.

Az online felület tehát mind az alkalmazás tulajdonosa, üzemeltetője, mind a képesítéssel rendelkező szerelő számára lehetővé teszi a regisztrációs, valamint jegyzőkönyvezési kötelezettséggel járó tevékenységek hatékonyabb nyomon követését. A Klímagáz adatbázis lehetőséget biztosít továbbá az alkalmazásokban lévő hűtőközeg mennyisége alapján a regisztrációs kötelezettség megállapítására vagy a képesített vállalkozások kikeresésére.

Annak érdekében, hogy az alkalmazásokat érintő beavatkozásokat minél hamarabb, lehetőleg a beavatkozás elvégzését követően, a helyszínen jegyzőkönyvezni lehessen, elérhetővé vált a Klímagáz adatbázis mobil applikációja (az applikáció megnevezése: Klímagáz adatbázis, mely IOS, és Android felületen keresztül is elérhető). Az applikáció a jogszabályban foglalt kötelezettségek teljesítése érdekében mind az alkalmazás üzemeltetője, mind a képesített szerelő adminisztrációs terheit csökkenti azáltal, hogy részletes értesítéseket küld például azokról az alkalmazásokról, melyek szivárgásvizsgálatának érvényességi ideje napokon belül lejár.

A Klímagáz adatbázis kezelőfelülete regisztrációt követően érhető el, bizonyos funkciókhoz azonban – például a szivárgásvizsgálatok érvényességi idejének ellenőrzéséhez – bejelentkezés nélkül, a nyitófelületen is hozzá lehet férni.

10.1 Regisztrációs alapismeretek

Magánszemély elsősorban természetes személyként, valamint alkalmazás-tulajdonosként regisztrálhat. Természetes személyként az köteles regisztrálni, aki képesített vállalkozás foglalkoztatottjaként klímagázokkal kapcsolatos tevékenységet kíván végezni és/vagy aki jelentkezni szeretne klímagáz képzésre. Kötelező a regisztráció azon természetes személyeknek is, akik regisztrációköteles alkalmazás-tulajdonosok vagy üzemeltetők. A képesített személyek az érvényes képesítési kategóriájuknak megfelelő menüpontokhoz férhetnek hozzá a Klímagáz adatbázisban.

A fentiekből következik, hogy az alkalmazások regisztrációját az alkalmazás-tulajdonosok vagy üzemeltetők kezdik meg, ugyanakkor az alkalmazásokra vonatkozó műszaki adattartalom rögzítése már a képesített személy feladata.

Alkalmazásnak minősül a fluortartalmú üvegházhatású gázokat, vagy ózonréteget lebontó anyagokat vagy fluortartalmú üvegházhatású gázokat és ózonréteget lebontó anyagokat együttesen tartalmazó vagy azzal működtetett termék, berendezés és létesítmény.

A hatályos jogszabályi környezet alapján minden olyan alkalmazás, amely szivárgásvizsgálatra köteles, egyben regisztrációra köteles is. Elektromos kapcsolóberendezéseknél azonban elválík a regisztrációs és szivárgásvizsgálati kötelezettség.

A 3 kg vagy annál több ózonréteget lebontó anyagot tartalmazó hűtő-, légkondicionáló, hőszivattyú-alkalmazások és tűzvédelmi rendszerek szivárgásvizsgálatra kötelezettek. Ózonréteget lebontó anyagokat új alkalmazásba betölteni már tilos. Ezek az anyagok szigorú szabályozás alá esnek, mely értelmében az ózonréteget lebontó anyagokkal töltött alkalmazások 2014. december 31. napját követően már csak az első hűtőköri beavatkozást igénylő javításig üzemelhetnek.

Fluortartalmú üvegházhatású gázok tekintetében a legalább 5 tonna CO₂-egyenértéknek (pl.: 3,49 kg R-134a) megfelelő mennyiségű, nem hab formájában tárolt fluortartalmú üvegházhatású gázokat tartalmazó alkalmazások kötelezettek szivárgásvizsgálatra. A kevesebb, mint 10 tonna CO₂-egyenértéknek megfelelő fluortartalmú üvegházhatású gázokat tartalmazó hermetikusan zárt alkalmazások nem tartoznak a szivárgásvizsgálat hatálya alá, amennyiben ezen alkalmazások hermetikusan lezárt voltát címke igazolja. Szivárgásvizsgálati kötelezettség az alábbi típusú alkalmazásokat öleli át:

- helyhez kötött hűtőberendezések;
- helyhez kötött légkondicionáló berendezések;
- helyhez kötött hőszivattyúk;
- helyhez kötött tűzvédelmi berendezések;
- hűtőkamionok és - pótkocsik hűtőegységei;
- elektromos kapcsolóberendezések;
- szerves Rankine-ciklusok.

Annak eldöntése során, hogy egy adott alkalmazást helyhez kötöttnek, vagy mobilnak tekintsünk-e, a funkcionalitás elvéből kell kiindulnunk. Helyhez kötöttnek tekintjük azokat az alkalmazásokat, melyek működés közben szokásos körülmények között nincsenek mozgásban, ideértve a hordozható beltéri légkondicionáló berendezéseket is. Azon alkalmazásokat tekintjük mobilnak, melyek működés közben szokásos körülmények között mozgásban vannak. Így például helyhez kötöttnek minősülnek az olyan alkalmazások (például fagyaltos autók), amelyekben helyhez kötve, a telephelyen az elektromos hálózatra kötve működik csak a kalorikus kör, és az autók mozgása közben az eutektikus panelek tartják a hőmérsékletet, a hűtőkör működése nélkül.

Az alkalmazások típusának rögzítése az alkalmazás tulajdonosának, üzemeltetőjének a feladata. A felvitel során a tulajdonos, üzemeltető az alábbi kategóriák közül választhat:

- telepített hűtőkör;
- mobil hűtőkör (hűtőkamion és -pótkocsi);
- tűzoltó berendezés;
- elektromos kapcsolóberendezés;
- szerves Rankine-ciklus;
- mobil hűtőkör (egyéb).

Telepített hűtőkörnek minősülnek az üzemszerűen helyhez kötött klímagáz tartalmazó vagy azzal működtetett rendszerek és alkalmazások, így különösen a helyhez kötött hűtőberendezések, helyhez kötött légkondicionáló berendezések, helyhez kötött hőszivattyúk, helyhez kötött tűzvédelmi berendezések, helyhez kötött elektromos kapcsolóberendezések, F-ÜHG-ből vagy ORLA-ból előállított oldószereket tartalmazó helyhez kötött berendezések.

Hűtőkamion az elsősorban áruszállításra tervezett és gyártott, hűtőegységgel felszerelt, 3,5 tonnánál nagyobb össztömegű gépjármű (tehergépjármű). Hűtőpótkocsi kamion vagy vontató általi vontatásra, elsősorban áruszállításra tervezett és gyártott, hűtőegységgel felszerelt jármű. Mindazon alkalmazások, melyek nem tartoznak a hűtőkamion vagy hűtőpótkocsi kategóriába, a mobil hűtőkör (egyéb) kategóriába sorolhatók. Ez utóbbi fogja át a nem regisztrációköteles mobil alkalmazásokat, melynek tekintetében azonban fennáll a nyilvántartási kötelezettség – ezen kötelezettségnek a Klímagáz adatbázis felületén is eleget lehet tenni, a mobil hűtőkör (egyéb) kategória kiválasztásával.

Mobil (MR) szektorba tartozó alkalmazások esetén nemcsak a regisztrációs kötelezettség tekintetében van különbség. Hűtőkamion és -pótkocsi szereléséhez, szervizeléséhez, karbantartásához – a jogosultság illetve képesítettség terjedelmétől függően – H-I., H-II., H-III. vagy H-IV. személyképesítési kategóriára van szükség. A mobil hűtőkör (egyéb) kategóriába tartozó alkalmazások szereléséhez, szervizeléséhez, karbantartásához M-I., M-II. vagy M-III. személyképesítési kategória szükséges.

Elektromos kapcsolóberendezésnek minősül minden olyan kapcsolókészülék, illetve annak vezérlő-, mérő-, védő- és szabályozóberendezéssel ellátott szerelvénye, a hozzá tartozó csatlakozókkal, tartozékokkal, készülékkel és tartószerkezetekkel együtt, amely villamos energia termelésére, átvitelére, elosztására és átalakítására szolgál. Ahogy az már a fentiekben szóba került, elektromos kapcsolóberendezések esetén szétválik a regisztrációs, illetve a szivárgásvizsgálati kötelezettség.

Nem kell regisztrálni az elektromos kapcsolóberendezést, ha

- igazolt szivárgási mértéke a gyártó műszaki leírásában foglaltak szerint évente kevesebb, mint 0,1%, és ennek megfelelően címkézték fel, vagy
- 6 kg-nál kevesebb fluortartalmú üvegházhatású gázt tartalmaz.

Nem tartozik szivárgásvizsgálati kötelezettség hatálya alá az elektromos kapcsolóberendezés, ha

- igazolt szivárgási mértéke a gyártó műszaki leírásában foglaltak szerint évente kevesebb, mint 0,1 %, és ennek megfelelően címkézték fel,
- egy a nyomást és sűrűséget ellenőrző eszközzel vannak felszerelve, vagy
- 6 kg-nál kevesebb fluortartalmú üvegházhatású gázt tartalmaz.

Így abban az esetben, ha az elektromos kapcsolóberendezést nyomást és sűrűséget ellenőrző eszközzel szerelték fel, ugyanakkor nem áll fenn a szivárgási mértékre vonatkozó kritérium és 6 kg-nál több fluortartalmú üvegházhatású gázt tartalmaz, az alkalmazást be kell regisztrálni.

Az elektromos kapcsolóberendezések tekintetében nem fogalmazható meg általános érvénnyel, egzakt módon a regisztrálandó egység. Az elektromos kapcsolóberendezések regisztrációját oly módon szükséges elvégezni, hogy a regisztráció során figyelembe vett alapelvek ellenőrizhető módon, következetesen érvényesüljenek. Ennek érdekében célszerű egy olyan dokumentumot feltölteni a Klímagáz adatbázisba, mely kifejti, hogy az adott állomáson/telephelyen milyen módon történt meg a regisztrálandó egység(ek) kiválasztása.

10.2 Jegyzőkönyvezési tevékenység

A Klímagáz adatbázisban jegyzőkönyvezésre megbízással rendelkező, megfelelően képesített vállalkozás képesített alkalmazottja jogosult. Jegyzőkönyveket a Klímagáz adatbázisban kizárólag a szivárgásvizsgálatra kötelezett (illetve elektromos kapcsolóberendezések esetén nyomás- vagy sűrűségátadó eszközzel felszerelt) alkalmazások esetén kell feltölteni.

A Klímagáz adatbázisban elektronikusan kitöltött jegyzőkönyveken kívül nem szükséges egyéb dokumentum csatolása. További dokumentumként kizárólag a 6 darabnál több fődarabot tartalmazó rendszereknél új telepítés, vagy átépítés esetén első alkalommal szükséges szivárgásvizsgálati tervdokumentáció felöltése.

Fődarabnak minősül:

- kompresszor,
- kondenzátor,
- elpárologtató,
- hőcserélő.

Jegyzőkönyvezésre megbízást az adott alkalmazás tekintetében az alkalmazás tulajdonosa, üzemeltetője adhat a saját regisztrációs felületén keresztül a képesített vállalkozás részére. A megbízás elfogadását követően a megbízott képesített vállalkozás képesített alkalmazottja a szerződött alkalmazások nyilvántartására szolgáló menüpontban rögzítheti a jegyzőkönyveket.

A megbízás terjedelme az alkalmazás tulajdonosa, üzemeltetője és a képesítéssel rendelkező vállalkozás közötti jogviszony tartalmától függ. Megbízás tehát jegyzőkönyvtípusonként, külön-külön vagy valamennyi jegyzőkönyvtípus tekintetében is adható.

Az alkalmazáson végzett, vagy azt érintő, képesítést igénylő tevékenységek akkor minősülnek elvégzettnek, amikor az elektronikus jegyzőkönyvet rögzítik a Klímagáz adatbázisban.

10.2.1 Jegyzőkönyv típusok

A következőkben a képesített vállalkozás képesített alkalmazottja által rögzíthető jegyzőkönyvtípusok kerülnek bemutatásra.

1. *Telepítési és adatmódosító jegyzőkönyv*

A telepítési és adatmódosító jegyzőkönyv kitöltése szolgál az újonnan rögzített alkalmazások műszaki adatainak felvitelére, valamint a már meglévő műszaki adatok módosítására.

Az alkalmazás hermetikusan zárt voltát is a telepítési és adatmódosító jegyzőkönyv alapján lehet rögzíteni, valamint van lehetőség automatikus szivárgásészlelő rögzítésére is.

A legalább 500 tonna CO₂-egyenértéknek megfelelő mennyiségű fluortartalmú üvegházhatású gázt tartalmazó helyhez kötött hűtőberendezések, helyhez kötött légkondicionáló berendezések, helyhez kötött hőszivattyúk és helyhez kötött tűzvédelmi berendezések esetén az alkalmazások üzemeltetőinek gondoskodniuk kell arról, hogy az alkalmazás fel legyen szerelve szivárgásészlelő rendszerrel, amely szivárgás esetén riasztja az üzemeltetőt vagy egy szervizelő vállalkozást. Ez a kötelezettség fennáll a 2017. január 1. napját követően telepített elektromos kapcsolóberendezések és szerves Rankine-ciklusok esetében is. Szivárgásészlelő rendszernek minősül a fluortartalmú üvegházhatású gázok szivárgását jelző, mechanikus, elektromos vagy elektronikus kalibrált készülék, amely szivárgás észlelésekor riasztja az üzemeltetőt. A szivárgásészlelő rendszer telepítése rendszeres (legalább hat-, illetve tizenkét havi) ellenőrzési kötelezettséget von maga után.

2. *Szivárgásvizsgálati jegyzőkönyv*

Újonnan telepített alkalmazások esetén a beüzemelést követően szivárgásvizsgálatot kell végezni. A telepítést követően elvégzendő szivárgásvizsgálatok gyakoriságát az alkalmazásokban lévő hűtőközeg töltetmennyisége határozza meg.

Amennyiben az alkalmazásokra szivárgásészlelő rendszert szereltek fel, az megduplázza a szivárgásvizsgálat érvényességi idejét.

A szivárgásvizsgálatot a szivárgásvizsgálat érvényességi idején belül kell elvégezni. A szivárgásvizsgálat érvényességi ideje az alkalmazás szivárgásvizsgálata elvégzésének időpontjában fennálló műszaki adatokon

alapul, ezért szivárgásvizsgálati gyakoriságot érintő beavatkozással egyidejűleg kötelező szivárgásvizsgálatot végezni.

Nem kell elvégezni a szivárgásvizsgálatot azon elektromos kapcsolóberendezések esetén, amelyek igazolt szivárgási mértéke a gyártó műszaki leírásában foglaltak szerint évente kevesebb, mint 0,1 %, és ennek megfelelően címkézték fel, egy a nyomást és sűrűséget ellenőrző eszközzel vannak felszerelve, vagy 6 kg-nál kevesebb fluortartalmú üvegházhatású gázt tartalmaznak.

Amennyiben kijavították az alkalmazás szivárgását, az alkalmazás tulajdonosának, üzemeltetőjének gondoskodnia kell arról, hogy képesített személy a javítást követő egy hónapon belül ellenőrizze az alkalmazást annak megállapítása céljából, hogy a javítás eredményes volt-e. Erre vonatkozóan jegyzőkönyvet nem szükséges rögzíteni.

3. *Klímagáz betöltési jegyzőkönyv*

A jegyzőkönyv rögzítése során szükséges megadni, a hűtőközeg betöltés szerviz vagy beüzemelési céllal történik-e. A szerviz célú betöltés nem módosítja az alkalmazás töltetmennyiségét, míg ha a beüzemelés vagy átépítés lehetőségét választják, akkor annival módosul az alkalmazás töltetmennyisége, amennyi gázzal feltöltjük az alkalmazást, vagy amennyit rátöltünk.

Klímagáz betöltése során figyelni kell arra, hogy a klímagáz mozgás is rögzítésre kerüljön. A képesített és a regisztrált vállalkozás nyilvántartást vezet a vásárolt, felhasznált, értékesített, visszanyert, újrahasznosított, regenerált, ártalmatlanított fluortartalmú üvegházhatású gáz típusonkénti és fajtankénti mennyiségéről, amely adatokat a Klímagáz adatbázis klímagáz mozgás vezetésére szolgáló felületén (F-ÜHG raktár) is feltölti a változástól számított 8 napon belül.

Hűtőköröknél F-ÜHG közeg vesztesége miatti F-ÜHG közeg utántöltés, felhasználás csak a hűtőkör javítását és szivárgásvizsgálatát követően végezhető.

4. *Klímagáz lefejtési jegyzőkönyv*

Ha a klímagázt tartalmazó alkalmazásból klímagáz került lefejtésre, klímagáz lefejtési jegyzőkönyvet kell rögzíteni. Tekintettel arra, hogy a klímagáz lefejtés is klímagáz mozgást jelent, ezt is rögzíteni kell a klímagáz mozgás vezetésére szolgáló felületen, amelyet a klímagáz lefejtési jegyzőkönyv segítségével is át lehet vezetni.

Az F-ÜHG közeget tartalmazó hűtőkörök töltetét minden, a hűtőkör megbontásával járó munkavégzés előtt a hűtőkör nem érintett részébe, vagy külön tartályba kell visszanyerni. A visszanyert közeg – amíg jogszabály nem tiltja – ugyanabba a hűtőkörbe a szükséges tisztítást követően visszatölthető vagy regenerálás után más hűtőkörben újrafelhasználható. Visszatöltés előtt a rendszer tömörségét ellenőrizni kell.

Amennyiben a klímagázt tartalmazó alkalmazást végérvényesen üzemem kívül helyezték (a későbbiek során sem kívánják használni) vagy az alkalmazásban lévő hűtőközeg elszivárgott, a jegyzőkönyv segítségével a töltetmennyiség „nullára” is módosítható. Ezeknek az esetköröknek a rögzítésére a telepítési és adatmódosító jegyzőkönyv nem használható.

5. *Kalorikus rendszer megbontásával járó munkavégzési jegyzőkönyv*

Hűtőkörbe, kalorikus körbe történő, gázkezeléssel járó beavatkozás dokumentálásához ezt a jegyzőkönyvet kell rögzíteni.

A hűtőkör megbontásával járó szerelési munka során gondoskodni kell arról, hogy a hűtőkör megnyitott részei a lehető leggyorsabban – szükség esetén ideiglenes eszközökkel – gáztömören le legyenek zárva. A szerelés során minden átmeneti csatlakozásnak is gáztömörnek kell lennie.

6. *Szivárgás bejelentő jegyzőkönyv*

Szivárgás észlelése esetén ennek tényéről a képesített személy a szivárgás észlelését követő 8 napon belül szivárgás bejelentő jegyzőkönyv feltöltésével értesíti a Nemzeti Klímavédelmi Hatóságot. Ennek elmaradása esetén az üzemeltető köteles azt a szivárgás észlelését követő 15 napon belül bejelenteni. Szivárgás bejelentő jegyzőkönyv kitöltéséhez külön jogosultság nem szükséges. Szivárgásészlelés esetén az üzemeltető haladéktalanul köteles intézkedni a szivárgás megszüntetéséről, felszámolásáról, az érintett berendezés javításáról. Amennyiben kijavították az alkalmazás szivárgását, az üzemeltetőnek gondoskodnia kell arról, hogy képesítéssel rendelkező természetes személyek a javítást követő egy hónapon belül ellenőrizzék az alkalmazást annak megállapítása céljából, hogy a javítás eredményes volt-e.

7. *Automatikus szivárgásészlelő rendszer vizsgálati jegyzőkönyv*

Azokban az esetekben, ahol szivárgásészlelő rendszer telepítése kötelező, az üzemeltetőnek gondoskodnia kell arról, hogy a szivárgásészlelő rendszereket megfelelő működésük biztosítása érdekében bizonyos gyakorisággal ellenőrizzék. Ennek eszköze az automatikus szivárgásészlelő rendszer vizsgálati jegyzőkönyv képesített személy általi feltöltése. A szivárgásészlelő rendszerek megfelelő működésének ellenőrzését annak érvényességi idején belül kell elvégezni.

Legalább **tizenkét havonta** szükséges ellenőrizni a szivárgásészlelő rendszereket az alábbi alkalmazások tekintetében:

- helyhez kötött hűtőberendezések;
- helyhez kötött légkondicionáló berendezések;
- helyhez kötött hőszivattyúk;
- helyhez kötött tűzvédelmi berendezések;
- szerves Rankine-ciklusok.

Legalább **6 évente** szükséges ellenőrizni a szivárgásészlelő rendszereket *elektromos kapcsolóberendezések* esetén.

8. Szivárgásvizsgálati tervdokumentációk

A mobil és helyhez kötött hűtés-légkondicionálás területén üzemeltetett olyan hűtőkör esetén, amely 6 darabnál több fődarabot tartalmaz, az üzemeltető köteles az üzembe helyezéskor, illetve a kalorikus rendszert érintő változáskor a berendezés tervezőjével, vagy a képesített személyzettel vagy a képesített vállalkozással elkészíttetni egy, az adott hűtőkör ellenőrzését támogató, a rendszer kalorikus kapcsolási vázlatát tartalmazó szivárgásvizsgálati dokumentációt; amit a Hatóság honlapján meghatározott (.dwg), módosítható fájl formátumban, elektronikusan a Hatóság nyilvántartó rendszerébe a regisztrált hűtőkörhöz kell feltölteni. Szivárgásvizsgálati tervdokumentációk feltöltéséhez a megbízással rendelkező képesített személy részére külön jogosultság nem szükséges.

Amennyiben olyan hűtőköri beavatkozást végeznek, amely egyidejűleg több jegyzőkönyvezési kötelezettséget is érint, azt a jegyzőkönyvet célszerű feltölteni, amely a legtöbb tevékenységet lefedi.



Bízunk benne, hogy jelen oktatási anyag hozzájárul ahhoz, hogy a Hatóság ügyfelei megszerezhessék azokat az ismereteket, amellyel a piacon egyre inkább teret hódító alternatív hűtőközegeket a legnagyobb biztonságban és környezettudatosan kezelhetik.