

HŰTŐ ÉS SZELLŐZŐRENDSZER SZERELŐ

Mestervizsgára

felkészítő jegyzet

**Budapest
2021**

SZERZŐ
KORBACSKA ÁKOS

LEKTORÁLTA
VÁRKONYI NÁNDOR

Tartalomjegyzék

Előszó	6
I. Hűtőberendezések üzemtana.....	7
1. Hűtőtechnikai számítások	7
1.1. Gázok termodinamikai állapotjelzői	7
1.2. Halmazállapot	7
1.3. Hőmennyiség és fajhő	8
1.4. A termodinamika főtételei:	8
1.5. Hőátvitel módjai.....	9
1.6. Hőátbocsátás	11
1.7. Hűtőteljesítmény igény meghatározása	11
Hűtőteljesítmény meghatározása.....	15
1.8. Számítógépes programok.....	15
2. Hűtőkörfolyamat	17
2.1. Kompresszoros hűtőkörfolyamat	17
2.2. Hűtőkör működése	17
2.3. Hűtőköri séma	19
2.4. Hatásfokok (EER és COP).....	20
2.5. Lg p – h diagram, állapotábra	20
3. Hűtőköri részegységek	21
3.1. Kompresszor	21
3.2. Kondenzátor	27
3.3. Elpárologtató	30
3.4. Adagoló szerv	32
3.5. Folyadékvezeték elemei	35
4. Kereskedelmi hűtőgép hűtőköre.....	36
5. Hűtőközegek.....	37
5.1. Hűtőközeg csoportjai	37
5.2. Hűtőközegek biztonsági besorolása	38
5.3. Hűtőközegek jelölési rendszere	38
5.4. Hűtőközeg keverékek (blendek) jellemzői	39
5.5. Hűtőközegek telítési nyomása, gózléc	40
5.6. Biztonsági előírások gyúlékony hűtőközegre	41
6. Hűtőgépolajok	42
6.1. Higroszkóposság és keveredési hézag	42

6.2.	Viszkozitás	43
7.	Hűtőberendezések alkalmazásai.....	43
7.1.	Kereskedelmi hűtőgép	43
7.2.	Komfort klímaberendezés	46
7.3.	Folyadékűtő berendezés	49
7.4.	VRV és VRF központi klímaberendezések	53
8.	Hűtőrendszerek üzembehelyezési eljárása	56
II.	Szellőző- és klímaberendezések üzemtana.....	60
1.	Szellőzéstechnikai alapfogalmak	60
1.1.	A levegő összetétele.....	60
1.2.	Mollier h-x diagram	64
1.3.	Légállapotok ábrázolása a Mollier h-x diagramban.....	65
1.4.	Komfort zóna	66
1.5.	Légállapot változások a Mollier h-x diagramban	66
1.6.	Számítások a Mollier h-x diagram használatával	68
1.7.	Lehülési görbe.....	70
1.8.	Keveredési szabály.....	71
1.9.	Számítógép szoftver	71
2.	Központi légkezelő berendezések	72
2.1.	Központi légkezelő berendezések feladata és jellemzőik	72
2.2.	Központi légkezelő berendezések elvi kapcsolási sémái a légállapot változtatások szerint.	73
2.3.	Központi légkezelő berendezések felépítése, részegységek	76
2.3.1.	<i>Ventilátorok</i>	77
2.4.	Légcsatornák sebesség és nyomásviszonyai.....	83
2.5.	Légcsatornák légsebesség értékei	87
2.6.	Előírt levegőmennyiség a helyiségekben.....	88
2.7.	Hővisszanyerő berendezések	89
3.	Szellőzőlevegő térfogatáram és nyomás szabályozása	90
3.1.	Helyiségek légnyomás szabályozása	91
3.2.	Szellőzőlevegő térfogatáram szabályozása.....	92
3.3.	Levegőszűrők telítettségének ellenőrzése.....	93
4.	Szellőzőberendezések alkalmazásai.....	95
4.1.	Lakásszellőztető berendezések	95
4.2.	Klímagerenda	96

III. Hűtő- és szellőző rendszerek korszerűsítése	97
1. Szellőzőrendszerek korszerűsítése	97
2. Hűtési rendszerek korszerűsítése	100
IV. Működés ellenőrzés és hibamegállapítás	100
1. Kereskedelmi hűtőgépek működésellenőrzése.....	100
2. Klímaberendezések működésének ellenőrzése	102
V. Hűtő- és szellőzőberendezések hidraulikai rendszerei	104
1. Hidraulikában használatos mértékegységek:	104
2. Egyszerű fűtési kör fojtószeleppel (radiátorszelep)	106
3. Szivattyú munkapontja	106
4. Hidraulikai be szabályozás	108
5. Fűtési rendszer tervezése, a méretezés lépései	108
6. Vízellátási módok	110
VI. Hűtő- és szellőzőberendezések automatikai ismeretei	111
1. Irányítástechnikai alapfogalmak.....	111
2. Mikroprocesszoros digitális szabályozó készülék elvi felépítése	111
3. Szabályozási kör.....	112
4. Szabályozási módok.....	113
4.1. Folytonos működésű szabályozás	113
4.2. Nem folytonos működésű, állásos szabályozás.....	113
4.3. Semleges zónás szabályozás	113
4.4. Értéktartó és követő szabályozás.....	114
4.5. Kaszkád szabályozás	114
VII. Hűtő- és szellőzőberendezések villamos szerelése	114
1. Villamos alapismeretek	114
2. Egyfázisú váltakozóáramú hálózatok – fűtőellenállások Ohmos terhelés	115
3. Villamos motorok hatásos teljesítménye (tekercseléssel rendelkeznek) induktív terhelés	115
4. Háromfázisú váltakozóáramú hálózatok feszültségei:	116
5. 3-fázisú táplálású villamos motorok	117
6. Kalickás forgórészű aszinkron motor (indukciós motor).....	117
7. Az indítási áramlökés csökkentése	118
7.1. Motorindító kapcsolások	121
7.2. Motorindító áramkörök elemei.....	122
VIII. Technológiai és munkafolyamat tervezés	123

1. Beruházási, kivitelezési munkálatok időtervezése	123
2. Tervegyeztetés, munkafolyamatok tervezése.....	123
3. Ütemtervek	124
4. Ütemtervek ábrázolási módjai.....	125
IX. Munkavédelmi ismeretek.....	125
1. A munkavédelem	125
2. A munkavédelem hatálya és területei	125
3. A munkavédelmi törvény	126
Mellékletek.....	128
Hűtőközegek lg p – h diagramja	129
Klímaberendezés beüzemelési adatlap.....	130
7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról..	131
A szellőző levegő mennyisége	131
Lakóépületek összesített energetikai jellemzői - hőigény	133
Felhasznált irodalom	138

Előszó

A hűtő- és klimatechnika, ezen belül a szellőzőrendszerek is, nagymértékű fejlődésen mennek keresztül, mely új műszaki megoldások, környezetvédelmi kihívások, energetikai igények megjelenésében nyilvánul meg. Egyes korábban még bevált és alkalmazott eljárások mára már elavultnak számítanak. A hűtő- és légtechnikai eszközök vezérlő- és szabályozási feladatait elektronikus, mikroprocesszoros szabályozók látják el. Klímaberendezések kompresszorai frekvenciaváltóval fordulatszám- illetve teljesítmény-szabályozottak.

A szakembereknek lépést kell tartani a technikai fejlődéssel. Meg kell ismerkedni és el kell sajátítani az új berendezésekkel kapcsolatos ismereteket, új technológiákat, szerviztechnikai eljárásokat és meg kell felelni a fokozottabban előtérbe kerülő környezetvédelmi és energiatakarékosági irányelveknek. Az új szervizeljárásokhoz hozzátartozik a digitális műszerek alkalmazása, a számítógépes méretező és segédsoftverek használata is. A hűtőgépek és szellőzőrendszerek üzemét alapvetően meghatározó fizikai törvényszerűségek nem változnak, ugyanakkor ezek alapos ismerete nélkül nem lehetséges értelmezni a digitális szabályozó és mérőműszerek által szolgáltatott üzemi- vagy diagnosztikai értékeket. A hűtő és szellőzőberendezés szerelő szakma több műszaki terület átfogó ismeretét követeli meg.

Éppen ezért a jegyzet megírásával kísérletet tettünk arra, hogy valamennyi érintett szakma legfontosabb ismeretét egy egységes szerkezetben, a jegyzet keretein belül tárjuk az olvasó elé. Ugyanakkor ügyeltünk arra, hogy a „Hűtő- és szellőzőrendszer szerelő szakma” szakképzés követelményeit ne lépjük túl, így a jegyzet nem tartalmazza a nagyteljesítményű ipari hűtőgépek speciális szakmai ismereteit.

A jegyzet összesen 9 fő szakmai egységre tagolódik, melyek mindegyike különböző, a szakma által érintett műszaki szakterülettel foglalkozik. A szakmai egységeket római számokkal jelöltük (I. – IX.) Ezek közül, az alapvető szakmai ismereteket tartalmazó „Hűtőberendezések üzemtana” és „Szellőző- és klímaberendezések üzemtana” c. részeket tárgyaltuk a legnagyobb részletességgel. Az egyes fejezetek az elméleti ismeretek összefoglalásával kezdődnek, majd az elmélet alkalmazását bemutató számítási feladatok folytatódnak, végül a részegységek és a komplett hűtő- vagy szellőzőrendszerek bemutatásával zárulnak.

A további szakmai egységek fejezetei hasonló felépítésűek, de rövidebbek és inkább összefoglaló jellegűek. Itt sem feledkeztünk meg azonban a megértést könnyítő elméleti összefoglalóról.

Ez a jegyzet a gyakorlati szakemberek számára íródott. Éppen ezért nem feledkeztünk meg arról sem, hogy megadjuk azokat a konkrét mérhető üzemi paramétereket és értékeket, melyek segítségével az optimális üzemviszonyok ezeken a gépeken beállíthatóak és támpontul szolgálhatnak hibadiagnosztika esetén.

Ajánljuk a jegyzetet a mestervizsgára készülő gyakorló szakembereken kívül azok számára is, akik most tanulják ezt a szakmát vagy tudásukat egyszerűen csak bővíteni szeretnék vagy csak egy adatra kíváncsiak.

I. Hűtőberendezések üzemtana

1. Hűtőtechnikai számítások

1.1. Gázok termodinamikai állapotjelzői

A legfontosabb állapotjelzők:

			SI mértékegység
Hőmérséklet	T	[°C]	[K]
Nyomás	p	[bar]	[Pa]
Térfogat	V		[m ³]
Tömeg	m		[kg]
Sűrűség	ρ		[kg/m ³]
Fajtérfogat	v		[m ³ /kg] (a fajtérfogat a sűrűség reciproka $v = 1/\rho$)

A °C -ban megadott hőmérsékletet átszámíthatjuk K-re: $K = 273,15 + °C$

A gyakorlatban elegendő 273-mal számolni. Pl. $20°C = 273 + 20 = 293K$

A hőmérséklet különbséget K-ben adjuk meg. Pl. $20°C - 10°C = 10K$

Az angolszász országokban használatos Fahrenheit mértékegységet az alábbi képlettel számíthatjuk át °C-ra: $°C = 5/9 (°F - 32)$ és $°F = 9/5 °C + 32$

A p nyomás mértékegységeként a hűtőtechnikai gyakorlatban általában a bar-t használjuk, de kisebb nyomások megadásakor, pl. vákuumozás esetén, a Pa használatos:

$$1\text{bar} = 100\,000\text{ Pa} = 0,1\text{ MPa} = 100\text{kPa}$$

$$1\text{mbar} = 100\text{ Pa}$$

Az atmoszferikus légkör nyomása ($p_{\text{atm}} = 1,013\text{bar}$) a gyakorlatban 1bar-nak vehető.

Mivel az üzemi berendezések mérése során körülöttünk légköri nyomás uralkodik, a nyomásmérő műszerekkel a tényleges, abszolút nyomás (p_{absz}) helyett csak a légköri nyomás feletti vagy alatti ($P_{\text{túlnyomás}}$) túlnyomást tudjuk mérni: $p_{\text{absz}} = p_{\text{atm}} + P_{\text{túlnyomás}}$

Pl. ha a nyomásmérő műszer által mutatott túlnyomás 2bar, akkor az abszolút nyomás 3bar, ha pedig -1 bar a mutatott érték, az abszolút nyomás éppen 0bar, azaz vákuum.

Egyértelművé teszi a nyomás megadását, ha abszolút nyomás esetén a bara („a” = abszolút), túlnyomás (manométer nyomás) esetén a barg („g” = gauge angolul manométer) mértékegység toldalékot használjuk.

1.2. Halmazállapot

Az anyagok mindenkor megjelenési formája a halmazállapot, mely lehet szilárd, folyékony vagy gáz. A halmazállapotot az anyagok nyomása és a hőmérséklete határozza meg.

Az állapotjelzők közötti összefüggést az ideális gázokra érvényes alábbi állapotegyenlet adja meg:

$$p V = m R T \quad R = \text{egy adott gázra jellemző, specifikus gázállandó [J/kgK]}$$

p [Pa]

V [m³]

m [kg]

R [J/kgK]

T [K]

Pl. A palackba töltött nitrogén gáz m tömege kiszámítható. Palack térfogata $V=100$ liter, nyomása $p=200$ bar, hőmérséklete $T=20^\circ\text{C}$.

A nitrogén specifikus gázállandója $R_{(\text{N}_2)}=296,8$ J/kgK (a levegőé $R_{(\text{levegő})}=287$ J/kgK,)

$$m = \frac{p V}{R T} = \frac{20\,000\,000\text{Pa} \cdot 0,1\text{m}^3}{296,8\text{J/kgK} \cdot 293\text{K}} = 23\text{kg}$$

1.3. Hőmennyiség és fajhő

Energiaközléssel (hőközléssel) az anyagok hőmérsékletnövekedését érjük el.

A hő jele Q [J] a gyakorlatban a kJ-t használjuk.

Azt a hőmennyiséget, amely 1kg anyag hőmérsékletét 1K-nel változtatja meg fajhőnek vagy fajlagos hőkapacitásnak nevezzük. Jele c [kJ/kgK]

Az anyagok hőmérsékletének megváltoztatásához szükséges hőmennyiséget (hőenergiát) így számíthatjuk ki:

$$Q = c m \Delta T$$

c fajhő [kJ/kgK]

m tömeg [kg]

ΔT hőmérséklet változás [K]

A víz fajhője $c_{\text{víz}}=4,19$ kJ/kgK (a gyakorlatban 4,2-vel számolunk),

A levegő fajhője $c_{\text{levegő}}=1$ kJ/kgK

A jég fajhője $c_{\text{jég}}=2,1$ kJ/kgK

A fajhő korábbi mértékegysége a kcal volt: 1kcal=4,2 kJ/kgK

Pl. 10 liter víz felmelegítéséhez 15°C -ról 65°C -ra szükséges hőmennyiség:

$$Q = c m \Delta T = 4,2\text{kJ/kgK} \cdot 10\text{kg} \cdot 50\text{K} = 2100\text{kJ}$$

1.4. A termodinamika főtételei:

I. főtétele:

- egy zárt rendszerben energia nem veszhet el, csak másik energiafajtvává alakulhat át.

- a hő és a mechanikai munka egyenértékű

A hő (energia) mértékegységeként a kJ-t használjuk, a mechanikai munka (energia) mértékegységeként a gyakorlatban kWh -t használjuk (de megadható Wh, Ws mértékegységekkel is)

1kWh=3600kJ, azaz a Q hőmennyiség (hőenergia) megadható a gyakorlatban jobban használható kWh-ban is.

II. főtétel:

- egy adott energiamennyiség sohasem alakítható át maradéktalanul munkává, a hőmennyiség jelentős része megy sokkal inkább veszendőbe.

- a hő mindig a melegebb helyről a hidegebb hely felé áramlik magától, sohasem fordítva, kivéve ha energiát fektetünk be.

Minél nagyobb a melegebb és a hidegebb hely hőmérséklete közötti különbség (ΔT), ugyanannyi idő alatt annál nagyobb az átáramló hőmennyiség (energia).

A hő (energia) áramlási sebességét, azaz időegység alatt átáramló energiát teljesítménynek nevezzük:

Jele \dot{Q} („*Q pont*”), mértékegysége kJ/s vagy kJ/h vagy kWh/h=kW.

Kiszámítása: $\dot{Q} = \frac{Q}{t}$ t [óra (h)]

A gyakorlatban a hőteljesítményt egyszerűen csak Q-val jelöljük és kW mértékegységgel adjuk meg.

Összefoglalva a különböző energiafajtákat különböző mértékegységekkel adjuk meg:

	Jele	Mértékegység		Jele	Mértékegység
Hőenergia	Q	kJ	Hőteljesítmény	\dot{Q}	kW $\dot{Q} = Q/t$
Villamos energia	W	kWh	Villamos telj.	P	kW $P = W/t$

Megjegyzés: A hűtőtechnikai gyakorlatban azonban a hőteljesítményt is pl, hűtőteljesítményt a \dot{Q} jelölés helyett Q_0 , a kondenzációs teljesítményt a Q jelöli. Ennek ellenére a számítási példáknál követtük a pontozott \dot{Q} jelölést, az egyértelmű követhetőség érdekében. A további fejezetekben azonban már a gyakorlatban használt jelölésekkel dolgozunk.

Pl. Az előző példában szereplő vízmennyiség felmelegítéséhez kiszámíthatjuk a szükséges villamos fűtőbetét teljesítményét, ha a vizet 1 óra alatt szükséges felmelegíteni.

10 liter víz felmelegítéséhez 15°C-ról 65°C-ra szükséges hőmennyiség:

$$Q = c m \Delta T = 4,2 \text{kJ/kgK} \cdot 10 \text{kg} \cdot 50 \text{K} = 2100 \text{kJ}$$

$$Q = 2100 \text{kJ} / 3600 = 0,583 \text{kWh} \text{ hőenergia}$$

$$W = Q = 0,583 \text{kWh} \text{ villamos energia}$$

$$P = W / t = 0,583 \text{kWh} / 1 \text{h} = 0,583 \text{kW} \text{ villamos teljesítmény}$$

1.5. Hőátvitel módjai

A hő a melegebb helyről a hidegebb hely felé áramlik magától. A hőáramlásnak, azaz a hőátvitel módjai:

- Hővezetés (kondukción) szilárd anyagokban

A szilárd anyagokra jellemző a λ [W/mK] hővezetési tényező.

$$\dot{Q} = \lambda A \frac{\Delta T}{\delta} \quad [\text{W}]$$

λ [W/mK]	hővezetési tényező
A [m ²]	felület
ΔT [K]	hőmérséklet különbség
δ [m]	vastagság

- Hőátadás (konvekció) szilárd és áramló anyag (folyadék vagy gáz) határfelületei között

Természetes vagy mesterséges közegáramlás (levegő vagy víz áramlása) esetén a szilárd anyag felületéről történő hőszállításra jellemző az α [W/m²K] hőátadási tényező.

$$\dot{Q} = \alpha A \Delta T \quad [\text{W}]$$

α [W/m ² K]	hővezetési tényező
A [m ²]	felület
ΔT [K]	hőmérséklet különbség

- Hősugárzás (radiáció) közvetítő anyag nélkül, elektromágneses hullámok formájában történő energiaáramlás

A testekre jellemző az abszorpciós képesség, mely a sugárzási energia elnyelési képessége, az emissziós képesség, mely a test által kibocsátott energia kisugárzási képesség valamint reflexiós képesség mely az anyagok sugárzási energiavisszaverési képessége.

Valamely test által időegység alatt kisugárzott hőteljesítmény a test hőmérsékletének negyedik hatványával arányos:

Egy test által kisugárzott hőteljesítmény

$$\dot{Q} = C A \left(\frac{T}{100}\right)^4 \quad [\text{W}]$$

Két test közötti sugárzási hőteljesítmény

$$\dot{Q} = C_{12} A \left(\frac{T_1}{100} - \frac{T_2}{100}\right)^4 \quad [\text{W}]$$

C [W/m ² K ⁴]	sugárzási tényező, C_{12} a két test közös sugárzási tényezője
A [m ²]	sugárzási felület
T [K]	test felületének hőmérséklete, T_1 és T_2 [K] két különböző hőmérsékletű test hőmérsékletei

1.6. Hőátbocsátás

Két test között tehát a hőátvitel történhet hővezetés, hőátadás vagy sugárzás útján, de leginkább mindhárom módon egyszerre, különböző arányban. A hőátvitel megadható egy közös tényezővel, bármilyen arányban történik is a hőátvitel, mely jelzi, milyen könnyen vagy nehezen áramlik a hő az adott anyagokon és felületeken keresztül.

Azt a tényezőt, mely az anyag hőszigetelési képességét, beleértve a külső felületeire vonatkozó átmeneti ellenállásait is tartalmazza, hőátbocsátási tényezőnek nevezzük.

Jele k [W/m^2K]

$$\dot{Q} = k A \Delta T \quad [W]$$

k [W/m^2K] hőátbocsátási tényező

A [m^2] felület

ΔT [K] hőmérséklet különbség

Pl. Egy hűtőkamra szendvicsszerkezetű hőszigetelő falainak hőátbocsátási tényezője $k=0,4$ W/m^2K . A belső hőmérséklet $T_b=0^\circ C$, a külső hőmérséklet $T_k=25^\circ C$. A hűtőkamra teljes falfelülete $A=30m^2$. A hűtőkamrába beáramló hő kiszámítható:

$$\Delta T = T_k - T_b = 25^\circ C - 0^\circ C = 25K$$

$$\dot{Q} = k A \Delta T = 0,4W/m^2K \cdot 30m^2 \cdot 25K = 300W = 0,3kW$$

Egy egész nap (24h) alatt beáramló hőmennyiség: $Q = t \dot{Q} = 24h \cdot 0,3kW = 7,2kWh$

1.7. Hűtőtéljesítmény igény meghatározása

A hűtőtéljesítmény igény meghatározásának az alapja a termodinamika I. és II. főtétele.

Emlékeztetőül:

Az I. főtétele azt mondja ki, hogy egy zárt rendszerben energia nem veszhet el hanem csak más energiatípusra alakulhat át. A hőenergia és a mechanikai energia ekvivalens egymással.

A II. főtétele azt mondja ki hogy a hő mindig a melegebb test felől áramlik a hidegebb test felé magától.

Egy ilyen zárt rendszernek tekinthető egy hűtőkamra is. A hűtőkamrába hő áramlik be a határoló falakon keresztül a melegebb környezeti levegőből, a betárolt meleg áruval és az áru rakodása alkalmával a nyitott ajtón keresztül beáramló meleg levegőből. A rakodó emberek vagy gépek által termelt hő, a hűtőkamra világítása, az elpárologtató ventilátormotorjai és leolvasztó fűtése vagy a mélyhűtő hűtőkamrák padló és ajtókeret fűtésének hője ugyancsak növeli a bevitt hőmennyiséget.

Ha a hűtőkamrába beáramló hőmennyiség és a hűtőgép által a hűtőkamrából elszállított hőmennyiség egyenlő akkor a hűtőkamrában uralkodó hőmérséklet nem változik. Ha az elszállított hőmennyiség több mint a beáramló, akkor a hőmérséklet csökkenni fog, ha az elszállított hőmennyiség kevesebb mint a beáramló, akkor a hőmérséklet nőni fog a hűtőkamrában. A hűtőkamra belső hőmérséklete megtartható, hogyha a bevitt és elszállított hőmennyiség egymással egyenlő. Ez az alapja a hűtőtéljesítmény igény meghatározásának. Írjuk fel most a hűtőkamrába beáramló hőmennyiséget és összegezzük ezeket:

A hűtőkamrába beáramló hőmennyiségek közül a falakon, a mennyezeten és a padlón keresztül beáramló hőmennyiséget **transzmissziós hőmennyiségnek (Q_{tr})**, a beáramló meleg levegő által bevitt hőmennyiséget **infiltrációs hőmennyiségnek (Q_{inf})** nevezzük. Az **árulehűtéshez szükséges hőmennyiséget ($Q_{áru}$)** jelöljük. A ventilátorok, leolvasztó fűtés, rakodó gépek és a rakodó emberek által termelt hőmennyiséget valamint a világítás, padló és ajtókeret fűtés hőmennyiséget az **egyéb hőmennyiség ($Q_{egyéb}$)** hőmennyiséggel vesszük figyelembe.

A beáramló **összes hőmennyiség ($Q_{összes}$)** kiszámításához összegezzük a hőmennyiségeket. A hőmennyiségeket számításánál célszerűen 24h időtartam alatt áramló hőmennyiségekkel számolunk.

$$Q_{össz} = Q_{tr} + Q_{inf} + Q_{áru} + Q_{egyéb} \quad [\text{kWh}]$$

A következőkben sorra vesszük az egyes hőmennyiségek számítását.

Transzmissziós hőmennyiség:

$$Q_{tr} = k A \Delta T \cdot 24h / 1000 \quad [\text{kWh}]$$

k [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$] a hűtőkamra szendvicsszerkezetű falainak hőátbocsátási tényezője

A [m^2] a hűtőkamra falfelülete

ΔT [K] hőmérséklet különbség, a T_k külső hőmérséklet és a T_b a hűtőkamra belső hőmérséklet különbsége. $\Delta T = T_k - T_b$

24h egy nap (24h), ennyi időtartamra számítjuk ki a beáramló hőmennyiséget

1000 Wh és kWh közötti váltószám (1kWh=1000Wh)

Infiltrációs hőmennyiség:

$$Q_{inf} = c_{levegő} m_{levegő} \Delta T_{levegő} / 3600$$

$c_{levegő}$ [kJ/kgK] a levegő fajhője, $c_{levegő}=1 \text{ kJ}/\text{kgK}$

$m_{levegő}$ [kg] a hűtőkamrába beáramló levegő tömege. A hűtőkamrába bejutott levegő tömege kiszámítható a levegő sűrűségéből és a bejutott levegő térfogatából. A bejutott levegő térfogatának kiszámításához a légcserezszámra van szükségünk:

$$m_{levegő} = \rho_{levegő} V_{hűtőkamra} L / 3600$$

$\rho_{levegő}$ [kg/m^3] a levegő sűrűsége, 0°C -os levegő sűrűsége $\rho_{levegő} = 1,3 \text{ kg}/\text{m}^3$

$V_{\text{hűtőkamra}}$ [m³] hűtőkamra belső méretű hosszúság x szélesség x magasság [m³]
 L [1/nap] légcserezszám, 0°C feletti normál hűtőkamra és sűrű bejárás
 esetén $L = 70\sqrt{V}$, mélyhűtő kamrák és ritka bejárás esetében $L = 50\sqrt{V}$ becsülhető.
 $\Delta T_{\text{levegő}}$ hőmérséklet különbség, a T_k külső hőmérséklet és a T_b a hűtőkamra belső
 hőmérséklet különbsége. $\Delta T_{\text{levegő}} = T_k - T_b$
 3600 kJ és kWh közötti váltószám (1kWh=3600kJ)

Amennyiben a léghűtő elpárolgató felületi hőmérséklete a levegő harmatpontja alatt van, akkor az elpárolgató felületén a levegő nedvessége kondenzvíz formájában kicsapódik és 0°C alatti hőmérsékletű elpárolgató felület esetén dérkirakódást eredményez. A hűtőteljesítmény egy része a kondenzvíz illetve dérképződés miatt elvész. Ezzel a teljesítményvesztéssel is számolni kell. A kiszámításával azonban a „szellőző és klímaberendezések üzemtana” című fejezetben foglalkozunk részletesen.

Árulehítéshez szükséges hőmennyiség:

Ha csak meleg áru lehűtése a feladat:

$$Q_{\text{áru}} = c_{\text{áru}} m_{\text{áru}} \Delta T_{\text{áru}} / 3600 \quad [\text{kWh}]$$

$c_{\text{áru}}$ [kJ/kgK] az áru fajhője

$m_{\text{áru}}$ [kg] a hűtőkamrába betárolt áru tömege

$\Delta T_{\text{áru}}$ hőmérséklet különbség, az áru $T_{\text{betárolási}}$ hőmérséklete és a T_b a hűtőkamra belső hőmérsékletének különbsége. $\Delta T_{\text{áru}} = T_{\text{betárolási}} - T_b$

3600 kJ és kWh közötti váltószám (1kWh=3600kJ)

Ha az árut nem csak lehűteni, hanem lefagyasztani is szükséges, akkor a betárolt meleg árut először a betárolási hőmérsékletéről a fagyáspontig (dermedéspontig) lehűtjük, az ehhez szükséges elvonandó hőmennyiséget az előbbi képlet alapján számolhatjuk ki. Majd ezt követően ezen a hőmérsékleten lefagyasztjuk. Tehát az úgynevezett dermedés vagy fagyáshővel is számolnunk kell. Ahhoz, hogy a lefagyasztandó áru az adott árura jellemző fagyásponton megfagyjon (miközben azonban a hőmérséklete nem változik, csak fagyott állapotba kerül), el kell vonnunk a dermedéshőt is:

$$Q_{\text{dermedés}} = q_{\text{áru}} m_{\text{áru}} / 3600 \quad [\text{kWh}]$$

$q_{\text{áru}}$ [kJ/kgK] az áru dermedéshője

$m_{\text{áru}}$ [kg] a hűtőkamrába betárolt áru tömege

Ha az árut a fagyáspontja (dermedéspontja) alá szükséges lehűteni, akkor a már megfagyott árut fagyásponti (dermedésponti) hőmérsékletéről le kell hűtenünk a kívánt hőmérsékletre. Ezt a hőmennyiséget ismét az árulehítéshez használt képlettel számíthatjuk ki, de most már a fagyott áru fajhőjével számolunk:

$$Q_{\text{áru}} = c'_{\text{áru}} m_{\text{áru}} \Delta T_{\text{áru}} / 3600 \quad [\text{kWh}]$$

$c'_{\text{áru}}$ [kJ/kgK] a fagyott (dermedt) áru fajhője
 $m_{\text{áru}}$ [kg] a hűtőkamrába betárolt áru tömege
 $\Delta T_{\text{áru}}$ hőmérséklet különbség, az áru $T_{\text{betárolási}}$ hőmérséklete és a T_b a hűtőkamra belső hőmérsékletének különbsége. $\Delta T_{\text{áru}} = T_{\text{betárolási}} - T_b$
 3600 kJ és kWh közötti váltószám (1kWh=3600kJ)

Napi áruforgás

Gyakran előfordul, hogy a hűtőkamrákban lehűtött és tárolt árumennyiség egy részét elszállítják és helyébe új mennyiséget tárolnak be. Ekkor a hűtőgépnek nem kell a teljes mennyiséget lehűtenie, csak az újonnan betárolt árumennyiséget. A naponta újonnan betárolt és a teljes tárolt árumennyiség arányát áruforgásnak hívjuk és százalékosan adjuk meg. Pl. 3 tonna teljes tárolt mennyiség esetén a napi új betárolás 1 tonna, akkor az áruforgás 30%. A napi áruforgást úgy vesszük figyelembe az árulehűtéshez szükséges hőmennyiség kiszámításakor, hogy csak az össz tárolt árumennyiségnek csak a napi áruforgás szerint meghatározott újonnan betárolt árumennyiség résszel ($m_{\text{áru}}$) számolunk.

Egyéb hőmennyiségek:

$$Q_{\text{egyéb}} = Q_{\text{ventilátor}} + Q_{\text{leolvasztó fűtés}} + Q_{\text{világítás}} + Q_{\text{emberi munka}}$$

[kWh]

Elpárologtató ventilátorok hőmennyisége:

$$Q_{\text{ventilátor}} = n P_{\text{vill}} t / 1000 \quad [\text{kWh}]$$

n ventilátorok száma

P_{vill} [W] ventilátorok teljesítménye egyenként

t [h] ventilátorok üzemideje naponta órában

Hasonlóan számítjuk az elpárologtató leolvasztó fűtése, a világítás, az emberi munkavégzés vagy rakodógépek, mélyhűtő kamrák padlófűtés által bevitt hőmennyiséget is.

Leolvasztó fűtés esetén n az elpárologtatók száma, P_{vill} az össz beépített leolvasztó fűtés teljesítménye, a leolvasztási idő t a napi leolvasztási ciklusok száma x ciklus hossza (villamos leolvasztás esetén átlagosan 0,5h).

Az emberi munkavégzésnél egy fő teljesítménye hozzávetőlegesen 300W-nak vehető.

A fentiekén kívül az egyéb hőmennyiségek sorába tartozik például egyes élelmiszerek, elsősorban gyümölcsök úgynevezett lélegzés hője. Ez a gyümölcsökben lejátszódó oxidációs folyamatok eredménye. Pontos számítások esetében, ezzel a hőmennyiséggel is számolni kell, itt azonban erre nem térünk ki.

Hűtőtéljesítmény meghatározása

Ha kiszámítottuk és összegeztük az összes hőmennyiséget ($Q_{\text{össz}}$) akkor már csak a hűtőagregát hűtőtéljesítményét (Q_0) kell kiszámítanunk. Ehhez az össz hőmennyiséget el kell osztanunk a kompresszor üzemidejével. A kompresszor napi üzemidejét ($t_{\text{kompresszor}}$) 18h -nak vegyük fel. Ezzel a szükséges kompresszor hűtőtéljesítmény:

$$Q_0 = Q_{\text{össz}}/t_{\text{kompresszor}} \quad [\text{kW}]$$

1.8. Számítógépes programok

Hűtőtéljesítmény igény meghatározásához rendelkezésre állnak speciális szoftverek. Ilyen például a Danfoss cég Coolselector2 nevű szoftvere is, mely egy többféle feladat elvégzésére szolgáló szoftvercsomag. A kereskedelmi hűtőgépek, hűtőkamra méretezése menüpontban lehetséges hűtőkamrák hűtőtéljesítmény igény meghatározása is. Segítségével a kiindulási adatok megadása után a program elvégzi a hőmennyiség számításokat és meghatározza a szükséges hűtőtéljesítmény igényt. A hűtőkamra szendvicspaneleinek adatai, légtechnikai adatok, hűtendő élelmiszerek hőtechnikai adatai és számos más adat is pl. szokásos légcsereszám, leolvasztási ciklusidők stb. be vannak építve a program adatbázisába. Utolsó lépésben még a teljesítményhez megfelelő hűtőagregát típusát is kiválasztja a cég által gyártott termékek közül. Ez az ingyenes szoftver a www.danfoss.com honlapról tölthető le. Az alábbi ábrán a kiindulási adatokat, a következőn pedig a kiszámított adatokat és hűtőtéljesítményt láthatjuk.

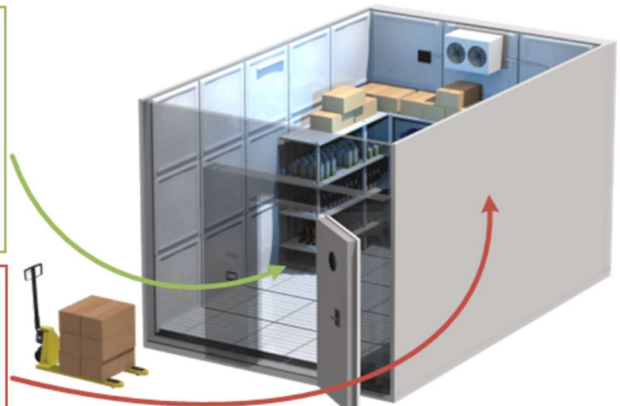
Hűtőkamra - Lépés 2 a 5: A hűtőkamra terhelés áttekintése

Az alábbi adatok szükségesek a hűtőkamra hűtőtéljesítményének kiszámításához:

Hossz: 6,00 m	Hűtőkamra kondíciók: Hőmérséklet: 5,0 °C	Termékek: Vegyes termékek
Szélesség: 5,00 m	Relatív páratartalom: 80 %	Mennyiség/nap: 4000 kg
Magasság: 3,60 m	Működési órák száma: 18 h	Bemeneti hőmérséklet: 10,0 °C
<input checked="" type="radio"/> Belső méretek		Légzési hőterhelés: 20000 kg
<input type="radio"/> Külső méretek		

Légcsere (infiltráció):
Hőmérséklet: 28,0 °C
Relatív páratartalom: 55 %
 Ajtó nyitások:
Gyakran
 Légcsere szám: 6
(a hűtőkamra térfogata 24 óránként)

Hőátadás:
 Standard panelok Egyedi panelok
Típus: Poliuretán
Vastagság: 100,0 mm
Környezet hőmérséklete: 28,0 °C
Padló alatti hőmérséklet: 10,0 °C
 Padló szigetelve



További terhelések

Világítások: 240 W	<input checked="" type="checkbox"/> Leolvasztás	<input type="checkbox"/> Elektromos	<input checked="" type="radio"/> Természetes
Ventilátorok: 210 W	Tápellátás: 1510 W		
Emberek: 1 h/nap	Leolvasztás/nap: 4		
Egyéb: 0 W	Leolvasztási idő: 30 min		

Súgó

< Előző Következő >

A "Kiválasztás" gomb megnyomása előtt gondosan ellenőrizze a számított hűtési kapacitást és az összes üzemi körülményt:

Üzemi feltételek		Elpárolgás:		Kondenzáció:	
Előírt teljesítmény:		Harmatpont hőmérséklet:	-3,3 °C	Környezeti hőmérséklet:	32,0 °C
Hűtési teljesítmény:	2,620 kW	Hasznos túlhevítés:	5,4 K	Utóhűtés:	3,0 K
		Kiegészítő túlhevítés:	0 K	Kiegészítő utóhűtés:	0 K
		<input type="checkbox"/> Visszatérő gáz hőmérséklete:	2,1 °C		

Hűtőkamra:
 Hőmérséklet: 5,0 °C
 Relatív páratartalom: 80,0 %
 Működési órák száma: 18,0 h

Terhelés részletek:

Transzmisszió:	0,776 kW
Infiltráció:	0,523 kW
Jég az elpárolgatón:	0,034 kW
Termékek összesen:	1,049 kW
Termékek, hűtés:	1,049 kW
Termékek, légzés:	0 kW
Világítás:	0,013 kW
Emberek:	0,013 kW
Ventilátorok:	0,210 kW
Egyéb:	0 kW
Leolvasztás:	0 kW
Teljes:	2,620 kW

Csőhozz az aggregáttól az elpárolgatóig:

1,00 m

A léghűtő (elpárolgató) nem kerül kiválasztásra. Kérjük, forduljon HX-beszállítóhoz

 Súlyó

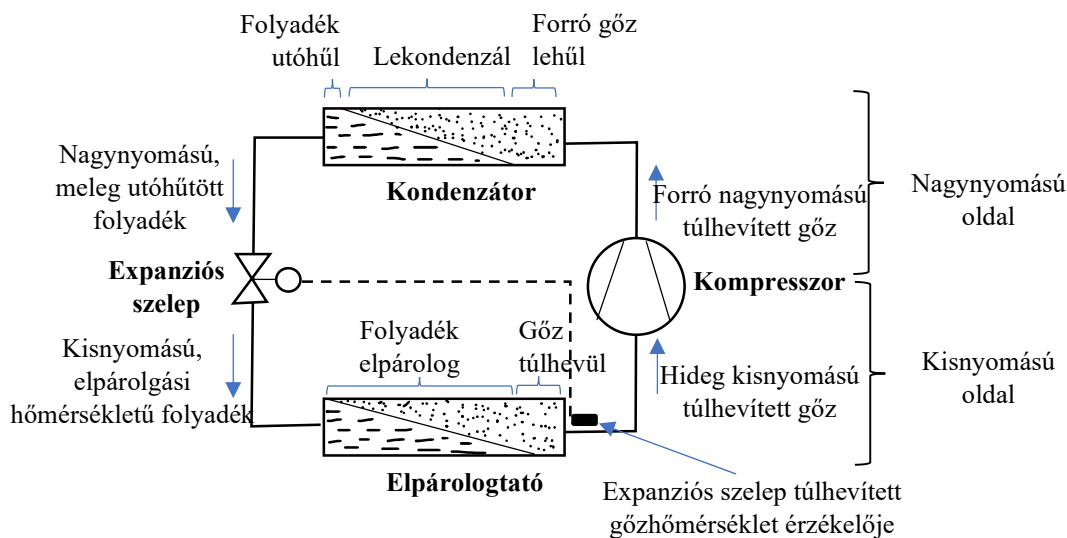
< Előző

Kijelölés

2. Hűtőkörfolyamat

2.1. Kompresszoros hűtőkörfolyamat

Az ábrán egy kompresszoros hűtőkör egyszerűsített sémája látható. A hűtőkör 4 fő részegységéből áll, melyek az elpárolgató, kompresszor, kondenzátor és expanziós szelep.



Az ábrán látható hűtőkört bal oldalon az expanziós szelep, jobb oldalon a kompresszor zárja le és osztja két részre. Így az alsó részen az elpárolgató, a felső részen a kondenzátor helyezkedik el.

2.2. Hűtőkör működése

A hűtőkör alsó részén - tehát az elpárolgatóban - alacsony nyomást, a felső részén - tehát a kondenzátorban - pedig nagy nyomást tartunk fenn. Mivel a hűtőközeg folyadék forráspontját a folyadékfelszín feletti gőznyomás határozza meg egy adott hűtőközegnél, így az elpárolgatóban lévő hűtőközeg folyadék forráspontja, azaz elpárolgási hőmérséklete, a gőznyomás megváltoztatásával pontosan beállítható az általunk megkívánt értékre. Az elpárolgási hőmérsékletnek megfelelően alacsonyabbnak kell lennie, mint a hűtendő közeg hőmérséklete ahhoz, hogy a hűtendő közegből a hő az alacsonyabb hőmérsékletű hűtőközeglébe áramoljon „magától” és így a hűtendő közeget (levegőt, vizet) lehűthessük (a hőtan II. főtétele értelmében a hő a magasabb hőmérsékletű helyről az alacsonyabb hőmérsékletű hely felé áramlik magától sohasem fordítva.) A gőznyomást, azaz a folyadékfelszín feletti gőzmennyiséget a kompresszorral szabályozhatjuk. Ha a kompresszorral mindig akkora gőzmennyiséget szívunk el, mint amennyi az elpárolgatóban termelődik, akkor a gőznyomás és ezzel a folyadék hűtőközeg hőmérséklete, az elpárolgási hőmérséklet is állandó értéken tartható. Miután az elpárolgatóba beadagolt folyadék hűtőközeg teljes mértékben gőzzé alakult, a száraz gőz hőmérséklete az elpárolgatóban ebben a

szakaszában felvett hő hatására a folyadék forráspontja fölé emelkedik. Ezt a hőmérséklet emelkedést nevezzük túlhevítésnek.

A kompresszor az elpárologtatóból elszívott alacsony nyomású és hőmérsékletű kissé túlhevült gőzt elszívja és nagynyomású forró gőzzé alakítja. (A kompresszor a beszívott gőzt nem csak összesűríti, aminek következtében a gőz hőmérséklete jelentősen megemelkedik, hanem általa a hűtőközeg áramolni kezd, ezzel a kompresszor által felvett villamos energia a hűtőközeg energiáját megemeli.)

A forró és nagynyomású gőz ezután a kondenzátor csővezetékeibe kerül, ahol a hűtőközeg gőz a hőjét természetes hűtőközegnek (levegőnek és víz) adja le. Ennek hatására a kondenzátor csőkígyójának első szakaszán először forró száraz gőz hőmérséklete csökken, majd a nagynyomású oldalon uralkodó nyomásnak megfelelő forrásponton (kondenzációs hőmérsékleten) folyadékká alakul (kondenzál), majd a csőkígyó azon a szakaszán, ahol már csak tiszta folyadék hűtőközeg áramlik, a folyadék hőmérséklete a forráspont (kondenzációs hőmérséklet) alá csökken. Ezt a hőmérséklet csökkenést utóhűtésnek hívjuk.

A nagynyomású oldalon azonban a hűtőközeg folyadék felett uralkodó gőznyomást és ezzel pedig a hűtőközeg forráspontját (a kondenzációs hőmérsékletet) a kompresszorral szabályozni nem lehet. Mivel a hűtőközeg a kondenzátorban hőmennyiség formájában adja le mindazt az energiát, melyet az elpárologtatóban hő formájában és a kompresszorban mechanikai energia formájában felvett, így a hőmérséklete a kondenzátorban addig nő, amíg megfelelően nagyobb lesz mint a környezeti hőmérséklet és a kondenzátor felületén a hőmennyiség távozhat. A kondenzációs hőmérsékletnek megfelelően alacsonyabbnak kell lennie, mint a természetes hűtőközeg hőmérséklete ahhoz, hogy a hűtőközezből a hő az alacsonyabb hőmérsékletű természetes hűtőközegbe (levegőbe, vízbe) áramoljon „magától” és így a hűtőközeg leadhassa a hőjét és ennek hatására gőzből folyadékká kondenzálódhasson (a hőtan II. főtétele értelmében a hő a magasabb hőmérsékletű helyről az alacsonyabb hőmérsékletű hely fel áramlik magától sohasem fordítva.) A nagynyomású oldal nyomását tehát a környezeti hőmérséklet határozza meg.

A kondenzátorból kilépő hűtőközeg folyadék az expanziós szelepbe jut, amelyen keresztüláramolva az utóhűtött, de még meleg és nagynyomású hűtőközeg folyadék átkerül a kisnyomású oldalra, ahol a nyomással együtt hőmérséklete is a nyomásnak megfelelő elpárolgási hőmérsékletre csökken.

Az expanziós szelep feladata az, hogy minél több folyadékot adagoljon be az elpárologtató csőkígyójába úgy, hogy a folyadék lehetőleg árassza el a csőkígyó minél hosszabb szakaszát, de jusson csőszakasz a szárazgőz túlhevítésére is.

Minél több folyadékra azért van szükség az elpárologtatóban, mert csak a folyadék hűtőközeg elpárolgásával lehet tetemes hőt elvonni, azaz intenzív hűtést megvalósítani. A gőz a túlhevüléséhez jelentéktelen hőmennyiséget vesz csak fel, ezért a hűtés szempontjából jó, ha a túlhevítés minél kisebb. A kompresszor azonban nem szívhat be folyadékot, csak gőzt, így a kompresszor biztonsága, az ún. folyadékütés¹ elkerülése érdekében jó, ha a túlhevítés értéke minél nagyobb, ráadásul a mechanikus expanziós szelepek működéséhez is kellően nagy túlhevítés szükséges. A gyakorlatban ezért egy optimális, nem túl nagy és nem túl kicsi túlhevítési értéket tartanak, melyet az expanziós szelep szabályoz. Az expanziós szelep a

¹ Folyadékütésnek nevezzük azt a kompresszor meghibásodást, amikor a kompresszor hengerébe összenyomhatatlan folyadék hűtőközeg kerül és ennek következtében lép fel meghibásodás, gyakran szelep vagy hajtókar törés.

szárazgőz túlhevítését, pontosabban a túlhevített gőz hőmérsékletét egy külön hőmérsékletérzékelővel méri, ezt láthatjuk az ábrán.

Fontos megjegyezni, hogy éppen ezért az elpárolgási hőmérséklet szabályozása, beállítása az expanziós szeleppel nem lehetséges, mert feladata nem a gőznyomás szabályozása, hanem a beadagolt folyadékmennyiség szabályozása. Az elpárolgási hőmérsékletet az expanziós szeleppel szabályozni nem lehet, ezt a feladatot a kompresszor látja el a gőznyomás szabályozásával.

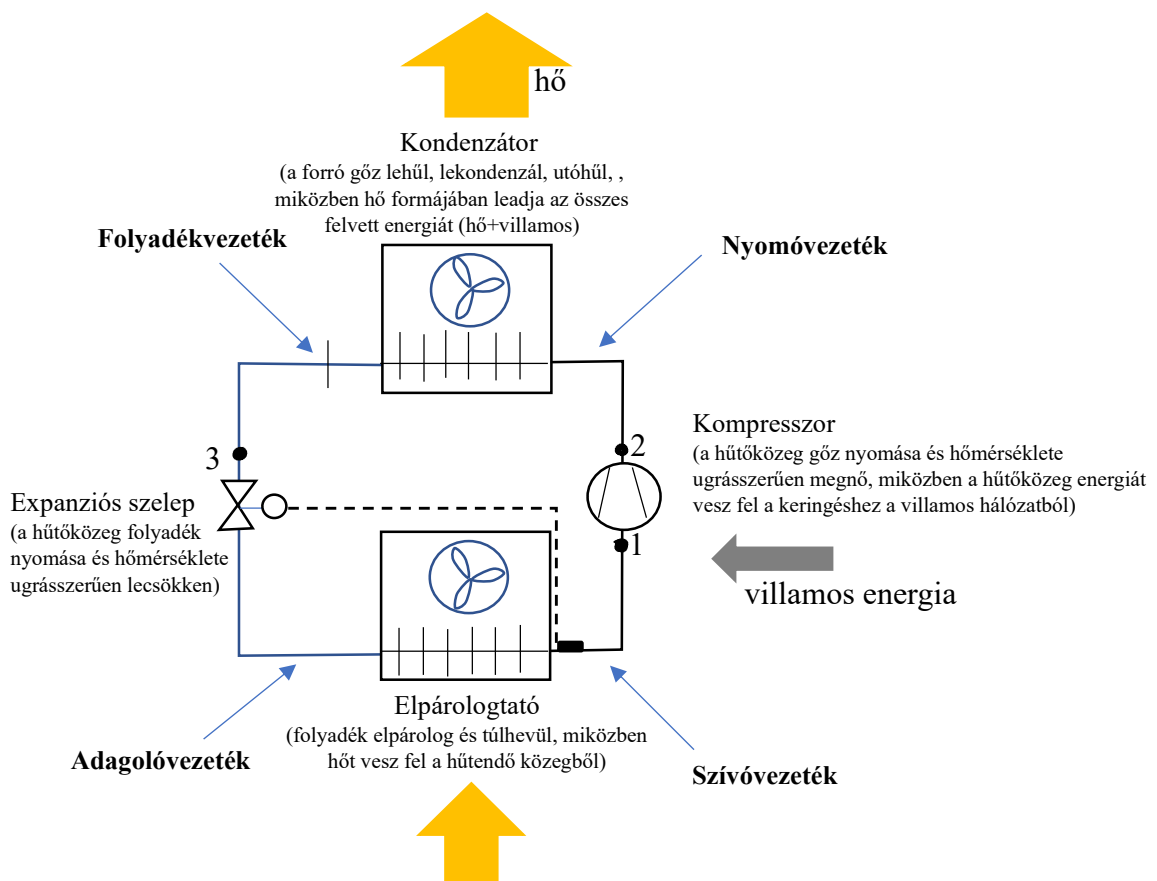
2.3. Hűtőköri séma

A következő ábrán a hűtőköri sémát látjuk már szabványos rajzjelekkel.

Tekintsük át most a hűtőkör energetikai viszonyait. Az elpárolgatóban a hűtőközeg q_0 hőmennyiséget vesz fel miközben a folyadék elpárolog és túlhevül. A kompresszorban a hűtőközeg mechanikai energia formájában vesz fel energiát a villamos hálózatról a keringéshez. A kondenzátorban a hűtőközeg mindazt az energiát hő formájában adja le a természetes hűtőközegnek (levegő vagy víz), melyet a hűtőkör folyamatban felvett hő vagy mechnaikai energia formájában. Ha a felvett hőmennyiség Q_0 , a felvett villamos energia W_{vill} jelöljük, akkor a kondenzátorban leadott Q_k energia (hőmennyiség):

$Q_k = Q_0 + W_{vill}$ A gyakorlatban azonban praktikus az időegységre vonatkoztatott energiamennyiségekkel, azaz a teljesítményekkel számolni. Az egyszerűség kedvéért a pontosított jelölést is elhagyjuk, így látszólag megegyezik a két képlet, valójában itt teljesítmények állnak, hőteljesítmények és villamos teljesítmény: $Q_k = Q_0 + P_{vill}$

P1. Egy klímaberendezés hűtőteljesítménye $Q_0=3\text{kW}$ és felvett villamos teljesítménye $P_{vill}=1\text{kW}$, akkor a kondenzátorban leadott hőteljesítmény, amit nevezhetünk fűtőteljesítménynek is: $Q_k=Q_0+P_{vill}=3\text{kW}+1\text{kW}=4\text{kW}$



2.4. Hatásfokok (EER és COP)

A hatásfok az energiát átalakító berendezések egyik jellemzője. Azt mutatja meg, hogy a felvett energiából mekkora részaránya hasznosul, vagy teljesítményekkel kifejezve, a felvett teljesítményből mekkora hasznos teljesítményt kapunk. Hűtőgépek esetében kétféle hatásfokot különböztetünk meg. Ha a hűtőgép „hideg oldalát” hasznosítjuk, azaz hűtünk, akkor számunkra a hűtőteltjesítmény a hasznos. és a kompresszor által felvett villamos teljesítményhez viszonyítva kapjuk a hűtésre vonatkozó hatásfokot, azaz a hűtési jóságfokot:

$$EER=Q_0/P_{vill}$$

Ezzel szemben, ha a hűtőgép „meleg oldalát” hasznosítjuk, azaz fűtünk vele, mint egy hőszivattyú esetében, akkor számunkra a hasznos teljesítmény a kondenzációs hőteljesítmény (fűtőteltjesítmény) és ezt viszonyítjuk a kompresszor felvett villamos teljesítményéhez. A hatásfok tehát a hőszivattyú esetében a kondenzációs hőteljesítmény és a felvett villamos teljesítmény aránya, így kapjuk a fűtésre vonatkozó hatásfokot azaz a fűtési jóságfokot:

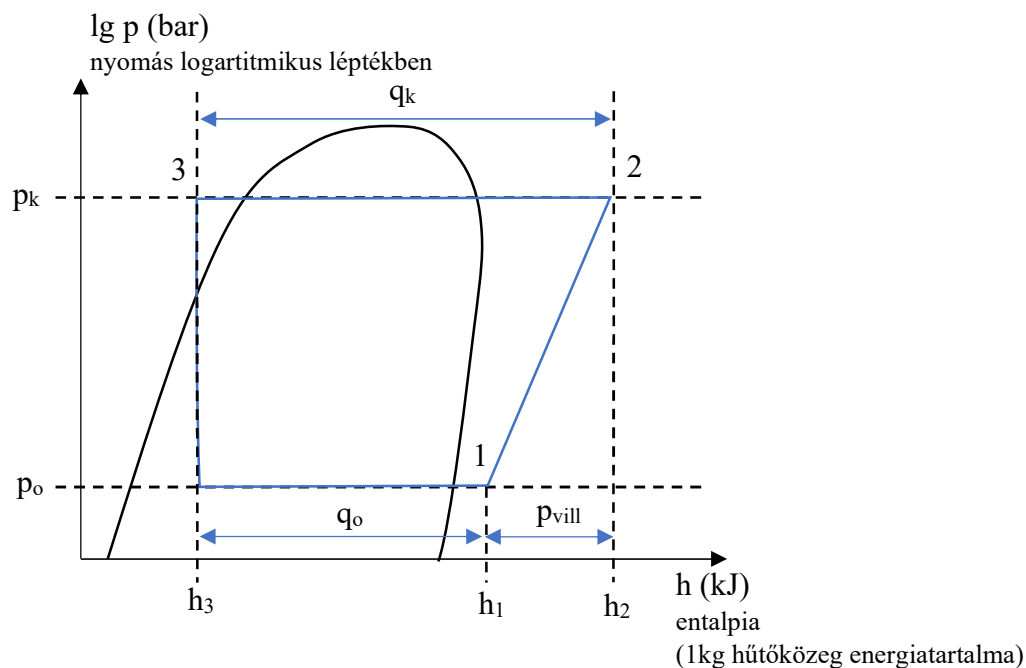
$$COP=Q_k/P_{vill}$$

Pl. Egy klímaberendezés hűtőteltjesítménye $Q_0=3\text{kW}$ és felvett villamos teljesítménye $P_{vill}=1\text{kW}$, mekkora a klímaberendezés hűtési jóságfoka? $EER=Q_0/P_{vill} = 3\text{kW}/1\text{kW}=3$
Mekkora ugyanennek a klímaberendezésnek a fűtési jóságfoka? Először a Q_k kondenzációs (fűtő) teljesítmény számítsuk ki: $Q_k=Q_0+P_{vill}=3\text{kW}+1\text{kW}=4\text{kW}$, majd végül kiszámíthatjuk a fűtési jóságfokot: $COP=Q_k/P_{vill}=4\text{kW}/1\text{kW}=4$

2.5. Lg p – h diagram, állapotábra

A hűtőkörben keringő hűtőközeg fizikai jellemzőit, halmazállapotát és energiatartalmát szemléletes módon ábrázolhatjuk a lg p – h diagramban. A diagram függőleges tengelyén a nyomás logaritmikus léptékben van felvíve, azaz minden egyes érték az előző tízszerese. A vízszintes tengelyen pedig a hűtőközeg energiatartalma azaz entalpiája szerepel, 1 kg hűtőközegről vonatkozóan. A diagramban a hőmérsékletet az ún. izotermák, az ideális (vesztésmentes) kompresszorban felvett energiamennyiséget az ún. izentróp görbék. A diagramban a hűtőközeg sűrűségét, helyesebben fajtérfogatát azaz a sűrűség reciprokát is feltüntetik.

Ha most a kisnyomású oldal nyomását p_0 -val, a nagynyomású oldal nyomását p_k -val jelöljük és a hűtőközeg által a kisnyomású oldalon az elpárologtatóban felvett hőmennyiséget q_0 , a kompresszorban felvett energiamennyiséget p_{vill} , és a kondenzátorban a hűtőközeg által leadott hőmennyiséget q_k jelöli, akkor ezt a diagramban az alábbi módon ábrázolhatjuk. Mivel az előbbi mennyiségek csak 1kg hűtőközegről vonatkoznak, így megkülönböztettképpen kisbetűvel írjuk a mennyiségeket.



A fajlagos hűtőteljesítményekből meghatározhatjuk a hatásfokokat, az EER hűtési jóságfokot és a COP fűtési jóságfokot:

$$EER = \frac{q_o}{p_{vill}}$$

$$COP = \frac{q_k}{p_{vill}}$$

3. Hűtőköri részegységek

3.1. Kompresszor

A kompresszor feladata az, hogy az elpárolgatóból elszívott hideg kisnyomású gőzt nagynyomású forró gőzzé alakítsa.

A kompresszorok általános jellemzői:

Nyomásviszony (kompresszióviszony): A kompressziós végnyomás és a szívónyomás hányadosa. A kondenzációs végnyomás a p_k kondenzációs nyomással egyenlő, a szívónyomás pedig a p_o elpárolgási nyomással egyenlő., így a nyomásviszony:
 $p/p_o = 3 \dots 8$

Elméleti szállítóteljesítmény, szállítóképesség (Velméleti):

Az a térfogat, melyet a kompresszor egy óra alatt szállítani képes.

Szállítási fok Λ (lambda)

A felső holtpontban lévő dugattyú és a szeleplep között maradó teret holt térnek vagy káros térnek nevezzük. Ez a térfogat a kompresszor működése során kihasználatlan marad, így a tényleges szállítóteljesítmény elmarad az elméleti szállítóteljesítménytől. Növekvő holtterrel csökken a kompresszor teljesítőképessége.

Az effektív (tényleges) szállítóteljesítmény és az elméleti szállítóteljesítmény viszonyát szállítási foknak nevezzük:

$$\Lambda = 0,6 \dots 0,9$$

$$V_{\text{effektív}} = \Lambda \cdot V_{\text{elméleti}}$$

A kompresszoron óránként átáramló hűtőközeg mennyisége (m, tömege) és ebből a kompresszor hűtőtéljesítménye (Q_0) kiszámítható:

$$m = V_{\text{eff}} \cdot \frac{1}{v} \quad (\text{kg/h}), \text{ és ebből a hűtőtéljesítmény } Q_0 = m \cdot \frac{q_0}{3600} \quad (\text{kW})$$

V_{eff} effektív szállítóteljesítmény (m³/h)

v beszívott hűtőközeg gőz fajtérfogata (m³/kg)

q_0 fajlagos hűtőtéljesítmény (kJ/kg)

Az üzemállapot hatása a hűtőtéljesítményre

Elpárolgási hőmérséklet (T_0) hatása:

Ha a T_0 elpárolgási hőmérséklet csökken. Az azt jelenti, hogy csökken kisnyomású oldal p_0 nyomása, tehát a kompresszor ritkább hűtőközeg gőzt szív be. Így a kompresszoron óránként átáramló hűtőközeg tömege csökken és ezzel a Q_0 hűtőtéljesítmény is lecsökken. A nagyobb nyomásviszony miatt azonban a kompresszor által a hálózatból felvett villamos teljesítmény megnő. Az elpárolgási hőmérséklet változása igen jelentős hatással van a hűtőtéljesítményre és a hűtőgép hatásfokára.

Kondenzációs hőmérséklet (T_k) hatása:

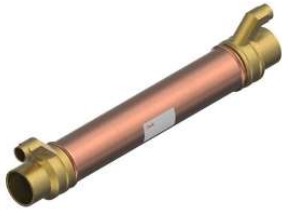
Ha a T_k kondenzációs hőmérséklet nő, akkor ezzel együtt nő a nagynyomású oldal nyomása is. A lg p - h diagramból szemléletesen kitűnik, hogy változatlan autóhűtés mellett a fajlagos hűtőtéljesítmény jelentősen csökken, ezzel együtt pedig a nagyobb nyomásviszony miatt a kompresszor által a hálózatból felvett villamos teljesítmény megnő. A kondenzációs hőmérséklet változása is nagymértékben befolyásolja a hűtőtéljesítményt és a hűtőgép hatásfokát.

Utóhűtés ($\Delta T_{\text{utóhűtés}}$) hatása:

Az utóhűtés növelésével, azaz az expanziós szelepre belépő hűtőközeg hőmérsékletének a csökkentésével jelentősen csökkenteni lehet az expanziós szelepen át az elpárologtatóba adagolt folyadékból alakuló gőzmennyiséget, azaz növelni lehet az elpárologtatóba beadagolt folyadék részarányát. Nagyobb folyadékmennyiség elpárologtatása pedig növeli a hűtőtéljesítményt.

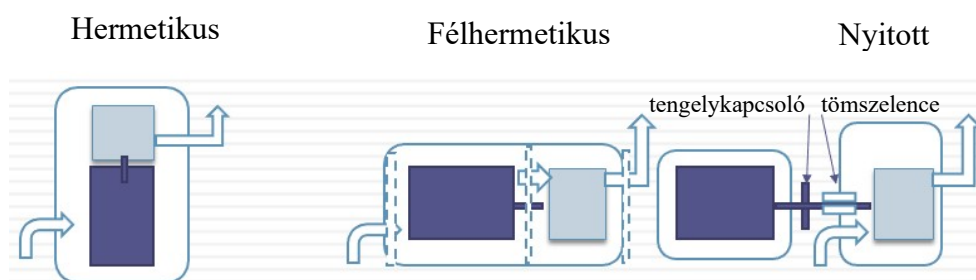
Az utóhűtés mértékének a növelésére lehetőség van ún. belső hőcserélővel, amely egymásba helyezett rézcsövekből van kialakítva úgy, hogy a belső csőben a kompresszor által az elpárologtatóból elszívott hideg hűtőközeg gőz, míg a két cső közötti palástrészben a kondenzátorból az expanziós szelep felé áramló meleg nagynyomású folyadék ellenáramban áramlik. A hőcsere folytán a meleg folyadék lehűl, a szívott gőz pedig kissé felmelegszik.

Ugyan a magasabb hőmérsékletű szívott gőz, magasabb nyomógáz hőmérsékletet jelent, a nagyobb utóhűtés hőtöltesítmény növelő hatása sokkal nagyobb előnyt ad.



Danfoss HE típusú belső hőcserélő

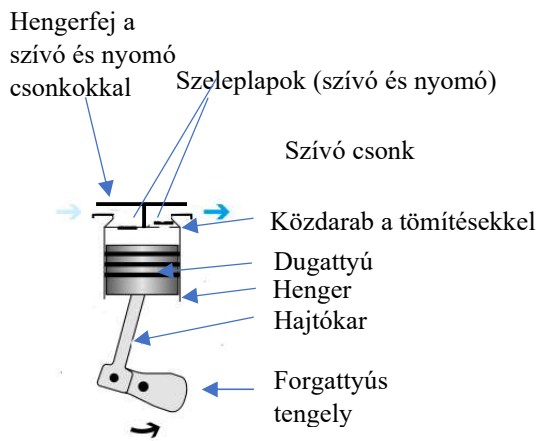
Kompresszorok csoportosítása az építési mód szerint



- | | | |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Nem bontható, hermetikusan zárt, hegesztett burkolat, nem javítható • Motor és kompresszor egy egységet képez • Betétmotor hűtése: szívottgőz hűtésű • Kis hűtőteljesítmény • Centrifugál olajozás | <ul style="list-style-type: none"> • Bontható fedelű ház, javítható • Motor és kompresszor külön egység, de közös házban • Betétmotor hűtése: szívottgőz hűtésű • Közepes és nagy hűtőteljesítmény • Szivattyús vagy szóróolajozás | <ul style="list-style-type: none"> • Bontható fedelű ház, javítható • Motor és kompresszor külön egység, külön házban • Tengelytömítés (tömszelence) • Betétmotor hűtése: léghűtésű (nem szívottgőz hűtésű) • Közepes és nagy hűtőteljesítmény • Szivattyús vagy szóróolajozás |
|--|---|--|

Kompresszorok csoportosítása működési elv szerint

Dugattyús kompresszor



Dugattyús kompresszor felépítése



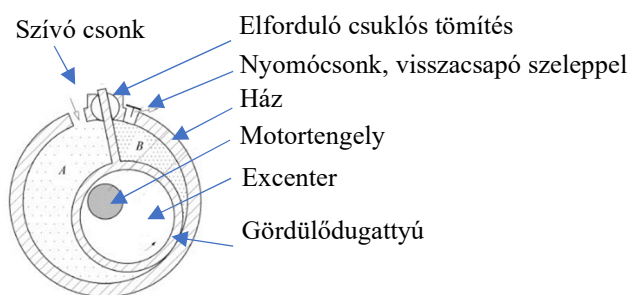
Danfoss TL típusú hermetikus dugattyús kompresszor

Gördülődugattyús kompresszor

A gördülődugattyús kompresszor hajtómotorja a házban felül helyezkedik el, a kompresszor pedig alul. Ez alatt található a karter tér. A gördülődugattyús kompresszor szívócsomkjá útja közvetlenül a kompresszor szívócsomkjához csatlakozik így a közvetlen folyadék ütés elkerülése érdekében a szívócsomk elé folyadék leválasztott építettek be, mely minden gördülő dugattyús kompresszor tartozéka.

A kompresszor működése a következő: Hengerszelet alakú ház belső felületén egy excenterrel mozgatott gördülő dugattyú gördül végig. A szívó és nyomó teret régebbi típusoknál egy rugós előfeszítésű tolattyú határolta el egymástól, újabb típusoknál tolattyú helyett egy elforduló csuklós tömítéssel készülő nyeles gördülő dugattyút alkalmaznak, melyet „swing” kompresszor néven forgalmazznak (swing=lengő).

Az alábbi ábrán láthatjuk a gördülő dugattyús kompresszor működési elvét valamint megjelenési formáját. Feltűnő a kompresszor házra rögzített folyadékleválasztó tartály, melynek feladata az esetlegesen az elpárologtatóból elszívott hűtőközeg gőz folyadékceppeinek a leválasztása mielőtt a folyadék a kompresszorba jutna.

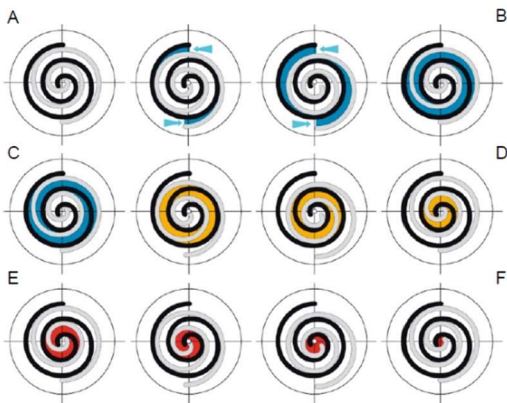


Gördülődugattyús
kompresszor felépítése

Daikin 2YC típusú duál
swing hermetikus
gördülődugattyús
kompresszor

Scroll kompresszor

A scroll kompresszor egy hermetikus kompresszor. Hajtómotorja a kompresszor házban felül helyezkedik el. A tengely egy mechanizmus segítségével a villamos hajtómotor tengelyének forgó mozgását orbitáló (bolygó) mozgássá alakítja át. A spirál-dugattyú orbitális mozgást végez miközben a felső álló spirál a házhoz van rögzítve. Az ábrán a két spirál közötti térben történő sűrítés fázisait lehet látni lépésenként.



Scroll kompresszor sűrítési fázisai egy
álló és egy orbitáló spiráldugattyúval
(forrás Siemens, Emerson)



Scroll kompresszor (hermetikus)
metszeti képe

Csavarkompresszor

A csavarkompresszorok egy és 2 vörös kivitelben gyártják gyakoribbak a 2 rotoros kivitelek a fűtő hajtja a villamos hajtómotor a mellékúton pedig a főmotor mellett fut a 2 rotor évei között kialakuló rés a forgás következtében egy szűkül így a beszívott hűtőközeg gőzt a kompresszor a nyomó oldal felé továbbítja az egyre szűkülő résokban.

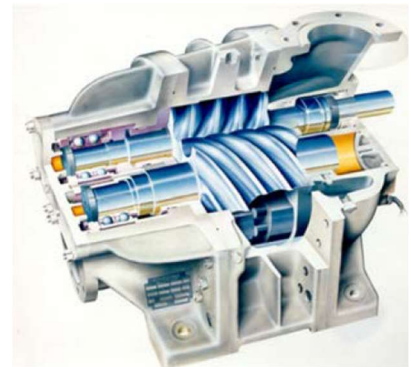
A csavarkompresszorok tömítését és kenését is a hűtőgép olaj látja el, ebből nagy mennyiségre van szükség a gép működése közben. Az olajnak hűtési funkciója is van ezért a kompresszor nyomó oldalára szerelt olajválasztóból kiáramló olajat olajhűtővel visszahűtik. A forró és a hőcserélővel lehűtött olajat egy keverőszeleppel egy pontosan beállított hőmérsékletértékre keverik.

A csavarkompresszorok készülnek fél hermetikus és hermetikus kivitelben is nyitott csavarkompresszorok is találunk a Bitzer cég termékpalletáján.



Csavarkompresszor surítési fázisai (1-3)

(forrás Siemens, Emerson)

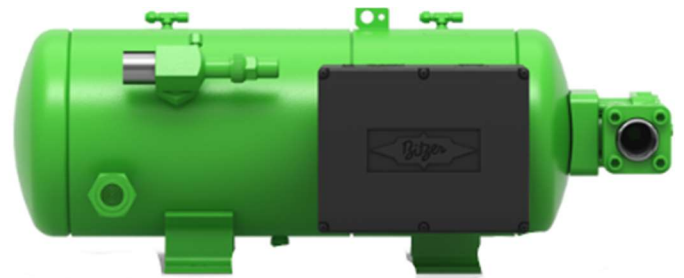


Csavar kompresszor metszeti képe

(forrás Siemens, Emerson)



Bitzer CSH típus sorozatú félhermetikus csavarkompresszor metszeti képe



Bitzer VSK típus sorozatú hermetikus csavarkompresszor képe

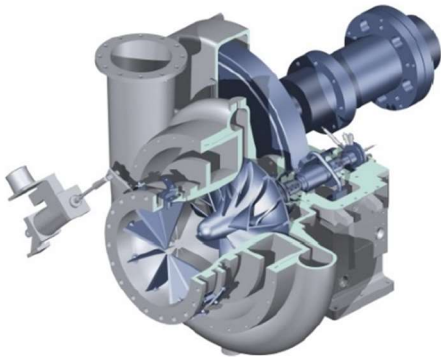
Turbókompresszor

A turbó kompresszor az áramlási gépek családjába tartozik. A beszívott hűtőközeg gőzt a turbina lapátjai nagy sebességre gyorsítják fel így a gáz kinetikus energiája megnő, az áramló hűtőközeg gőz nagy sebességgel és nagy nyomással áramlik tovább a kompresszor nyomócsomolya felé. A turbó kompresszorok jellemzően nagy fordulatszámmal működnek.

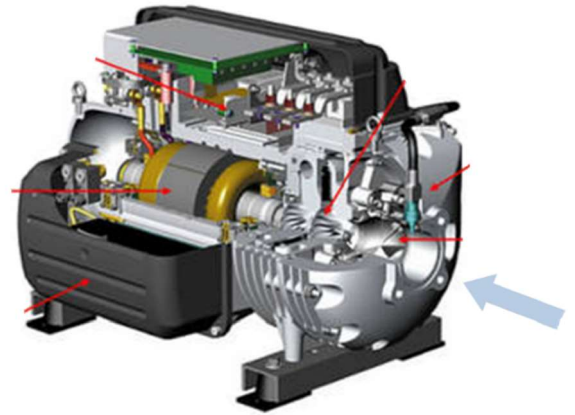
Turbó kompresszorokkal leginkább a nagy teljesítményű klímaterományban üzemelő központi klímaberendezések esetében találkozhatunk, az alkalmazott hűtőközeg korábban R134a volt.

A turbó kompresszorok újabb típusa az úgynevezett TURBOCOR kompresszor mely innovatív kialakítású a gép tengelyét mágnesesen lebegtetett csapágyak tartják a helyükön így igen nagy fordulatszámot tesznek lehetővé a villamos motor számára. Ezek a kompresszorok 20 000 – 30 000 1/perc fordulatszámon üzemelnek. ha a kompresszor optimális működését

elektronikusan állítják be, számítógép vezérléssel. Az alábbi ábrán látható a TURBOCOR kompresszorok felépítése és metszeti képe.



Turbókompresszor metszete, jól láthatók a turbinalapátok (forrás Siemens, Emerson)



TURBOCOR turbókompresszor metszete (forrás Siemens, Emerson)

A kompresszorok megfelelő üzemeltetéséhez a két legfontosabb tényező: gondoskodni kell mindig a mozgó alkatrészek kenéséről és be kell tartanunk az üzemi tartományt. Az üzemi tartományt az elpárolgási hőmérséklet és a kondenzációs hőmérséklet megfelelő megengedett tartományon belül tartását jelenti.

3.2. Kondenzátor

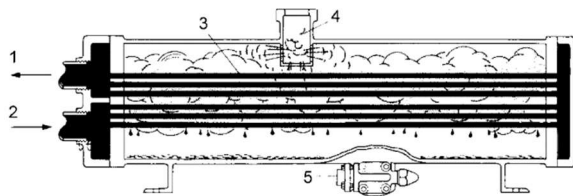
A kondenzátor feladata a hűtőkörben az, hogy a hűtőközeg az elpárolgatóban és a kompresszorban felvett energiáját hő formájában a természetes hűtőközegek azaz levegőnek vagy víznek leadja. Aszerint hogy a természetes hűtőközeg levegő vagy víz, léghűtésű vagy vízhűtésű kondenzátorokat különböztetünk meg. A levegő vagy vízhűtésű kondenzátorok mellett léteznek még úgynevezett evaporatív kondenzátorok is, ahol a kondenzátort erős légáramban vízzel permetezik. A levegőáramot ventilátor, a vízpermetet pedig szivattyú biztosítja. Az elpárolgó vizet a vízhálózatból pótolják.

Vízhűtésű kondenzátorok

A vízhűtésű kondenzátorokat kétféle kivitelben gyártják. Csőköteges és lemezes kivitelben. A csőköteges kondenzátor egy zárt tartály, melyben rézcső szálakból kialakított csőkötegekben áramlik a hűtővíz, a kompresszorból érkező forró túlhevített gőz pedig a tartályban lehűl, lekondenzál, majd utóhűl. A folyadékot a kondenzátorból a folyadék vezetékbe továbbítjuk.

A hűtővíz mennyiségét víz szabályozó szelep szabályozza a beállított kondenzációs hőmérséklet alapján. Így a vízmennyiség aszerint változik hogy a hűtőközeg mennyi hőt ad le a víznek. A kondenzációs hőmérséklet és a víz belépő hőmérséklete között körülbelül 5K hőmérséklet különbség megfelelő teljesítményt biztosít.

A csőköteges kondenzátorok bontható házzal rendelkeznek és könnyen tisztíthatók. Hátrányuk a robusztus kivitel és relatíve magas ár.



Vízhűtésű kondenzátor vázlatja.

1. Hűtővíz beáramlás
2. Hűtővíz kiáramlás
3. Csőköteg
4. Kompresszorból érkező forró túlhevített gőz
5. Utóhűtött folyadék kilépés a folyadékvezeték felé

(forrás Siemens, Emerson)



Alfa Laval csőköteges kondenzátora

(forrás Siemens, Emerson)

Lényegesen kisebb költséggel gyárthatók az úgynevezett lemezes kondenzátorok melyek a csőköteges kondenzátorokhoz képest alacsonyabb költséggel gyárthatók. Kisebb a tömegük is, hátrányuk viszont hogy csak nehezen tisztíthatók.

A lemezes hőcserélőket úgy alakítják ki, hogy a rendszerint rozsdamentes acél lemezeket megfelelő nyomott profilkialakítással egymáshoz hegesztik és az így kialakuló lemezek közötti réseken áramolnak a hőcserében résztvevő közegek, azaz a lemezek egyik oldalán a hűtőközeg másik oldalán pedig a hűtővíz.



Lemezes kondenzátor felépítése és a hűtőközeg (piros) illetve a természetes hűtőközeg (víz) áramlása



Swep gyártmányú lemezes kondenzátor

Léghűtésű kondenzátorok

A léghűtéses kondenzátorok lamellás hőcserélők melyben a légáramot ventilátor biztosítja a hűtő levegő belépő hőmérséklete, azaz a környezeti hőmérséklet és a hűtőközeg kondenzációs hőmérséklete között körülbelül 15 K hőmérséklet különbség biztosítja az optimális teljesítményt. A léghűtéses kondenzátorokat vertikális és horizontális kivitelben is gyártják. Nagy teljesítmények esetében „V” alakú elrendezésben alakítják ki a hőcserélő felületeket és az elszívó axiális ventilátorokat.



LuVe cég STVF típusú kisteljesítményű léghűtéses kondenzátora



Wieland cég kisteljesítményű koaxiális (dupla falú rézcső) kondenzátora

A belső csőben a hűtővíz, a külső csőhéjban a hűtőközeg áramlik, ellenáramban, a jobb hőcsere érdekében



Háztartási hűtőszekrény (kisteljesítményű) huzalkondenzátora



Güntner cég vertikális kialakítású
nagyteljesítményű léghűtéses kondenzátora

Güntner cég horizontális kialakítású
nagyteljesítményű léghűtéses kondenzátora

Mivel a kondenzátorok hőmérséklete rendszerint meghaladja a 0°C -ot, így a lefagyásuktól nem kell tartani. Ugyanakkor a léghűtésű kondenzátorok a sűrű lamellaosztás miatt lég oldalon könnyen eltömődnek. A víz hűtésű kondenzátorok pedig vízkövesedhetnek.

Éppen ezért a kondenzátorok rendszeresen tisztításáról gondoskodni kell, mert akár a hűtővíz vízkövesedés, akár a levegő a szennyeződése rontja a hőcserélők hőátbocsátási tényezőjét. Hatására csökken a hőcserélő által leadott hőmennyiség és megnő a kondenzációs hőmérséklet. A kondenzátorok kondenzációs hőmérsékletének jelentős emelkedése, rendszerint az elszennyeződés jele, ritkábban a ventilátorok hibája.

3.3. Elpárologtató

Az elpárologtató feladata az, hogy a hűtőközeg a hűtendő közeg azaz levegő vagy víz hőjét felvegye. Eszerint léghűtő és vízhűtő vagy folyadékhűtő elpárologtatókat különböztetünk meg. Hasonlóan a kondenzátorokhoz, az elpárologtatók is többféle kivitelben készülhetnek. Az elpárologtatókat kialakítások szerint csoportosíthatjuk:

1. Léghűtők
 - a. Ventilációs
lamellás
 - b. Csendes
lamellás
lemez
2. Folyadékhűtők
 - a. Csőköteges
 - b. Lemezes
 - c. Koaxiális

1.a. Lamellás (bordáscsöves) elpárologtatók



Güntner cég nagyteljesítményű
ventilációs elpárolgatója

Güntner cég kisteljesítményű
ventilációs elpárolgatója

1.b. Csendes lamellás (ventilátor nélküli, gravitációs) elpárolgatók



Csendes elpárolgató
(Gravitációs elven működő léghűtő. Jól látható a
hőcserélő blokk és alatta a kondenzvíz
összegyűjtésére szolgáló csepptálca)

1.b. Csendes háztartási lemez-elpárolgatók



Háztartási hűtőszekrény lemez-elpárolgatója,
az adagoló- és szívóvezetékekkel

2.a. Csőköteges elpárolgatók



Alfa Laval csőköteges elpárolgató, folyadék
hűtéséhez
(Paláston a nagykeresztmetszetű vízcsatlakozókkal)

2.b. Lemezes elpárolgató



Swep cég V10 sorozatú lemezes elpárolgatója
folyadék hűtéséhez

2.c. Koaxiális elpárolgatók



Wieland cég koaxiális hőcserélője (elpárolgató)
folyadék hűtéshez
(A hűtőközeg a belső csőben, a hűtendő folyadék
a palástban áramlik)

3.4. Adagoló szerv

Feladata minél több folyadékállapotú hűtőközeg beadagolása az elpárolgatóba, de úgy, hogy az elpárolgatóból túlhevített gőz, azaz szárazgőz lépjen ki. Az adagoló szerven keresztülhaladva a kondenzátorból érkező meleg, nagy nyomású hűtőközeg folyadék hőmérséklete és nyomása lecsökken a kis nyomású oldal (elpárolgási nyomás) nyomására és hőmérsékletére (elpárolgási hőmérséklet).

Az adagoló szerv feladata, tehát a hűtőközeg beadagolása az elpárolgatóba és nem a hűtőközeg folyadék áramlásának a fojtása.

A hűtőkörök jellemzői alapján, mint például teljesítmény nagyság, elpárolgató kialakítása, hűtőkör kiterjedése, üzemmód, többféle beadagolási mód létezik.

1. Kapilláriscső
2. Expanziós szelep

3.4.1. Kapilláriscső

Kisteljesítményű hűtőgépek esetén részesítik előnyben egyszerűsége és olcsósága miatt. Ezért például a háztartási hűtőszekrényekben, kis italhűtő vagy süteményes hűtővitrinekben vagy ott alkalmazzák, ahol az üzemi viszonyok viszonylag állandóak (nem ingadozó hőterhelés, nyomások, hőmérsékletek). A régebbi gyártású, nem teljesítményszabályozott komfort klímaberendezések is kapilláriscsöves beadagolással készültek.

A kapilláriscső egy kis belső átmérőjű rézcső, 0,5 .. 2,5 mm belső átmérővel és általában 0,5 ..2 m hosszúsággal. A belső átmérőt és a hosszúságot attól függően kell megválasztani, hogy mi az alkalmazott hűtőközeg, milyen nyomásviszonyok állnak fenn a hűtőgépben üzemszerűen és mekkora hűtőtéljesítményt kívánunk elérni, azaz mekkora hűtőközeg folyadék mennyiséget kell óránként beadagolnunk.

A kapilláriscsövek kiválasztásához számítógépes szoftverek állnak rendelkezésre, mellyel az optimális belső átmérő és hossz meghatározható. A pontos méretre igazítást azonban a beépítés és beüzemelés után lehet csak „próbálgatással” elvégezni.

3.4.2. *Expanziós szelep*

A termosztatikus expanziós szelep, röviden expanziós szelep vagy adagoló szelep feladata, hogy minden üzemállapotban annyi folyadék hűtőközeget adagoljon be az elpárologtatóba, hogy az ott elpárologjon és túlhevüljön. A szelep a túlhevítés értékét szabályozza a beadagolt hűtőközeg mennyiséggel. A túlhevítés értéke a szelepen beállítható.

Az expanziós szelep működtető része az úgynevezett termofej. A termofejhez csatlakozik az elpárologtatóból kilépő túlhevített gőz hőmérsékletét mérő érzékelő. A termofejben egy rugalmas fém membrán helyezkedik el, mely alakváltozásával egy rudazaton keresztül a szelepet működteti. Ha a membrán lefelé görbül, akkor nyit a szelep, ha a membrán felfelé görbül, akkor zár a szelep. A membránra felülről a szelep túlhevítés érzékelőjében kialakuló nyomás (mely az elpárologtatóból kilépő túlhevített gőz hőmérsékletének megfelelő nyomás), alulról pedig a a szeleppel összeköttetésben lévő elpárologtatóban uralkodó elpárolgási nyomás (az elpárolgási hőmérsékletnek megfelelő nyomás) hat. A szelep túlhevítés-állító csavarjával azonban a rugón keresztül állandó nyomást fejtünk ki a membránra alulról (túlhevítés hőmérsékletértékének megfelelő rugónyomással) így a membrán felfelé görbül és a szelep lezár. Kinyitni csak akkor tud ismét, ha a túlhevített gőzhőmérséklet az elpárolgási hőmérséklet + túlhevítés érték fölé emelkedik (ekkor túlhevített gőzhőmérséklet miatt az érzékelőben kialakuló nyomás, azaz a membrán feletti nyomás, legyőzi az elpárolgási nyomás + rugóerővel beállított túlhevítésnek megfelelő nyomást), így az elpárologtatóba beáramló hűtőközeg folyadék mennyisége nő és a túlhevítés értéke csökkenni, fog. A szelep olyan állásban marad mindaddig, amíg a beállított túlhevítési hőmérsékletkülönbséget (elpárolgási és túlhevített gőzhőmérséklet közötti nyomás különbsége).

Az expanziós szelepek kétféle kivitelben készülnek, ún. belső nyomáskiegyenlítésű és külső nyomáskiegyenlítésű kivitelben. Külső nyomáskiegyenlítésre akkor van szükség, ha az elpárologtató többszörös beadagolású (ilyen az elpárologtatók többsége), mert az expanziós szelep után az elpárologtató csőkígyóiba a hűtőközeget szétosztó folyadék osztó, másnéven disztribútor fojtó hatása miatt az expanziós szelep belülről nem érzékeli az elpárologtatóban lévő tényleges nyomást. Ekkor az expanziós szelep membránját alulról elzárják a hűtőközeg nyomásától és a tényleges elpárolgási nyomást az elpárologtató kilépő csonkja utáni csőszakaszba épített vékony rézcsővezetékkel vezetik a membrán alá az elzárt részbe.

A hőmérséklet érzékelőt szorosán, jó termikus hőátmenet biztosító gyári csőbilinccsel kell az elpárologtató utáni csőszakaszra szerelni, kis csőátmérők esetében kb. D18mm átmérőig „12 óra állásban”, majd a nagyobb csőátmérők esetén fokozatosan lejjebb, majd elérve a D42mm-t és attól nagyobb átmérőknél „4 óra állásban”.

Fontos, hogy a külső nyomáskiegyenlítő rézcsővezeték az expanziós szelep túlhevített gőzhőmérséklet érzékelője után, attól legalább mintegy 10cm távolságban kell a rézcső felső részébe csatlakoztatni.

A mechanikus expanziós szelepek határozott működésének a feltétele az elegendően nagy túlhevítés, mely a gyakorlatban általában $\Delta T_{th}=7K$. Ettől kisebb túlhevítés a szelep bizonytalan működését okozza, nagyobb túlhevítés pedig csökkenti az elpárolgató hűtőteljesítményét. A szelep bizonytalan működését, melyet a nyomásmérő órán mutatott nagymértékben ingadozó nyomás jelent, a túlhevítés állító csavar jobbra forgatásával a szelep túlhevítésének növelésével meg lehet szüntetni.



Danfoss T2 típusú termosztatikus expanziós szelep, belső nyomáskiegyenlítéssel



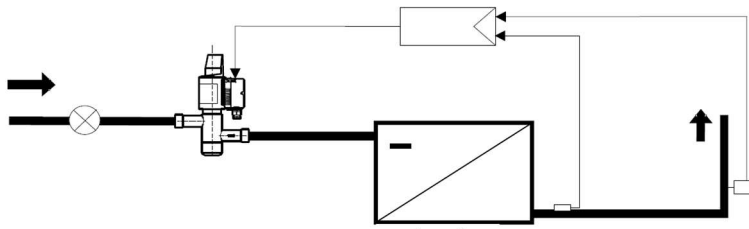
Danfoss T2 típusú termosztatikus expanziós szelep, belső nyomáskiegyenlítéssel

Különösen mélyhűtő kompresszorok esetében fontos betartani a kompresszor megengedett maximális szívóoldali üzemi nyomását és az ehhez tartozó maximális T0 üzemi elpárolgási hőmérsékletet. Erre a feladatra a nyomáshatárolással azaz elpárolgási hőmérséklet határolással rendelkező ún. MOP-os szelepek (MOP=Maximal Operating Pressure=Maximális Üzemi Nyomás) alkalmasak. A MOP hatást ezeknél a szelepeknél a hőmérséklet érzékelőbe töltött csökkentett hűtőközeg töltettel állítják be. A MOP szelepek tehát a T0 elpárolgási hőmérsékletet felülről korlátozzák a kompresszor illetve hajtómotor túlterhelődésének elkerülése érdekében.

Elektronikus expanziós szelep

Az elektronikus expanziós szelepek egy elektromos működtetésű szelepből (motoros szelep, vagy mágnesszelep) és egy működtető elektronikából valamint rendelkeznek a túlhevített gőzhőmérsékletet érzékelő hőmérsékletérzékelő szenzorral és az elpárolgási nyomást érzékelő nyomástávadóval. A hőmérsékletérzékelő és a nyomástávadó nyomásértékéből az elektronika

határozza meg a túlhevítés értékét és a beprogramozott beállítási túlhevítés értékkel összehasonlítva működteti az elektromos működtetésű szelepet. Az elvi vázlatát az alábbi ábra mutatja:



Az elektronikus expanziós szelepeknél, mivel ezek nem rendelkeznek súrlódó mechanikus elemekkel, a túlhevítés értéke a szokásos 7K helyett jelentősen lecsökkenthető, akár 1-2 K túlhevítés értékre is. Ezáltal megnövekszik az elpárologtató hűtőtéljesítménye. Ilyenkor azonban gondoskodni kell a kompresszor folyadékütés elleni védelméről pl. a kompresszor előtti folyadékleválasztó beépítésével.

3.5. Folyadékvezeték elemei

A hűtőgépek 4 fő részegységén kívül több hűtőköri elem is szükséges a megfelelő működéshez. Ezeknek az elemeknek egy része a folyadékvezetékbe kerül beépítésre. Szokásos folyadékvezetéki elemeket soroljuk fel az alábbiakban.

Folyadékvezetéki elemek

3. Folyadéktartály
4. Folyadékszűrő
5. Mágnesszelep
6. Nézőüveg

Biztonsági és kapcsolóelemek

1. Nyomáskapcsolók (presszosztátok)
 - Kisnyomású presszosztát
 - Nagynyomású presszosztát
 - Kombinált (kis- és nagynyomású) duopresszosztát
2. Hőfokkapcsolók (termosztátok)
3. Biztonsági lefúvató szelep

Csőhálózati elemek

1. Rezgéscsillapító
2. Hangtompító
3. Folyadékleválasztó
4. Elzárószelepek
5. Olajleválasztó

4. Kereskedelmi hűtőgép hűtőköre

A legtöbb kereskedelmi hűtőgép léghűtéses kondenzátorral és hermetikus vagy félhermetikus kompresszorral van szerelve. A hűtőgép által hűtött tér hőmérsékletét a teremtermosztát szabályozza úgynevezett leszívatasos üzemmódban. (Részletesen lásd a „Leszívatasos üzemmód” fejezetben.)

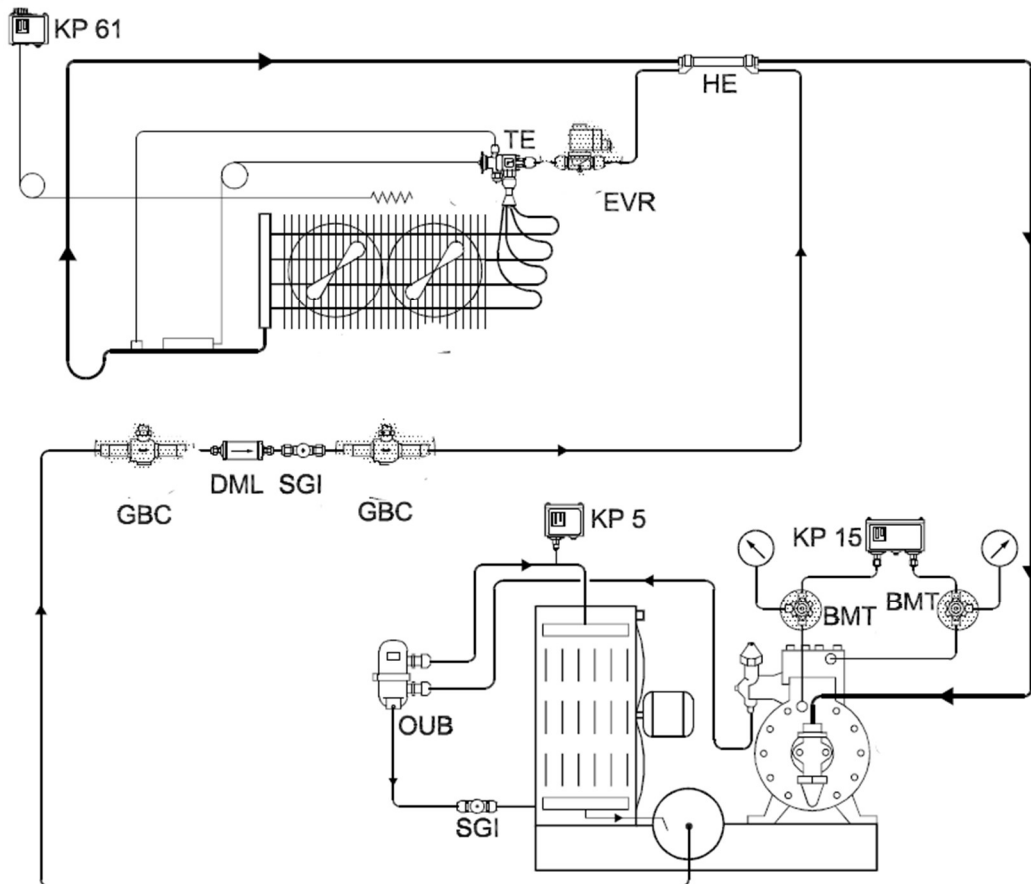
A hűtőgép kompresszorból, kondenzátorból és folyadéktartályból álló egységét aggregátnak nevezzük. Az aggregát lehet léghűtésű vagy vízhűtésű kondenzátorral szerelt. A beépített folyadéktartály lehet álló vagy helytakarékoságból fekvő kivitelű is. A folyadékvezetési elemek és a biztonsági elemek egy része is az aggregátba kerül beépítésre. Így egy szerelt aggregát a kompresszoron, kondenzátoron és folyadéktartályon kívül tartalmazza a folyadékszűrőt, nézőüveget és szívó- és nyomó elzárószelepeket valamint presszosztátokat is. A folyadékszűrő cseréjének megkönnyítése érdekében a szűrő előtt és után egy-egy golyós elzárószelep kerül beépítésre.

A mágnesszelep és az expanziós szelep és nézőüveg közvetlenül az elpárologtató elé kerül beépítésre. Az expanziós szelep a hűtött tér belsejében általában az elpárologtató burkolata alá kerül beépítésre és közvetlenül csatlakozik az elpárologtató többszörös beadagolását szolgáló hűtőközeg osztó vagy másnéven disztribútor bemeneti csónjára.

Az elpárologtatóval hűtött tereket hűtési pozíciónak hívjuk.

Egy aggregátegységről több elpárologtatót is üzemeltethetünk vagy több hűtési pozíciót is

A következő ábrán egy 1 pozíciós hűtőkört látunk.



Hűtőköri fő részek: 1. Félhermetikus kompresszor 2. Léghűtésű kondenzátor 3. Termosztatikus expanziós szelep 4. Ventilációs léghűtő többszörös beadagolással.

Folyadékvezeték elemei: 1. Folyadék tartály 2. Folyadékszűrő (DML) 3. Mágnesszelep (EVR) 4. Nézőüveg nedvességinдикátorral (SGI).

Biztonsági elemek: 1. Duopresszosztát (KP15) 2. Nagynyomású biztonsági presszosztát (KP5) 3. Golyós elzárószelep (GBC) 4. Termosztát (KP61) 5. Olajleválasztó (OUB)

Belső hőcserélő (HE)

(Forrás: Danfoss)

5. Hűtőközegek

Biztonsági hűtőközegek

Biztonsági hűtőközegeknek nevezzük azokat a hűtőközegeket, melyek nem mérgezőek és nem gyúlékonyak.

5.1. Hűtőközeg csoportjai

A hűtőközegeket csoportokra osztjuk. Az egyes csoportok, a hasonló anyagú hűtőközegeket jelöli. A hűtőközegek csoportja:

- CFC (klórozott és fluorozott szénhidrogének)

- HCFC (részlegesen klórozott és fluorozott szénhidrogének)
- HFC (részlegesen fluorozott szénhidrogének)
- HC (szénhidrogének)
- HFO (hidro-fluor-olefinek)
- Természetes hűtőközegek

Hűtőközeg mérőszámai

ODP² Ózombontó képesség

Az ózombontó képesség egysége az R11 hűtőközeg, 1kg R11 ózombontó képessége ODP=1, az összes többi, hűtőközegnek ettől kisebb, 0..1 közötti ODP értéke van, A klórtartalmú hűtőközegek, azaz a CFC és HCFC csoportba tartozó anyagok rendelkeznek ODP értékkel.

GWP³ Globális felmelegedési potenciál (üvegházhatás)

Az üvegházhatás egysége a széndioxid (CO₂). 1kg CO₂ üvegházhatása GWP=1, az üvegházhatást másképpen a hűtőközeg CO₂-egyenértékének is nevezik.

A klórmentes hűtőközegek, azaz a HFC csoportba tartozó anyagoknak már csak GWP értékük van. Pl. R134a GWP=1430, R404A GWP=3922, R410A GWP=2088, R32 GWP=675. A HFO hűtőközegek GWP értéke igen alacsony, 10 alatti szám, pl.R1234yf GWP=4.

5.2.Hűtőközegek biztonsági besorolása

Az MSZ EN 378 szabvány szerinti a hűtőközegeket az alábbi biztonsági csoportokba sorolhatjuk:

Nem mérgező anyagok jele:	A
Mérgező anyagok jele:	B
Nem gyúlékony anyagok jele:	1
Közepesen is kisebb gyúlékonyságú anyag jele:	2L
Közepesen gyúlékony anyagok jele	2
Nagyfokú gyúlékonyságú anyagok jele:	3

5.3.Hűtőközegek jelölési rendszere

A hűtőközegek jelölését a nemzetközi ISO 817 szabvány szabályozza. A hűtőközegek jele „R” betűvel kezdődik, ez az angol Refrigerant=hűtőközeg szó kezdőbetűje, majd utána egy számjel következik. A szám egyanyagú hűtőközegek esetében (a hűtőközeg száma 1, 2 vagy 3-mal kezdődik) az R betű után következő számok rendre a molekulát felépítő atomok számát adja, mégpedig ebben a sorrendben: C-atomok száma+1, H-atomok száma -1, F-atomok száma. A hűtőközeg száma után álló betű mindig kisbetű, a vagy b lehet.

Hűtőközeg keverékek esetében (több egyanyagú hűtőközeg keveréke) az R után következő sorszám vagy 4, vagy 5, azaz 400-as vagy 500-as sorozatú hűtőközeg. A zeotróp keverékeket

² ODP=Ozone Depletion Potential, jelentése ózombontó képesség

³ GWP=Global Warming Potential, jelentése Globális felmelegedési potenciál (üvegházhatás)

400-as az azeotróp keverékeket az 500-as hűtőközeg sorozatba sorolják be. Mindkét sorozat esetében a szám egy sorszám, mely mindegyike a keveréket alkotó összetevőket adja meg. Az utána következő betű, mindig nagy betű és az ABC sorrendjében az egyes keverékarányokat rögzíti. Pl. R407A és R407F hűtőközeg ugyanabból a 3 egyanyagú hűtőközeg alkotja, de más keverékaránnyal az A és más keverékaránnyal az F esetében.

5.4.Hűtőközeg keverékek (blendek) jellemzői

Zeotróp hűtőközeg keverékek 2 vagy több komponensből állnak (400-as sorozat), hőmérsékletcsúszással rendelkeznek, a komponensek különböző forrásponton kezdenek elpárologni és lekondenzálódni egy adott nyomás mellett. Ezért a hőcserélők elején és végén különböző elpárolgási és kondenzációs hőmérsékletet idéznek elő.

Mivel a zeotróp keverékek keverékaránya ebből adódóan más a gőz és más a folyadékállapotban és mert a folyadékállapotban az eredeti keverékarány szinte változatlan marad, ezeket a hűtőközegeket szigorúan csak folyadék állapotban lehet lefejtetni vagy tölteni illetve egyik palackból a másikba átfejtetni (kivéve, ha a teljes mennyiséget – a gőzt is - átfejtjük vagy betöltjük)

Azeotrop keverékek kizárólag két komponensesek (500-as sorozat), jellemzőjük, hogy egy adott nyomáshoz egy adott elpárolgási vagy kondenzációs hőmérséklet tartozik, tehát nincs hőmérsékletcsúszásuk.

Szervizelésnél ügyelni kell a hűtőközegek megfelelő állapotú töltésére.

Hűtőközegek áttekintése:

CFC R11, R12, R502

HCFC R22, R401, R401, ...

HFC R134a, R404A, (R507), R407C, R410A

HFC R32

HFO R1234yf, R1234ze

HC R290 (propán), R1270 (propilén), R600a (izobután)

Természetes hűtőközegek: R717 (NH₃) ammónia

R744 (CO₂) széndioxid

biztonsági hűtőközegek

nem biztonsági hűtőközegek
(kivétel: R744 (CO₂))

A fenti felsorolásban színekkel jelöltük a hűtőközeg biztonsági besorolását:

A1 nincs színjelölés

A2L sárga

A3 piros

B2L szürke

Hűtőközegek esetén alkalmazott veszélyt jelző piktogramok (nyomás alatti tartály, gyúlékony anyag, mérgező anyag)



A hűtőközegek jellemzően nehezebbek a levegőnél, tehát szivárgás esetén lefelé áramlanak.

Az ammónia az egyetlen hűtőközeg, mely gőze könnyebb a levegőnél, ezért felfelé szivárog. A széndioxid pedig már szobahőmérsékleten (20°C) is igen nagy nyomású (56 barg túlnyomás)

5.5. Hűtőközegek telítési nyomása, gőzléc

Hűtőközegek különböző hőmérsékletekhez tartozó telítési nyomásait a gőztáblázatok, gőzlécek, lg p – h diagram vagy számítógépes szoftverek, például a Danfoss RefTools Applikáció szoftvere tartalmazza.

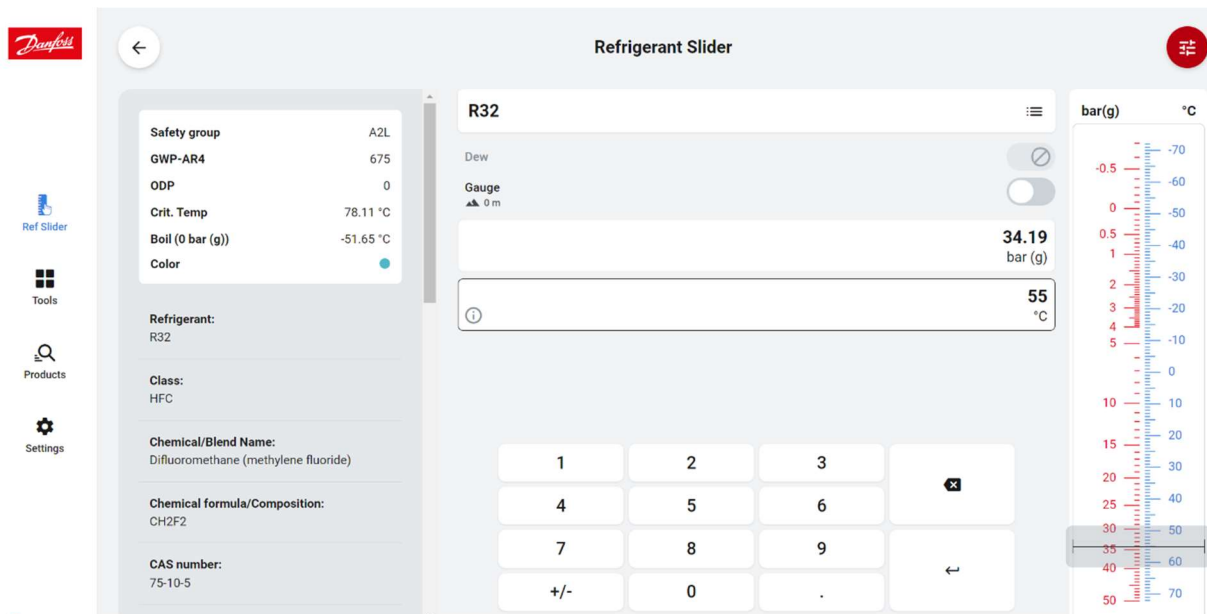
RefTools applikáció képernyő képe látható az alábbi ábrán. Ez az applikáció nem csak a kiválasztott hűtőközeg gőztáblázati adatait (nyomás és hőmérséklet összetartozó értékei), hanem a hűtőközeg egyéb adatait is tartalmazza. Ilyen pl. a hűtőközeg biztonsági besorolása (pl. A1, A2L, A3, B2L) vagy az üvegházhatás GWP értékei, de tartalmazza a hűtőközeg vegyi elnevezését és az ADR⁴-ben alkalmazott veszélyesanyag megjelölést (CAS szám) is.

Az ábrán a RefTools applikáció képernyő képén azt láthatjuk, hogy a kiválasztott R32 hűtőközeg telítési gőznyomása 55°C-on 34,19 bar túlnyomás (barg). A hűtőközeg biztonsági besorolása A2L és GWP üvegházhatásértéke pedig 675, ODP ózonromboló képessége 0, (a GWP és ODP adatok az AR4 számú publikáció⁵ szerinti adatok). A hűtőközeg vegyi neve difluor-metán, vegyi összegképlete CH₂F₂ és veszélyes anyag besorolása CAS 75-10-5. Továbbá találunk információkat a hűtőközeghez tartozó hűtőgépolajról (POE=poliolészter) és hűtőközeg keverékek esetében a hőmérséklet csúszás (egyanyagú hűtőközegeknek, mint az R32, nincs hőmérsékletcsúszása) értékéről is.

Keverék hűtőközegek esetén a programban kiválasztható, hogy a hűtőközeg harmatpontját (dew=harmatpont) vagy buborékpontját (bubble=buborékpont) kívánjuk-e látni. Preferált a harmatpont (dew=harmatpont) értéke.

⁴ ADR a veszélyes anyagok közötti szállítására vonatkozó nemzetközi előírás, betartása az egyezményt aláíró országokra nézve kötelező, így Magyarországra is. Betartását közúton a közlekedési hatóságok ellenőrzik.

⁵ Hűtőközegek GWP és ODP értékeit egy kormányközi szervezet az IPCC állapítja meg és teszi közzé rendszeresen. Az értékek az egyes publikációkban módosulhatnak (pontosabb mérési eredmények esetén)



5.6. Biztonsági előírások gyúlékony hűtőközegekre

Az MSZ EN 378 szabvány szerinti biztonsági előírásoknak az az alapelve, hogy nem biztonsági hűtőközegekkel működő hűtőgépeket úgy telepítsük, üzemeltessük, karbantartsuk és szervizeljük, hogy a hűtőközeg gyúlékonyságából vagy egészségkárosító hatásából eredő kockázatot a minimálisra csökkentsük. Éppen ezért ezeknek a hűtőközegeknek az alkalmazásánál több biztonsági, kockázatot csökkentő szempontra is figyelemmel kell lenni.

Megengedett maximális töltetmennyiség megállapításának szempontjai és elvét mutatjuk be egy példán keresztül egy kiválasztott hűtőközegekre. Felhívjuk a figyelmet azonban arra, hogy a szabvány részletes előírásait jelen tananyagban a megszabott formában és terjedelemben pontosan visszaadni nem lehet, így az ebben a részben bemutatott adatok csak az elv bemutatására szolgálnak!

- Hűtőközeg biztonsági besorolásának (csoportjának) azonosítása
A1, A2L, A3, B2L
- Helyiségek besorolásának azonosítása (az ott található személyek száma alapján)
A otthon, szupermarket, B kis iroda, üzlet, étterem, C gépterem, elzárt terület
- Gyúlékony hűtőközegek biztonsági megengedett koncentrációjának azonosítása (zárt helyiségben pl. A2L=0,06kg/m³)
- Nem gyúlékony hűtőközegek egészségügyi szempontból megengedett koncentrációjának azonosítása.
Pl. A1 R410A=0,39 kg/m³)
- Betölthető hűtőközeg töltet maximális, limitértékeinek azonosítása
pl. „B” besorolású helyiség A2L=40kg
- Telepítési körülményektől függő egyéb besorolások (pl. zónák) és kiegészítő kockázatsökkentő intézkedések azonosítása
(pl. biztonsági hűtőkör szakaszoló mágnesszelep alkalmazása, riasztás) – itt nem tárgyaljuk.

Példa

R1234yf hűtőközeggel üzemelő hűtőbútorok vannak telepítve egy zárt üzlethelyiségben, melynek helyiség térfogata $V=100\text{m}^3$.

- a. Az R1234yf biztonsági besorolása A2L (nem mérgező, kisfokú gyúlékonyság). Mivel ez a hűtőközeg gyúlékony, ezért a megengedett helyiségkoncentráció gyakorlati határértékét ez határozza meg. Az A2L hűtőközegek megengedett helyiségkoncentrációja, azaz gyakorlati határértéke $0,06\text{ kg/m}^3$.
- b. A betölthető mennyiség a helyiség V térfogata és a megengedett koncentráció (RCL⁶) szorzata határozza meg: $100\text{m}^3 \cdot 0,06\text{ kg/m}^3 = 6\text{kg}$.
- c. A2L hűtőközegek töltet limitje 40kg , így a 6kg hűtőközeg mennyiség betölthető.

Komfort klímaberendezések esetén a szabvány egy alternatív számítási eljárást is lehetővé tesz, mely szerint a betölthető hűtőközeg tömege (m , kg) az alábbi három tényezőtől függ:

- Helyiség alapterületétől (A , m^2),
- Klímaberendezés padlótól mért felszerelési magasságától (h , m),
- Betöltött hűtőközeg alsó gyulladási határától (LFL⁷, kg/m^3) függ.

6. Hűtőgépolajok

Hűtőkompresszorok kenőanyagait úgy kell megválasztani, hogy a kompresszorból a hűtőközeggel együtt kiáramló nagy mennyiségű olaj a hűtőkör egészét bejárva visszajusson a kompresszorba. Ezért a hűtőközegben jól oldódó olajfajtát szükséges választani.

CFC és HCFC hűtőközegek kenőolajai: ásványolaj, mineral oil (MO) és alkilbenzol (AB) olajok, míg

HFC, HFO csoportú hűtőközegekhez alkalmas kenőanyag a poliol-észter (POE) és polialkilén-glikol, autóklímák esetében (PAG) valamint újabban polivinil-éter (PVE) és poli-alfa-olefin (PAO)

HC csoportú hűtőközegekhez ásványolaj féleség (MO és AB),

Természetes hűtőközegek esetében az ammónia nem keveredik az olajjal, de ásványolaj féleség (MO, AB), míg a széndioxidos hűtőgépek esetében mindkét kenőanyag fajta szóba jöhet, de a POE alkalmazása lett általános.

6.1. Hígroszkóposág és keveredési hézag

A hűtőgépolajok fontos jellemzője a hígroszkóposág, ami nedvességfelvevő képességet jelent valamint az olaj hűtőközeg keveréket jellemző keveredési hézag. A keveredési hézag azt a hőmérséklet tartományt jelöli (túl meleg vagy túl hideg), amikor az olaj és hűtőközeg keveredése a hűtőgép belsejében nem tökéletes. Ilyenkor a keverék ketté válik: egy olajban

⁶ RCL=Room Concentration Limit, jelentése helyiség koncentrációs határérték (zárt helyiségre vonatkozik – megj.)

⁷ LFL=Lower Flammability Limit, jelentése alsó gyulladási határ (valójában koncentráció határ – megj.)

szegény és egy olajban gazdag keverékre. Az olajban gazdag, „tapadósabb” rész kint marad a hűtőkörben, míg a hűtőkompreszorba visszakerülő „hígabb”, olaj elégtelen kenést idéz elő.

Az olajnak a jó kenési tulajdonságokon kívül számos más fontos jellemzővel is rendelkeznie kell, ilyen pl. vegyileg stabil, nem bomlékony, jó hőállóságú, kis vízmegkötő képességű, öregedésre kevésbé hajlamos,

6.2.Viszkózitás

A kompresszorok kenőolajaként használt olajok viszkozitását (viszkózusságát) úgy kell megválasztani, hogy a hűtőgépben előforduló leghidegebb és legmelegebb hőmérsékleten se álljon elő a keveredési hézag, azaz az olaj kompresszorba visszajutása biztosított legyen (olajvisszahordás biztosítása) A gyakorlatban az alábbi viszkozitás értékek alakultak ki a jó olajvisszahordás biztosítása érdekében a T0 elpárolgási hőmérséklettől függően. A viszkozitás cSt-ban (centistock) mérik.

- Mélyhűtő tartomány: 22-32 cSt (hígfolyósabb)
- Normálhűtő tartomány: 46 cSt
- Klímataromány: 68 cSt
- Autóklímák esetében: 100 cSt
- Csavarkompreszorok esetében 180 cSt (sűrűbb, nehezen folyó)

7. Hűtőberendezések alkalmazásai

7.1.Kereskedelmi hűtőgép ⁸

Egy kompakt kivitelű kereskedelmi hűtőgépet láthatunk a következő ábrákon. A Danfoss Optyma Slim Pack típusú kompakt kereskedelmi hűtőaggregát tartalmazza a kompresszort, a kondenzátort, a folyadéktartályt és folyadékszűrőt. Ezen kívül villamoskapcsolódobozban helyezkedik el a kompresszor motorvédelmét ellátó motorvédő relé és kismegszakító is. A berendezés mikrocsoves, speciális bevonatú kondenzátora kevés tisztítást igényel. Szerelése egyszerű, mert az aggregáthoz a megfelelő csővezeték kialakításával csak az expanziós szelep és az elpárolgató valamint leszívató üzem mód esetén mágnesszelep beépítése szükséges. A hűtőkamra belső hőmérsékletét legtöbbször mikroprocesszoros hűtésvezérlő látja el, melyet szintén külön kell a berendezéshez telepíteni.

Az alábbi ábrákon a burkolatos aggregátot és a burkolat egy részének eltávolítása után a belső szerkezeti elemeket is láthatjuk.

Az aggregát kompresszora Danfoss scroll kompresszor.

⁸ Danfoss Optyma Slim Pack és Optyma Plus aggregátok termékismertető és a „Gyorskiválasztó katalógus” adatain alapul



A komplett hűtőkamra hűtés egy egyszerűsített áramutas kapcsolási rajza látható a következő ábrán. A kapcsolási rajz az egyszerűbb megértés érdekében nem az Optyma Slim Pack, hanem az Optyma Plus aggregát kapcsolási rajzát mutatja.

7.1.1. Áramutas kapcsolási rajz

Az előbbi kereskedelmi hűtőaggregát villamos kapcsolási rajzát mutatjuk be ebben a fejezetben. Az áramutas kapcsolási rajz a legalkalmasabb mód arra, hogy a villamos részegységek összekapcsolását és majd e rajz alapján az ún. huzalozási tervet elkészíthessük. kapcsolási rajzot nagyon figyelmesen nézzük át, minden részletre kiterjedően!

A kapcsolási rajzon fő- és vezérlő áramköröket különíthetünk el. A főáramkört a nagy áramerősségek (olyanok, melyeket a vezérlőáramkörben szereplő részegységek kisáramú érintkezői nem tudnának kapcsolni, a legtöbb vezérlőáramköri elem kisáramú érintkezői legfeljebb 2(4)A áramot tudnak kapcsolni, induktív terhelésre vonatkozik a kisebb érték.)

Főáramkör

A kapcsolásban 3 főáramkör található:

1. Kompresszor motor főáramköre (bal oldalon)
2. Kondenzátor ventilátor hajtómotorjának főáramköre (jobbra, középen)
3. Kompresszor olajteknő (karter) fűtésének főáramköre (még jobbra, középen)

Az 1. jelű főáramkör elemei a következők (a 2. és 3. sorszámú főáramkörrel most nem foglalkozunk)

- Főkapcsoló
0/1 állapota van, ki/be kapcsolt állapot jelölve
- Motorvédő áramkör
A motor lassú túlmelegedését okozó üzemi áramnál nagyobb áramfelvétel esetén megvédi a motort a leégéstől, ezt bimetallos szerkezet biztosítja, a gyorsműködésű nagyáramú zárlati árammegszakító részegység nem csak a motor, hanem a mögöttes táphálózat vezetékeinek a védelmét is szolgálja. 2 részből áll: 1. bimetallos túláramvédelem 2. zárlatvédelem

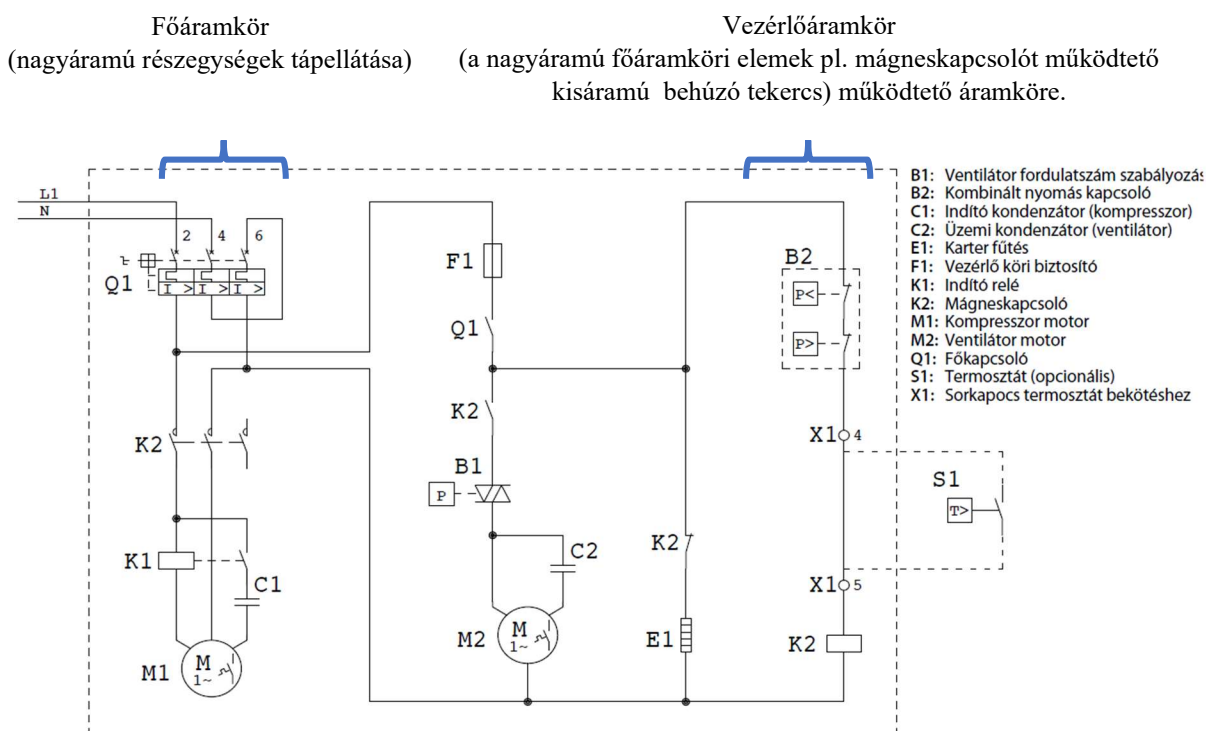
- **Mágneskapcsoló**
Behúzó tekercsére feszültséget kapcsolva zárja a nagyáramú kontaktusait. A behúzó tekercs a vezérlő áramkörben helyezkedik el.
- **Motor**
1f-ű vagy 3f-ű lehet, itt 1f-ű motort ábrázol a kapcsolási rajz, a motor előtt lévő kapcsolás az ún. motorindító áramkör, melynek lényege, hogy az 1f-ű motorok 2 tekercsét (fő- és segédfázis tekercs) közül a főfázist a hálózati feszültségre, a segédfázist pedig fázistoló kondenzátoron keresztül kötjük a hálózatra. A fázistoló kondenzátor áramkörét az indítórelé (áramrelé) kontaktusain keresztül tápláljuk a motor indítása idejére. Ezt nevezzük áramrelés, indító-kondenzátoros kapcsolásnak. Ezen kívül többféle motorindító kapcsolás létezik, pl. indító és üzemi kondenzátoros áramrelés kapcsolás, vagy kondenzátor nélküli áramrelés indítókapcsolás – ekkor a segédfázis tekercs inductivitása végzi a fázistolást a kondenzátor helyett, vagy üzemi kondenzátoros áramrelé nélküli kapcsolás, mely a 2. számú főáramkörben található például. A motorindító kapcsolásokat itt terjedelmi okokból nem tárgyaljuk.

Vezérlő áramkör

Az ábra jobb oldalán található (presszosztátok érintkezői és a K2 mágneskapcsoló behúzó tekercse van az áramkörben).

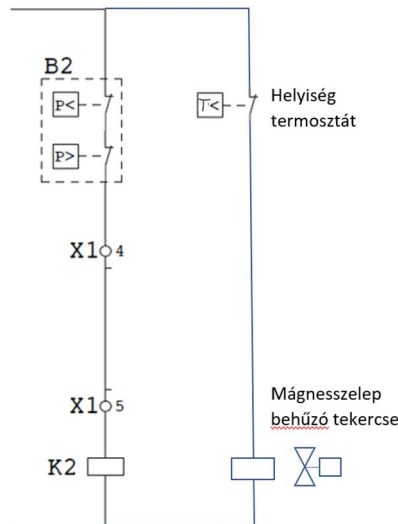
Az ábrán a vezérlő áramköri presszosztátok bármelyikének megszólalása esetén vagy a helyiség termosztát érintkezőinek nyitásakor (helyiség hőmérséklet elérte a kívánt, beállított hőmérsékletet) bomlik az áramkör és a kompresszor leáll. (Az X1-X1 jelű 4-5 kapcsok közötti rövidzárt ki kell venni!)

A kapcsolás könnyen beköthető azonban az ún. leszivatásos üzemmódhoz is, ekkor a termosztát a hűtőkör mágnesszelepének behúzótekercsét működteti és a kompresszort pontosan ebben a kapcsolásban majd a kisnyomású presszosztát állítja le.



A következő ábrán bemutatjuk, hogy hogyan kell átalakítani az előbbi kapcsolást ahhoz, hogy a hűtőberendezés leszivatásos (pump-down) üzemmóddal üzemeljen. A vezérlő áramkör kialakítása az alábbi.

Vezérlő áramkör
(a leszivatásos – pump-down -
kapcsoláshoz átalakítva)



A vezérlő áramkörben lévő termosztát a helyiség hőmérsékletének elérésekor nyitja az érintkezőit és ezzel megszakítja a hűtőkori mágnesszelep áramkörét, aminek hatására a mágnesszelep lezár. Ezekután a kisnyomású presszosztát túl alacsony nyomást érzékel és nyitja bontja a kompresszort feszültségellátását biztosító mágneskapcsoló behúzótekercsének áramkörét. A mágneskapcsoló elejt és a kompresszor leáll.

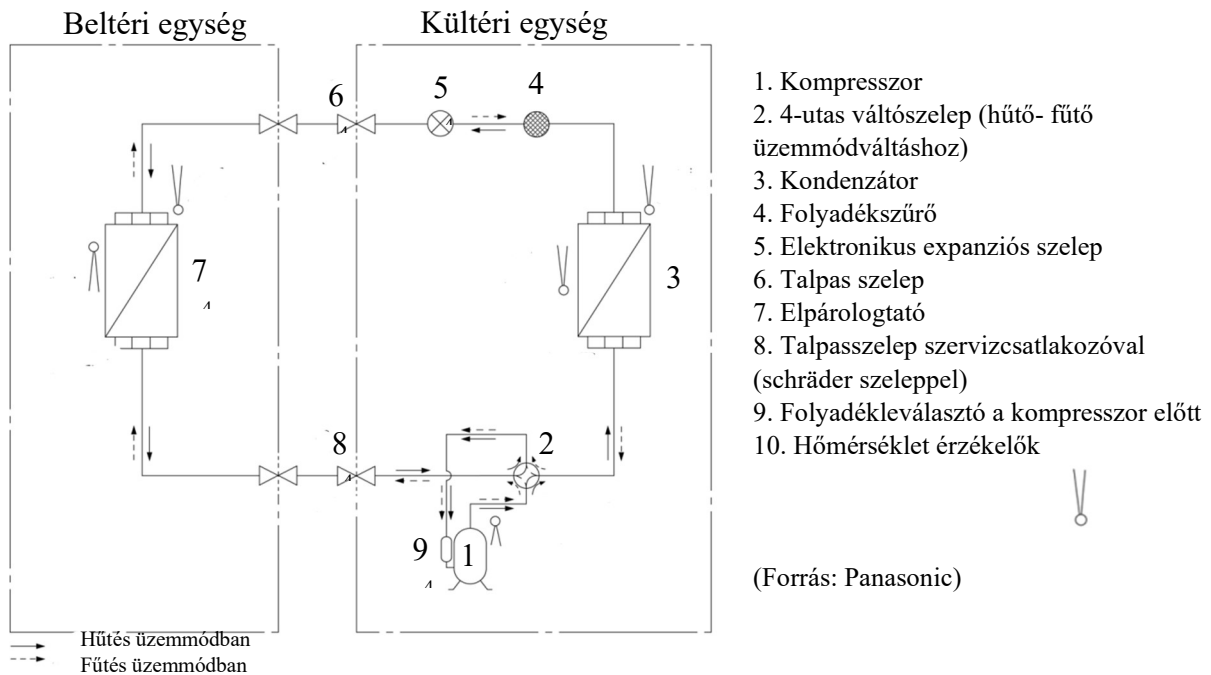
A leszivatásos (pump-down) kapcsolás előnye, hogy a mágnesszelep és a kompresszor között állásidőben nincs hűtőközeg, így nem fordulhat elő az, hogy az állásidőben esetleg az expanziós szelepen keresztül az elpárologtatóba szivárgó hűtőközeget a kompresszor a következő induláskor beszívhassa (folyadékütés). Illetve a leállás után a kompresszor nyomóoldalai rotalock szelepének és a folyadék tartály folyadékvezeték oldali elzárószelepének elzárása után a hűtőkör nagy része szerelhető, miközben a hűtőközeg folyadék a folyadék tartályba van leszivatva.

7.2. Komfort klímaberendezés

Komfort klímaberendezés hűtőköre

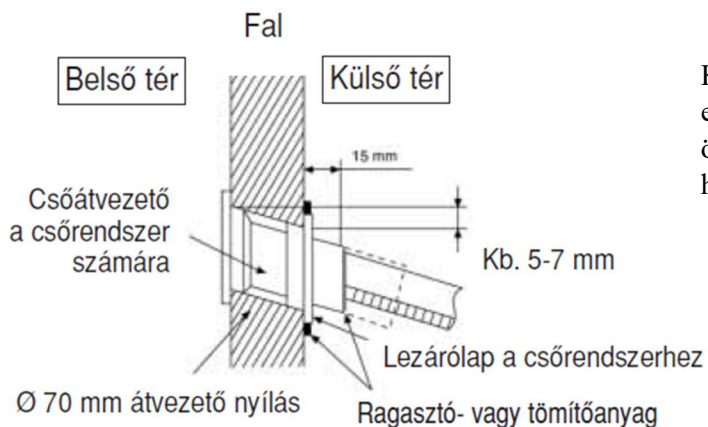
A komfort klímaberendezések változatos kivitelben készülnek. Alapvetően monoblokk vagy split (osztott) kivitelűek lehetnek. Ezen belül is többféle kialakításuk létezik, melyek az alkalmazásuk, elhelyezési lehetőségeik szerint változik, így például ablakklíma, mennyezeti, magas oldalfali, oldalfali, parapet kivitelek kaphatók.

Gyakoribb a split kivitelű berendezés, mely lehet mono-split, ahol egy kültéri egységhez egy beltéri egység kapcsolódik, de lehet multi-split kivitelű is, amikor egy kültéri egységhez több beltéri egység kapcsolódik (pl. duál – 2 beltéri egységgel, triál – 3 beltéri egységgel vagy multi – több pl. 5 beltéri egységgel)

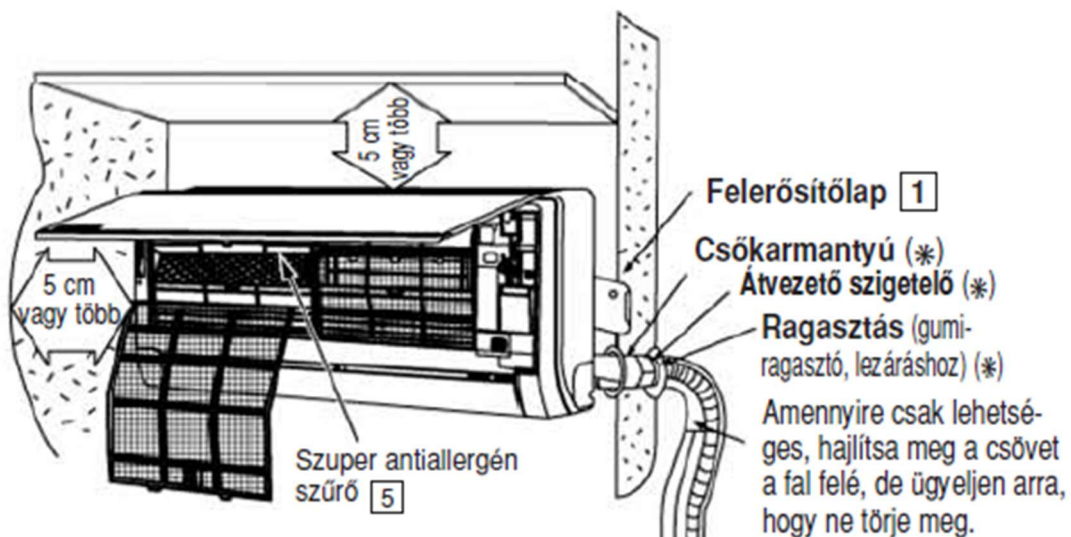


Split (osztott) klímaberendezés szerelése. Kültéri és beltéri egység elhelyezése és összekötő csővezetékeinek a kialakítását mutatja az alábbi ábra.

(Forrás: Panasonic, „Telepítési útmutató kültéri egységekhez” CU-TE9HKE, CU-TE12HKE, CU-TE15HKE típusokhoz)



Klímaberendezés kültéri és beltéri egységének csővezeték összeköttetésének kialakítása a helyiség határoló falain át.



(A bal és jobb oldalon azonos)

A csőcsatlakozások szigetelése

- A szigeteléseket a gázszivárgás ellenőrzése után és műanyag szigetelőszalaggal végezze.

Műanyag szalag (*)

A távvezérlőtartó felerősítése a falra

Távvezérlőtartót rögzítő csavarok (7)

Távvezérlő (3)

Távvezérlőtartó (6)

Felerősítőlap (1)

Csőarmantyú (*)

Átvezető szigetelő (*)

Ragasztás (gumi-ragasztó, lezáráshoz) (*)

Amennyire csak lehetséges, hajlítsa meg a csövet a fal felé, de ügyeljen arra, hogy ne törje meg.

50Hz 230V~

15A
Megszakító

Műanyag ragasztószalag (széles) (*)

- A vízvezetés ellenőrzése után használja.
- A vízvezetés ellenőrzéséhez távolítsa el a légszűrőket és öntsön vizet a hőcserélőbe.

Csőbilincs (*)

Összekötő kábel

(4-eres kábel/1,5 mm²) (*)
Típusjelölés: 245 IEC 57
vagy annál vastagabb

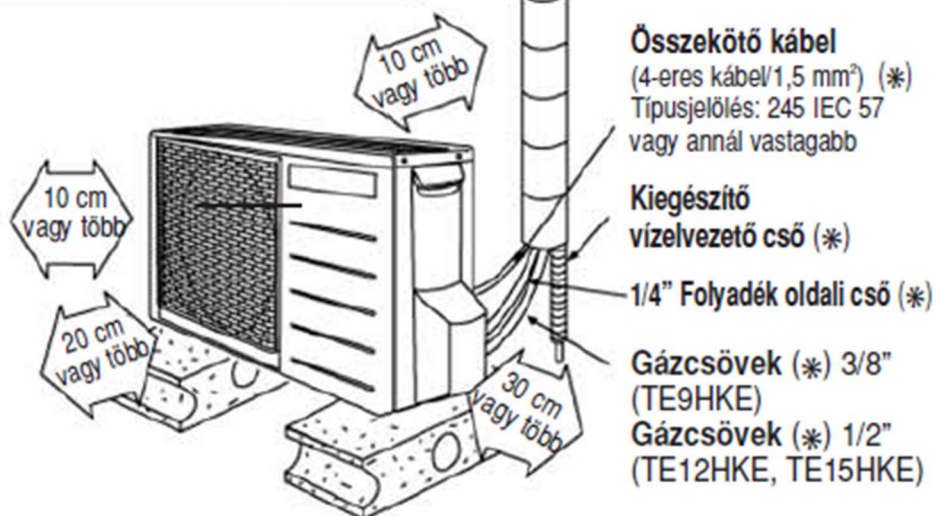
Kiegészítő

vízvezető cső (*)

1/4" Folyadék oldali cső (*)

Gázcsövek (*) 3/8"
(TE9HKE)

Gázcsövek (*) 1/2"
(TE12HKE, TE15HKE)



7.3.Folyadékűtő berendezés⁹

A folyadékűtő berendezések rendszerint kompakt, sorozatgyártott kivitelben készülnek. Feladatuk hideg víz előállítás, ezért két részegységből állnak:

- Hűtőgép
- Vízkör (hidraulikus blokk)

A hűtőgép elpárologtatója lehet csőköteges vagy lemezes (pl. Swep gyártmányú) kialakítású, kondenzátora lehet léghűtéses kondenzátor – ez a gyakoribb – vagy lehet vízhűtéses kondenzátorú, ez utóbbi lehet szintén csőköteges vagy lemezes kialakítású.

A folyadékűtő berendezések névleges teljesítményét általában +7°C előremenő vízhőmérsékletre és +12°C visszatérő vízhőmérsékletre adják meg, ezért az ilyen névleges üzemre készülő folyadékűtőket hívják „7/12”-es folyadékűtőknek is.

A folyadékűtő berendezés vízköri blokkja (hidroblokk) tartalmazza a hidegvizet keringető szivattyút és puffertartályt, mint fő részegységeket, valamint több vízköri segéd részegységet is pl. tágulási tartályt, vízáramlás kapcsolót (áramlásőrt), biztonsági szelepet, szennyszűrőt, automatikus légtelenítő szelepet egyebek mellett.

A folyadékűtő berendezések, típustól függően nem csak hűtés üzemmódban, hanem fűtés, azaz hőszivattyús üzemmódban is képesek dolgozni. Ilyenkor a környezeti levegőből elvont hővel melegvizet állít elő. Ilyenkor tehát, mint hőszivattyú működik.

Az így előállított hideg vagy melegvizet ventilátoros konvektorok, ún. fan-coil egységek vízellátására lehet felhasználni.

Az így kialakított hűtési vagy fűtési rendszer igen nagy előnye hogy a rendszerben nem nagy nyomású hűtőközeg áramlik hanem víz, melynek víz nyomása csupán néhány bar. ezenkívül a vízvezeték rendszer olcsóbb acél vagy vascsövekkel is megvalósítható esetleg több rétegű vízvezeték csövekkel is. további előnyét hogy a hideg vagy meleg vizet felhasználó francia darabszáma az épület igényeihez igazodva nagyobb darabszámú lehet a keringető szivattyú teljesítményétől és a csővezeték nyomás veszteségeitől függően.

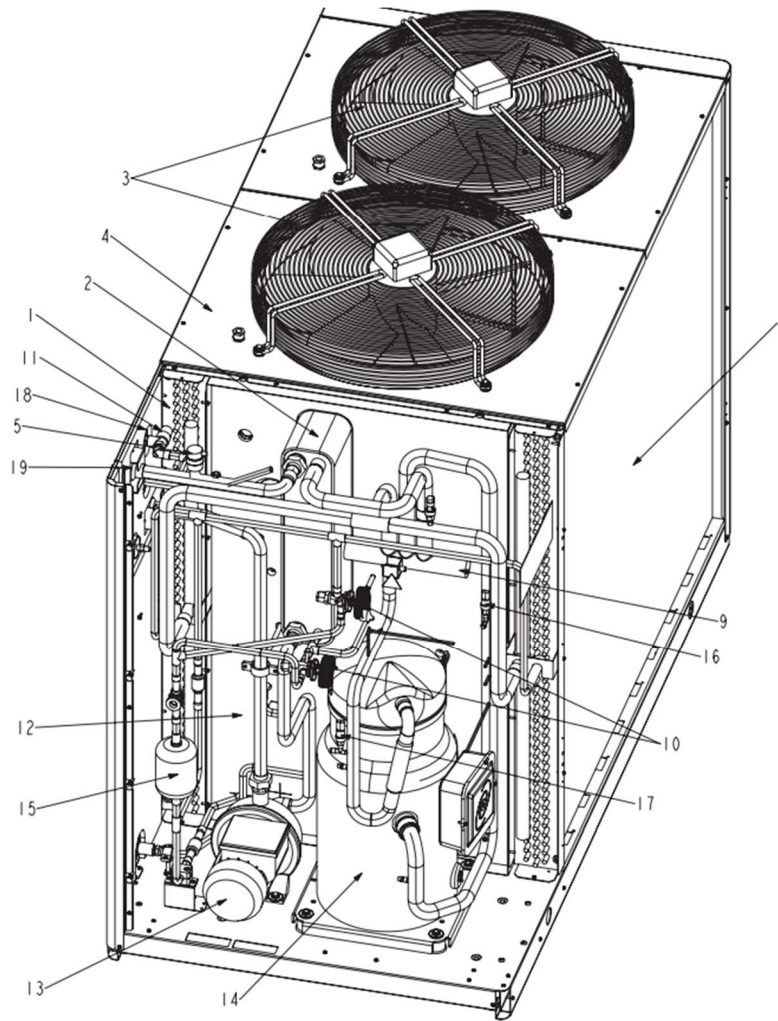
Az alábbiakban egy Galletti gyártmányú léghűtéses kondenzátorral és lemezes elpárologtatóval szerelt MPE típusú kompakt folyadékűtő berendezést mutatunk be.

Az MPE léghűtéses folyadékűtőket és hőszivattyúkat hideg vagy meleg víz előállítására tervezték, lakó vagy kereskedelmi épületek légkondicionálására vagy fűtésére. Az MPE típusú berendezéseket kültéri telepítésre tervezték (IP24 védelem), idegenek által nem hozzáférhető helyre. Ha a védőrácsok (tartozék) nincsenek felszerelve és a berendezéshez bárki hozzáférhet, a hőcserélő megközelítését meg kell akadályozni. Nem telepíthető a berendezést olyan helyre, ahol gyúlékony porral vagy gázokkal érintkezhet.

Az MPE sorozat összes modellje fel van szerelve vízoldali differenciálnyomás kapcsolóval, biztonsági szeleppel, opcionális a víznyomás mérő műszer, automatikus töltőberendezés és leeresztőcsap. Továbbá, az adott modelltől függően az MPE berendezések felszerelhetők szivattyúval, tágulási tartállyal és puffertartállyal.

⁹ Galletti „Telepítési, használati és karbantartási útmutató” alapján

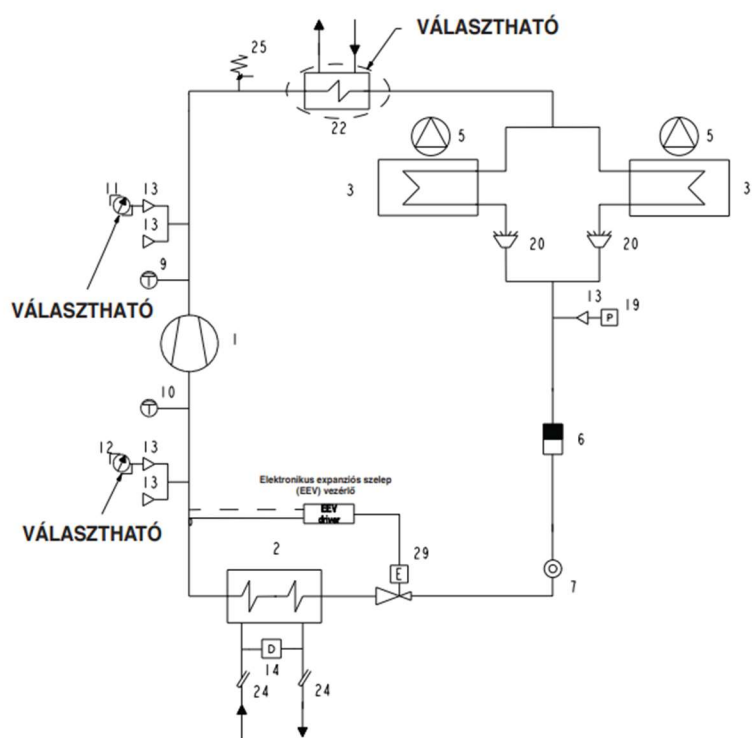
A berendezés felépítését és részegységet mutatja az alábbi ábra.



JELMAGYARÁZAT

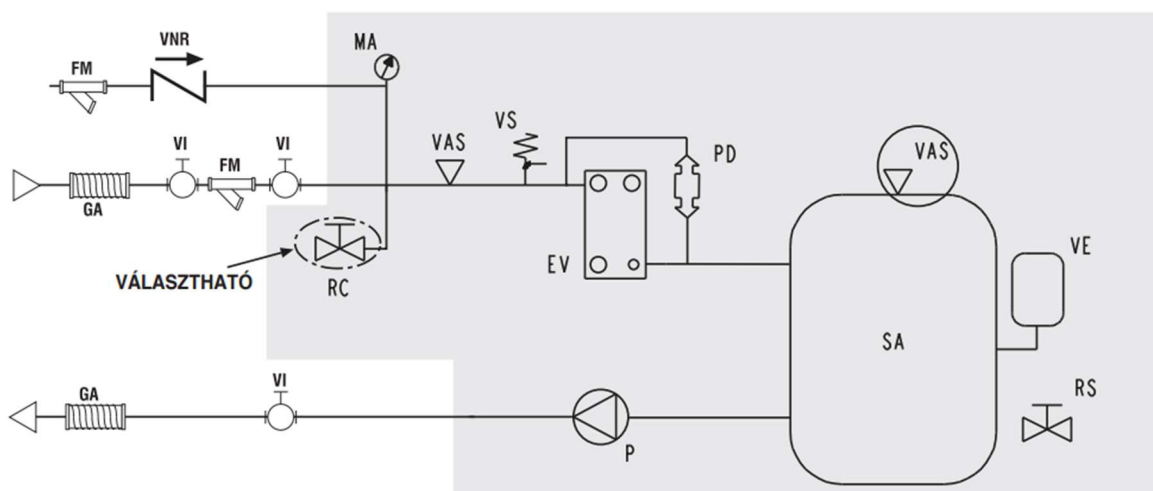
1.	R410A - levegő hőcserélő	11.	Vízoldali biztonsági szelep
2.	R410A - folyadék hőcserélő	12.	Hűtőköri folyadéktartály
3.	Ventilátorok	13.	Szivattyú
4.	Vízoldali nyomásdifferenciál-kapcsoló (a ventilátortérben)	14.	Kompresszor
5.	Automata légtelenítő szelep	15.	Szárítósűrő
6.	Tárgulási tartály (a ventilátortérben)	16.	Szívóoldali nyomáskapcsoló és töltőcsonk
7.	Vízartály (tartozék)	17.	Nyomóoldali nyomáskapcsoló és töltőcsonk
9.	4 utas szelep (MPE H)	18.	Folyadéknyomás mérőműszer
10.	Termosztikus szelep	19.	Vízbetöltő csonk

Hűtőköri kapcsolási vázlat



- | | |
|----|---------------------------------|
| 1 | Kompresszor |
| 2 | Elpárolgató |
| 3 | Kondenzátor |
| 4 | Termosztatikus expanziós szelep |
| 5 | Ventilátor |
| 6 | Szűrőtisztító |
| 7 | Kémlelőnyílás |
| 8 | Mágnesszelep |
| 9 | Nyomóoldali nyomáskapcsoló |
| 10 | Szívóoldali nyomáskapcsoló |

Vízköri (hidraulikai) kapcsolási rajz



JELMAGYARÁZAT	
VS	Biztonsági szelep
EV	Elpárolgató
PD	Vízoldali nyomásdifferenciál-kapcsoló
MA	Víznyomás mérő
VAS	Légtelenítő szelep
SA	Vízartály

VE	Táglási tartály
RS	Leeresztőcsap
RC	Töltőcsap
VI	Elzárószerelvény (nem tartozék)
GA	Rezgéscsillapító csőcsatlakozás (nem tartozék)
FM	Mechanikus szűrő (KÖTELEZŐ)
VNR	Visszacsapó szelep (nem tartozék)

Ha a várható környezeti hőmérséklet (pl. télen) alacsonyabb, mint a rendszerben lévő folyadék fagyáspontja, le kell engedni a rendszert, vagy fagyálló folyadékkal, víz és fagyálló keverékével kell feltölteni. A keverési arányt a legalacsonyabb várható környezeti

hőmérséklet szerint kell kiválasztani. Nem élelmiszeripari célokra az etilén-glikolt (mérgező), élelmiszeripari célokra pedig a propilén-glikolt (nem mérgező) alkalmazzák. Ezen kívül azonban használatosak még egyéb anyagok sóiból készült fagyálló oldatok alkalmazása is.

Az alábbiakban a nem élelmiszeripari felhasználásra alkalmas etilén-glikol és víz keverék alkalmazását mutatjuk be. A keverék fagyáspontja, ha az etilén-glikol aránya az alábbi %-os érték:

Etilén-glikol (tömeg %)	Keverék fagyáspontja
0%	0°C
10%	-4°C
15%	-8°C
20%	-14°C
30%	-18°C

Fagyálló alkalmazása esetén ügyelni kell arra, hogy a lehető legkisebb mennyiségű, azaz a legkisebb %-os fagyálló részarányt válasszuk, ami még a biztonságos üzemhez megfelelő, mert a fagyálló jelentékeny mértékben rontja a hőcserélők hőátbocsátási tényezőjét és ezzel elérhető hűtő-, vagy fűtőtéljesítményt.

A berendezés üzembehelyezése előtti ellenőrzések és tevékenységek

- A berendezés használatba vétele előtt ellenőrizni kell, hogy az elektromos bekötése megfelel az érvényes szabályoknak.
- Üzembehelyezés előtti ellenőrzések:
- Az elektromos csatlakozások megfelelőek és a kábelcsatlakozók rögzítése megfelelő.
- A hálózati áram feszültség-ingadozása belül van-e a megengedett $\pm 5\%$ -on.
- Hűtőközeg szivárgás ellenőrzése
- A vízkör előírás szerűen lett-e kialakítva.
- A szivattyú szabadon forog-e.
- A vízkör légmentes-e.
- A berendezést indítása előtt ellenőrizni, hogy a burkolati elemek megfelelően, csavarral rögzítve a helyükön vannak-e.

A rendszert fokozatosan kell feltölteni vízzel, miközben a légtelenítő szelepek nyitva vannak. A főkapcsoló a már előzőleg a szabályzón kikapcsolt berendezés áramtalanítására szolgál, így a berendezés a mikroprocesszoros szabályozóval kell leállítani, majd üzemszünet és karbantartás esetére kell a leállított berendezést a főkapcsolóval áramtalanítani. (A berendezés ún. leszívató üzemmóddal áll meg.)

Rendszeres karbantartások során elvégzendő tevékenységek

- Elektronikus vezérlőpanel termináljainak megfelelő rögzítettsége
- A megszakítók érintkezőit rendszeresen meg kell tisztítani és elhasználódásuk esetén kicserélni az alkatrészt.

- Nincs-e olajszivárgás a kompresszoron és a csővezetéken.
- Vízkörben lévő fém szűrők tisztítása.
- Hőcserélők megtisztítása a ráakódott portól és szennyeződéstől nagynyomású levegővel, a ventilátor kifúvási irányával ellentétes irányban. (A nagynyomású levegő a hőcserélő lamelláit eldeformálhatja, ezért óvatosan kell elvégezni ezt a műveletet.)

Fan-coil (ventilátoros konvektor)

A fan-coil egy ventilátoros konvektor. Általában hűtésre és fűtésre egyaránt alkalmasak. A helyiség levegőjét ventilátor szívja be és áramoltatja a lamellás hőcserélőn át. Hűtés esetén a lehűlő levegőből kicsapódó kondenzvíz felfogására csepptálca szolgál. 2- vagy 4-csöves rendszerekhez is alkalmasak. 4-csöves rendszerrel 2 hőcserélő van beépítve.

Különösen alkalmas a hőszivattyúval kialakított alacsony vízhőmérsékletű fűtési rendszerekhez.

Falra, padlóra, mennyezet alá, építészeti burkolat vagy álmennyezet mögé tehető burkolattal illetve burkolat nélküli kivitelek valamint légcsatornázzható kivitelek is kaphatók. A hőcserélő légtelenítő szelvényel ellátott, rézcsőre húzott alumínium lamellázatú.

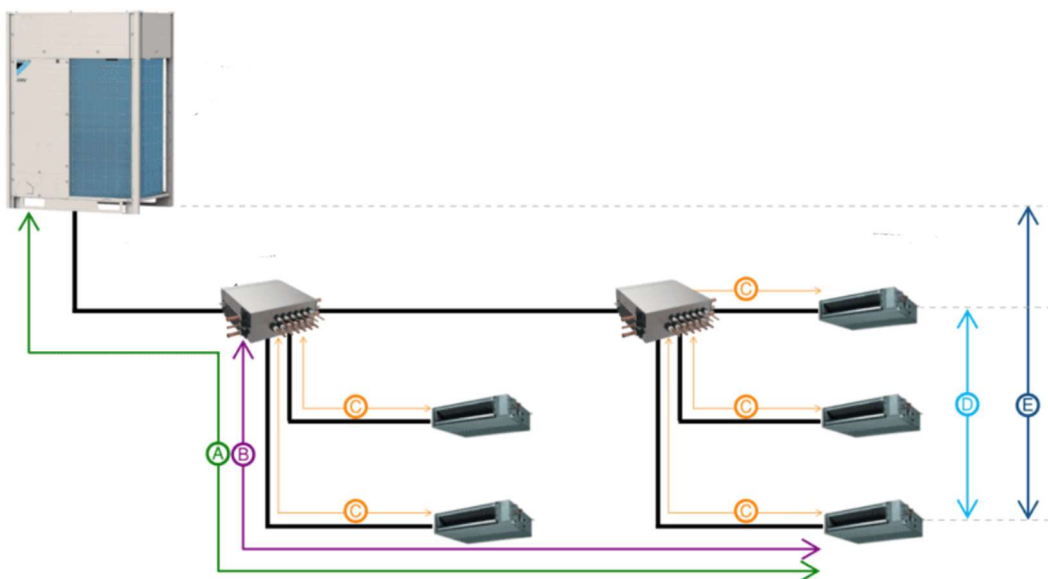
A fan-coil -ok hűtő- vagy fűtőteljesítménye a ventilátor fordulatszámával változtatható. Beépített termosztát indítja vagy állítja le a ventilátorokat.

Mikroprocesszoros, digitális termosztátokkal szerelt készülékek esetében lehetőség van bonyolultabbá, nagyobb komfortot biztosító üzemeltetésre.

7.4. VRV és VRF központi klímaberendezések

Változó tömegáramú vagy változó térfogatáramú¹⁰ rendszereknek is nevezik. Ezek a klímaberendezések a kisteljesítményű komfort split klímaberendezések ipari változatai. A hűtőkör osztott, mint egy split klímaberendezés esetében, de a kültéri egység (a központi aggregát hűtőközeg folyadékát egy gerincvezetéken juttatják el az épület hűtendő helyiségeibe, ahol egy-egy beltéri egység (expanziós szeleppel beadagolt elpárologtató) van telepítve. Az összes beltéri egység túlhevített gőzét ugyancsak egy közös szívó gerincvezeték vezeti vissza az aggregáthoz. A rendszer előnye, hogy nincs korlátozva a kültéri és beltéri egységek távolsága a csőhosszal (kb. 30m), hanem a csővezeték hossza akár 1000 m is lehet. Ezen kívül a beltéri egységek függőleges magasságkülönbsége is akár 100 m is lehet.

¹⁰ VRV=Variable Refrigerant Volume, jelentése változó hűtőközeg térfogatáram, Daikin szabadalom
VRF= Variable Refrigerant Flow, jelentése változó hűtőközeg áramlás, szabadon használható kifejezés



Az ábrán¹¹ az A, B, C, D, E csőhosszak illetve magasságkülönbségek jelentősen nagyobb méretűek, a split klímákhoz képest. A hűtőközeg gerincvezetékeinek leágazásai speciális, ún. Refnet eszközökön keresztül történik. A csak hűtő vagy fűtő rendszerek 2-csövesek (folyadék- és szivóvezeték), hűtő-fűtő üzemmódra alkalmas rendszerek 3-csövesek, azaz folyadék, szivóvezeték és a forró kompresszor nyomógázvezeték. Az egységek üzemmód váltását az ún. RB-unit -ok (hűtőközeg váltó) eszközök biztosítják, melyek belsejében mágnesszelepek vannak, melyek a kívánt üzemmódnak (hűtés vagy fűtés) a beltéri egységhez a megfelelő hőmérsékletű és nyomású gerincvezetékekkel kötik össze. (Pl. hűtés üzemmódban nagynyomású folyadék és kisnyomásúszivottgáz gerincvezetékekkel kell összekötni a beltéri egységet. A központi aggregát (kültéri egység) belső hőcserélővel, frekvenciaváltóval táplált teljesítményszabályozott BLDC kompresszor hajtómotorral, több részre osztott hőcserélővel van felszerelve, ahol az egyik rész leolvasztása mellett a berendezés tovább üzemelhet hőszivattyús üzemmódban is.

Az alábbi ábránkon egy Refnet idomot és egy RB-unit -ot láthatunk. A Refnet mindig vízszintesen kerül elhelyezésre (gőz és folyadék arány egyenletes elosztása érdekében a fő- és mellékvezetékekben,)



¹¹ Forrás: <https://www.myvrvdrive.com/category/vrv/products/re>

A VRV és VRF rendszereket rendszeresen kell karbantartni, szabályozásuk bonyolult, hűtőgépek telepítése és üzembehelyezése csak számítógéppel megtervezett csőterv alapján készülhet (nyomásesések és megfelelő áramlási viszonyok kialakítása végett - olajvisszahordás –

AVRV és VRF rendszereket számítógép szabályozza. A berendezésnek számtalan üzemállapota van. A csőhálózat kiépítésekor a méretezett terv-vezetékhez képesti kismértékű eltérése is beláthatatlan következményekhez, hibás üzemállapotokhoz, zaj keletkezéséhez és elégtelen hűtéshez is vezethet, ezért a tervektől eltérni nem szabad. A helyszíni adottságok miatt szükséges eltérés esetén újra-méretezés szükséges.

A hűtőgépek csővezetékeiben a hűtőközeggel együtt hűtőgépolaj is kering. A csővezetékeket úgy kell kialakítani, hogy a hűtőközeggel együtt az olaj is áramolni tudjon, azaz a kompresszorból a hűtőrendszerbe kerülő olaj az egész hűtőkört bejárva visszajuthasson a kompresszorba.

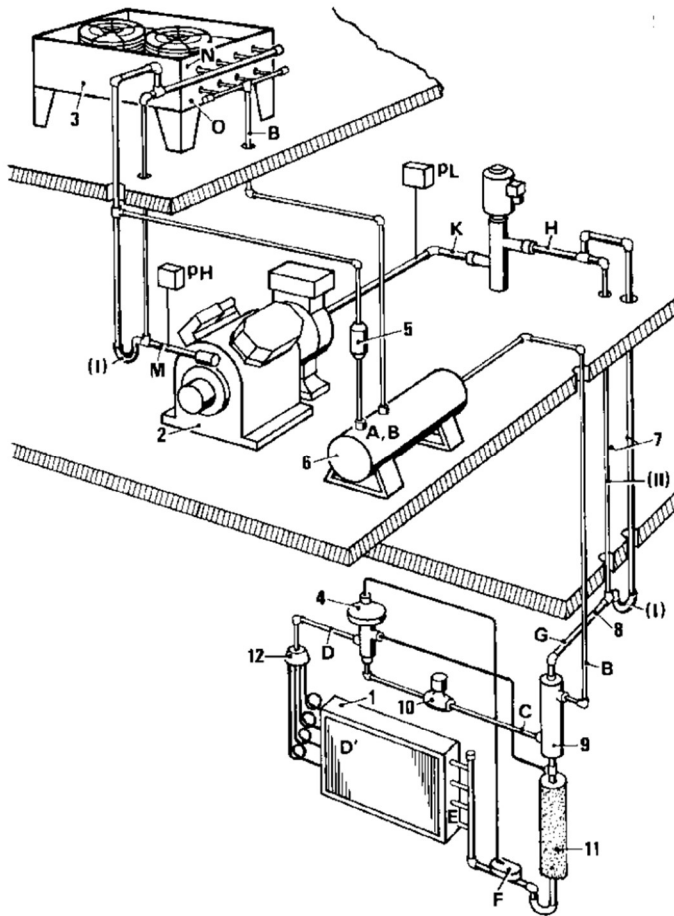
A csővezetékek kialakításakor az olajvisszahordást biztosítanunk kell. Vízszintes csővezeték szakaszokat enyhe 1-2% lejtéssel kell kialakítani, függőlegesen felszálló gőzvezetékek esetében a csőszakasz előtt olajzsákot kell kialakítani és 4m szintkülönbség emelkedésenként ismételni kell a csővezetékben az olajzsákot.

Amennyiben a hűtőrendszer kompresszora teljesítményszabályozott, azaz a hűtőközeg gőz sebessége a függőleges felszálló vezetékben átmenetileg le is csökkenhet, akkor úgynevezett dupla felszálló vezetékkel kell kialakítani, melynél a két felszálló csővezeték keresztmetszetét a 100% teljesítményű üzemre, míg a dupla (kis keresztmetszetű felszálló ág) vezeték keresztmetszetét a legkisebb teljesítményű üzemre kell méretezni.

A kompresszor nyomóvezetékének felszálló ágának felső végén ún. hattyúnyak beépítésére is szükség van, a hűtőközeg kompresszorba történő visszaáramlásának megakadályozására.

Elpárologtatókból kilépő gőzvezeték függőlegesen felszálló szakaszát az elpárologtató után kialakított olajzsákkal kell kezdeni, annak érdekében, hogy a függőleges felszálló ágban esetlegesen visszacsorgó olaj ne tudjon közvetlenül az elpárologtató kilépő csonkjánál elhelyezett hőmérséklet érzékelő alá kerülni, mert az olajból kigőzölgő hűtőközeg az expanziós szelep túlhevítés érzékelőjét megzavarja.

Az alábbi ábra szemléletesen mutatja be a csővezetékek kialakításának előbb leírt szabályait valamint az egyes részegységek összeillesztésének részcső elemeit.



Hűtőköri csővezetékek kialakítása

(Forrás: Siemens)

1. Elpárologtató
2. Kompresszor
3. Kondenzátor
4. Expanziós szelep
5. Folyadékszűrő
6. Folyadéktartály
7. Dupla felszálló (gőz)vezeték
8. Szívóvezeték
9. Belső hőcserélő
10. Mágnesszelep
11. Szívóvezeték szigetelése
12. Hűtőközeg osztó (disztribútor)

8. Hűtőrendszerek üzembehelyezési eljárása¹²

Az MSZ EN 378 szabvány előírásai szerint a hűtőrendszereken és hőszivattyúkon az alábbi ellenőrzéseket kell elvégezni üzembe helyezés előtt:

- Rendszer tömörség-ellenőrzése,
- Rendszer vákuumozása és feltöltése,
- Szivárgás ellenőrzése
- bizonylat ellenőrzése
- Ha a nyomáspróbák vagy tömörségvizsgálatok során szivárgást fedeznek fel, akkor azt meg kell szüntetni, valamint a nyomáspróbát és a tömörségvizsgálatot meg kell ismételni, ha alkalmazható. Minden olyan szerkezeti elemet, amelyek a nyomáspróba során maradékalakváltozást szenvedtek, ki kell cserélni.
A tömörségvizsgálat során legyen hozzáférhető az összes csatlakozás.
- A szerelés dokumentációjához tömörségi bizonylatot kell mellékelni. Ennek a bizonylatnak tartalmaznia kell a tömörségvizsgálat alkalmazott módszerét, beleértve a tömörségi próbanyomást is.
- A tömörségvizsgálat befejezése után vákuumozni kell. Egy helyhez kötött vákuumszivattyút össze kell kötni a rendszerrel, illetve a rendszer megfelelő részével,

¹² MSZ EN 378-2:2017 szabvány 6.3.3 és „J melléklet” alapján, kivonatolva

és 270 Pa-nál kisebb abszolút nyomást kell elérni. Az elért nyomást célszerű ezen a szinten tartani a szivattyú rendszerről való leválasztása után elegendően hosszú ideig, hogy biztos legyen a nedvesség eltávozása és a berendezés szivárgásmentessége. Kisebb berendezések esetén kisebb vákuumnyomásra lehet szükség.

- A vákuumozás végeztével a rendszert fel lehet tölteni az alkalmas hűtőközeggel.
- Tömörségellenőrzés
- Működésellenőrzés
- Vákuumozás és feltöltés eljárásáról jegyzőkönyvet kell kiállítani. Ez a bizonylat adja meg az alkalmazott eljárást, az eljárás eredményeit és a vizsgálat időtartamát.
- Ellenőrizni kell, hogy a hűtőberendezéshez megkövetelt biztonsági berendezések be vannak-e építve és működésképes állapotban vannak-e, és hogy az a nyomás, amelyen ezek a berendezések működnek, úgy választották-e meg, hogy biztosítsa a berendezés biztonságát.
- Ellenőrizni kell, hogy a biztonsági berendezések megfelelnek-e a vonatkozó szabványoknak.
- Ha alkalmazható, ellenőrizni kell, hogy a nyomáskorlátozó biztonsági kapcsolókészülékek működnek-e és rendeltetésszerűen vannak-e beépítve.
- A kívülre szerelt lefúvatószelepek esetén ellenőrizni kell azt, hogy a helyes beállítási nyomás a szelepen fel van-e tüntetve vagy az adattáblán meg van-e adva. Hasadótárcsáknak (kivéve a beépített tárcsákat) a helyes névleges repesztési nyomással való megjelölését is ellenőrizni kell.
- Csővezetékek kiépítése a tervben szereplő rajzok, előírások és a vonatkozó szabványok szerint vannak-e kiépítve. (Ha az ellenőrzés indokolt)
- Az egész létesítményt szemrevételezése

Tömörségvizsgálat (nagynyomású nitrogénes nyomáspróba)

A szivárgásvizsgálat során figyelembe kell venni a következőket:

- a készülék válaszfalát;
- a szivárgás helye és a szivárgást vizsgáló készülék közötti legnagyobb távolságot.

A megfelelő utasításokat a szivárgást vizsgáló készülék gyártójának rendelkezésre kell bocsátania. Ha a berendezést nem az előzőek szerinti nyomásokon, vagy nem tiszta hűtőközeggel vizsgálják, akkor a tervezőnek igazolnia kell azt, hogy az alkalmazott vizsgálati eljárás egyenértékű az előzőek szerinti követelményekkel.

Az érzékelőt rendszeres időközönként a gyártó utasításai szerint kalibrálni kell.

Minden megállapított szivárgást meg kell szüntetni, és a szivárgási helyet újból tömörégi próbával kell vizsgálni.

Minden hűtőközegtartalmú berendezés vagy szakasz tömörségét a gyártónak legalább az osztályzás szerinti méretezési PS nyomáson kell megvizsgálnia és igazolnia. A vizsgálatokat száraz nitrogénnel vagy más, pl. vákuumos eljárással He (hélium) feltöltés után hélium szivárgásérzékelő műszerrel meg kell vizsgálni.

Helyszíni vizsgálatok:

A hűtőberendezésen minden, a telepítési helyen előállított szelvényének tömörségét meg kell vizsgálni, mielőtt a hűtőberendezést hűtőközeggel feltöltik. Nem kell újból vizsgálni azokat az elemeket, amelyeken a gyártói tanúsítás szerint már elvégezték a tömörégi próbát, és a helyszíni vizsgálatról biztonságosan kizárhatók a hűtőrendszerből.

Legnagyobb megengedett nyomás (PS) meghatározása az MSZ EN 378 szabvány szerint¹³

A legnagyobb megengedett nyomást úgy kell meghatározni, hogy a hűtőrendszerben (feltételezeten) fellépő legnagyobb hőmérséklethez kell a hűtőrendszerbe betöltött hűtőközeg telítési nyomását megadni.

A kereskedelmi hűtőgépek túlnyomórészt léghűtéses kondenzátorral szerelt aggregáttal rendelkeznek, így a minimális hőmérséklet a táblázat szerinti 55°C.

Néhány hűtőközeg PS legnagyobb megengedett nyomása 55°C-on:

R134a	PS=13,9 bar (túlnyomás)
R448A	PS=23,2 bar (túlnyomás)
R410A	PS=33,3 bar (túlnyomás)
R32	PS=34,2 bar (túlnyomás)

Környezeti feltételek	≤ 32 °C	≤ 38 °C	≤ 43 °C	≤ 55 °C
Nagynyomású oldal léghűtéses kondenzátorral	55 °C	59 °C	63 °C	67 °C
Nagynyomású oldal vízhűtéses kondenzátorral vagy vízhőszivattyúval	A víz maximális kilépő hőmérséklete +8 K, azonban nem kisebb, mint a kisnyomású oldal méretezési hőmérséklete			
Nagynyomású oldal elpárologtatós kondenzátorral	43 °C	43 °C	43 °C	55 °C
Kisnyomású oldal hőcserélővel, amely a külső környezeti hőmérsékletnek van kitéve	32 °C	38 °C	43 °C	55 °C
Kisnyomású oldal hőcserélővel, amely a belső környezeti hőmérsékletnek van kitéve	27 °C	33 °C	38 °C	38 °C

Ha a helyszínen összeszerelt hűtőrendszer minden egyes részegységét az MSZ EN szabvány szerinti típusvizsgálatnak (szilárdsági nyomáspróbának) vetettek alá, akkor a hűtőrendszert elegendő a PS nyomással történő tömörségvizsgálattal, majd vákuumtartási próbával, végül az egész hűtőrendszert hűtőközeggel történő feltöltés után elektronikus szivárgásvizsgálattal ellenőrizni.

A PS próbanyomással végzett tömörségvizsgálat alkalmával azokat a rendszer elemeket, melyek a a nyomáspróba alkalmával károsodást szenvedhetnek, vagy ki kell szerelni a próba idejére a hűtőrendszerből vagy ki kell zárni a hűtőrendszerből (pl. elzárószelepek segí

Adattábla adatok

A hűtőberendezésen el kell helyezni egy jól olvasható adattáblát. Az adattábla legalább a következő adatokat tartalmazza:

- Gyártó neve és címe
- Építésmód, sorozatszám vagy referenciaszám;
- Gyártási év

¹³ MSZ EN 378-2:2017 szabvány

- Villamos adatok
- Hűtőközeg megjelölése
- Hűtőközeg-töltet mennyisége
- Legnagyobb megengedett nyomás (PS)
- Hűtőközeg biztonsági csoportja, ha gyúlékony vagy mérgező a hűtőközeg (A2L, A2, A3, B2L, B2 és B3) és veszélyt jelző piktogram (gyúlékony anyag, mérgező anyag)

A teljes dokumentációt a felügyeletért, a vizsgálatért vagy az ellenőrzésért felelős felkészült személy nevében kell kiállítani és neki alá kell írnia. A kivitelezőnek dokumentálnia kell, hogy a berendezést a tervezési követelmények szerint létesítették, és meg kell adnia a biztonsági, valamint a vezérlő- és szabályozóeszközök üzembe helyezés utáni meglévő beállításait, ha azok beállíthatók.

Használati utasítás

A gyártónak és/vagy a kivitelezőnek rendelkezésre kell bocsátania megfelelő számú, az EN ISO 12100 szerinti használati utasítást vagy útmutatót, valamint biztonságtechnikai útmutatókat is.

A használati utasítás legalább a következő adatokat tartalmazza, ha alkalmazható:

- Berendezés használatának célja;
- Gépek és készülékek leírása;
- Hűtőberendezés hűtőköri és villamos kapcsolási rajza
- Útmutatás a berendezés üzemszerű működtetéséhez
- Hibakezelés módja
- Szállításra, telepítésre és üzembehelyezésre vonatkozó információk

Dokumentáció

- Útmutató a védőintézkedésekre, elsősegély nyújtása és a vészhelyzet, mint pl. szivárgás, tüzeset, robbanás, esetén követendő eljárásokra, lásd az EN 378-3-at;
- Teljes berendezésre vonatkozó, a szivárgást megelőző karbantartás időtervét is tartalmazó karbantartási útmutatások, lásd az EN 378-4-et;
- Hűtőközeggel való feltöltésre és a leeresztésre vonatkozó útmutatások;
- Útmutatások a hűtőközeg kezelésével és a hozzá kapcsolódó veszéllyel kapcsolatban;
- Biztonsági, védelmi, elsősegély- és riasztóberendezésekre, valamint az ellenőrző lámpákra vonatkozó működési és karbantartási útmutatások;
- Útmutatások a berendezés 6.4.3.5. szakasz szerinti jegyzőkönyvének elkészítéséhez;
- Útmutatások a túlnyomás elkerülésére üzemelés, karbantartás és javítás alatt;
- Zajkibocsátás adatai;
- Személyi védőeszközök az MSZ EN 378-3 szerint.
- Olaj rendszeres leeresztése, akkor az olaj leeresztésére vonatkozó utasítások a hűtőközeg légtérbe bocsátási kockázatának minimalizálása céljából;

II. Szellőző- és klímaberendezések üzemtana

1. Szellőzéstechnikai alapfogalmak

A föld légköre héjszerűen körbeveszi a földet és a föld felszínén egy állandó barometrikus nyomást fejt ki, mely az időjárás változásainak hatására 1,013 bar abszolút nyomásérték körül ingadozik, tengerszintnek megfelelő magasságban. A föld légköre a többek között víztömegekkel is érintkezik, pl. a föld felszínén nagy mennyiségű víztömegekkel érintkezik, ahonnan vízgőzt vesz fel, így a levegő vízgőzt is tartalmaz.

1.1. A levegő összetétele

A levegő összetétele térfogat-százalékban kifejezve:

78% Nitrogén (N₂)

21% Oxigén (O₂)

1% Egyéb összetevők, melyek:

- Széndioxid (CO₂) 0,04% (400ppm¹⁴)
- Nemesgázok
 - Argon (Ar) 0,93%
 - Hélium (He), Xenon (Xe), Neon (Ne), Kripton (Kr) 0,008%
- Radon (Rn), mely radioaktív, egészségre ártalmas gáz
- Ózon (O₃) háromatomos instabil oxigénmolekula, mérgező gáz
- Vízgőz (H₂O) 0,01%
- Szilárd szennyezőanyagok (pl. por, füst)
- VOC (Volatile Organic Compounds=Illékony Szerves Vegyületek)
pl. benzingőz, festékek, ragasztók, oldószerek gőzei és egyes összetevői
pl. formaldehid – rákkeltő anyag valamint sok más egyéb anyag, pl. kozmetikumok, illatszerek, dezodorok összetevői, stb.)

A széndioxid (CO₂)

A CO₂ egy szagtalan gáz, amely égéskor (pl. fűtőolaj, benzin), de a légzés során is keletkezik. A CO₂ a beltéri levegő minőségének meghatározó tényezője, mivel az ember CO₂-t termel kilégzéskor, és így a helyiségek széndioxid koncentrációja megnő, oxigénkoncentrációja lecsökken. A CO₂-koncentráció egy helyiségben a helyiségben tartózkodó emberek számának mérőszáma.

¹⁴ ppm=parts per million, jelentése 1 milliómod rész

A CO₂-nek egészségügyi hatásai is vannak (az emberi légzést a CO₂-tartalom szabályozza). és így hatással van a közérzetre, a koncentrációra stb., ha bizonyos expozíciós értéket túllép. A CO₂-t térfogatszázalékban vagy ppm-ben mérik. A normál kültéri levegő napjainkban körülbelül 0,04 térfogatszázalék CO₂-t vagy 400 ppm-et tartalmaz. Azonban városi környezetben a koncentráció szintje sokkal magasabb lehet (450...700 ppm) a járművekből, fűtőberendezésekből stb. származó kipufogógázok miatt.

CO₂ koncentráció (ppm)

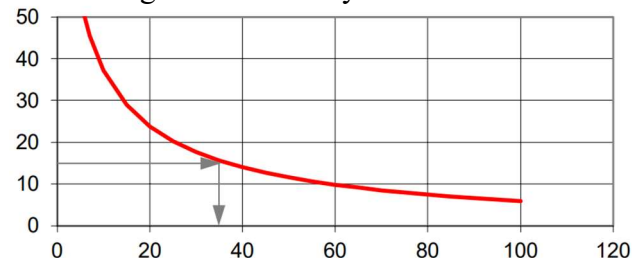
400-450	koncentráció a normál kültéri levegőben,
450-700	városi környezetben gyakran magasabb
1000	a helyiségbe belépők 20 %-a elégedetlen a levegő minőségével.
1500	a helyiségekben megengedett határérték
2000	fejfájást okozhat az arra érzékenyeknek
4000	maximális értékek az osztálytermekben a tanórák után
5000	MAK ¹⁵ -érték (megengedett maximális munkahelyi koncentráció)
100 000	Gyertya elalszik a szobában, eszméletvesztést okoz

Érzékelt levegőminőség

Az érzékelt levegőminőséget tesztlányok segítségével határozzák meg, hogy közülük hányan elégedetlenek a levegőminőséggel (elégedetlenek aránya). Az értékeket a kültéri friss levegő 1 főre eső mennyiségével adják meg.

felvett.

PD % elégedetlenek aránya %-ban



1 főre eső kültéri friss levegő mennyisége m³/h

(Forrás: Siemens)

Klímatechnikai levegő

Az abszolút száraz levegő sok összetevőt tartalmaz, melyek a levegő kezeléséhez szükséges számítások elvégzését lehetetlenné tenné, ezért a klímatechnikai levegőt úgy képzeljük, mintha csak két anyag keveréke volna, azaz

A klímatechnikai levegő: abszolút száraz levegő és kondenzálódó vízgőz keveréke

¹⁵ MAK érték, jelentése maximális munkahelyi koncentráció

Gőznyomás:

Ha a száraz levegő vízfelülettel érintkezik, vízgőz formájában nedvességet vesz fel. A víz hőmérsékletétől függően kialakul a vízgőz résznyomása, a $p_{\text{vígőz}}$ gőznyomás.

A vízgőz és levegő keverék $p_{\text{össz}}$ össznyomása a száraz levegő $p_{\text{levegő}}$ és a vízgőz $p_{\text{vígőz}}$ résznyomásából tevődik össze.

A $p_{\text{vígőz}}$ gőznyomás a Mollier $h - x$ diagramból leolvasható.

Telített levegő:

Ha egy adott hőmérsékleten a levegő már nem tud több vízgőzt felvenni. A vízgőz résznyomása ekkor a p_s telítési nyomás.

Vízgőz diffúzió:

Egy fal két oldalán a vízgőz résznyomások különbsége a vízgőz diffúzió mértéke.

Abszolút nedvességtartalom:

x (gramm víz/kg levegő) 1kg levegőben ténylegesen jelenlévő vízgőzmennyiség tömege gramm-ban kifejezve.

$$x = \frac{m_{\text{vígőz}} \text{ (g)}}{m_{\text{levegő}} \text{ (kg)}} \quad (\text{g/kg})$$

Relatív nedvességtartalom, relatív páratartalom:

φ (%) a levegőben jelenlévő vízgőz $p_{\text{vígőz}}$ résznyomása és a telítési p_s résznyomás aránya %-ban kifejezve, egy adott hőmérséklet mellett.

A vízgőzzel telített levegő, mely további nedvességet már nem tud felvenni, relatív nedvességtartalma $\varphi=100\%$

A telítettségi fok a tényleges vízgőztartalom, $x_{\text{tényleges}}$ és a telítési vízgőztartalom, $x_{\text{telítési}}$ aránya, %-ban kifejezve, azaz

$$\psi = \frac{x_{\text{tényleges}} \text{ (g/kg)}}{x_{\text{telítési}} \text{ (g/kg)}} \cdot 100\% \quad (\%)$$

Levegő sűrűsége:

A levegő sűrűsége az abszolút száraz levegő és a vízgőz sűrűségéből tevődik össze.

A gáztörvény és a Dalton törvénye alapján számítható.

Közelítő értékei a gyakorlatban:

Meleg levegő sűrűsége (20°C) $\rho=1,2 \text{ kg/m}^3$ „nyári üzem”

Hideg levegő sűrűsége (0°C) $\rho=1,3 \text{ kg/m}^3$ „téli üzem”

Entalpia:

A gázok hőközlés hatására kitágulnak, munkát végeznek és nő a belső energiájuk is.

A térfogati munka és a belső energia összegét entalpiának nevezzük. A gyakorlatban entalpia különbséggel számolunk. Az abszolút száraz $x=0\text{g/kg}$ és 0°C-os levegő tekintjük az entalpia 0

pontjának. Ettől magasabb nedvességtartalmú és hőmérsékletű levegő entalpiája pozitív, ettől kisebb nedvességtartalmú és hőmérsékletű levegőé negatív.

Entalpia: h (kJ), Entalpia különbség: Δh (kJ)

Hőmérséklet:

Hőmérséklet: T (°C), hőmérséklet különbség: ΔT (K)

Kétféle hőmérsékletet különböztetünk meg, a száraz hőmérővel mért hőmérsékletet, az úgynevezett „száraz” hőmérsékletet és a nedves muszlindarabbal¹⁶ körbetekert érzékelőjű hőmérővel mért „nedves hőmérsékletet. A két hőmérő által mutatott hőmérséklet akkor



egyezne meg, ha a muszlindarabból a víz nem tud elpárologni a nedves hőmérőn, mert a levegő vízgőzzel telített állapotban van. Ilyenkor a hőmérők által mutatott érték a harmatponti hőmérséklet.

Ha a levegő nincs telített állapotban, akkor a párolgás mértéke, arányos a levegő telítettségi fokával és a nedves hőmérő alacsonyabb hőmérséklet értéket fog mutatni.

A két hőmérsékletérték különbsége az ún. pszichrometrikus hőmérséklet különbség.

A pszichrometrikus hőmérséklet különbségből és a száraz hőmérsékletből meghatározható a levegő relatív páratartalma a Mollier $h-x$ diagram segítségével vagy az ún. pszichrometrikus táblázattal.

Assmann-féle aspirációs pszichrométer egy egymásmelletti fémcsövekben elhelyezett száraz és nedves hőmérő, melyek mellett a levegőt egy kis szerkezet által áramlik a levegő.

Nyomás:

A nyomás, felületegységre jutó erő. Az SI mértékegységrendszer szerint $1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa}$ (Pascal)
A tengerszinten mérhető légnyomás 1,013 bar atmoszferikus nyomás.

$1,013 \text{ bar} = 1013 \text{ mbar} = 760 \text{ Hgmm} = 1 \text{ atm}$

$1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa} = 1000 \text{ hPa}$ (hekto Pascal)

$1 \text{ mbar} = 100 \text{ Pa}$

1 mmWS (1mm vízoszlop) = $10 \text{ Pa} = 10 \text{ hPa}$

10 mWS (10m vízoszlop) = 1bar (megközelítőleg)

¹⁶ Muszlin, finomszövésű, vékony, jó légáteresztő pamutszövet

Harmatpont:

A levegőt lehűtve elérjük a telítési állapotot. Ekkor a vízgőz résznyomása megegyezik a telítési vízgőz nyomással. Ekkor a relatív páratartalom $\varphi=100\%$. Ez a hőmérséklet, melyre a levegőt lehűtve, telítési állapotba került, harmatpontnak nevezzük.

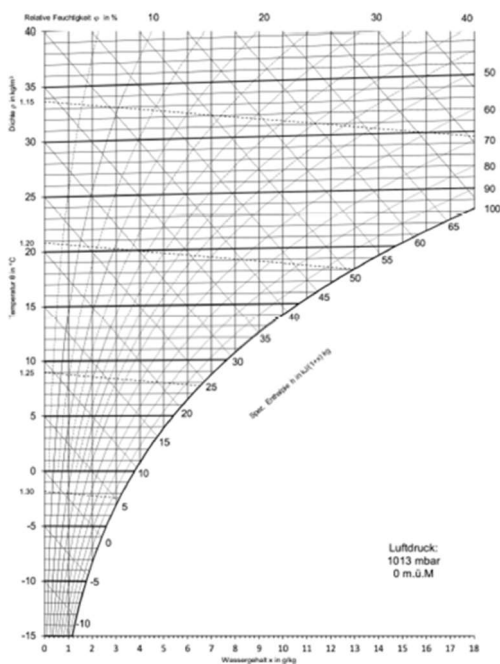
Fajhő, fajlagos hőkapacitás:

A fajhő azt a hőmennyiséget adja meg, amely az anyag 1kg-jának 1K hőmérsékletváltozását idézi elő. Szilárd anyagoknál a hőmérséklet hatására változik. Gázoknál azonban a nyomás hatására is. Éppen ezért megkülönböztetjük az állandó nyomáson vagy az állandó térfogaton mért fajhőt, így a levegő esetében is. A gyakorlatban azonban az állandó nyomáson mért fajhőt használjuk. Az abszolút száraz levegő állandó nyomáson és 20°C-on mért fajhője: $c_p=1,01\text{kJ/KgK}$, a gyakorlat számára elegendő pontosságot ad:

A levegő fajhője a gyakorlatban: $c_{\text{levegő}}=1\text{kJ/KgK}$

1.2. Mollier h-x diagram

A légtechnikai számítások megkönnyítésére szolgál a Mollier h-x diagram (újabbban csak h-x diagram), mely tartalmazza a levegő állapotjelzőit adott nyomáson (száraz hőmérséklet, abszolút és relatív páratartalom, sűrűség, entalpia). A diagramnak különféle ábrázolási módjai vannak, az európai ábrázolási módokat láthatjuk az alábbi ábrán.

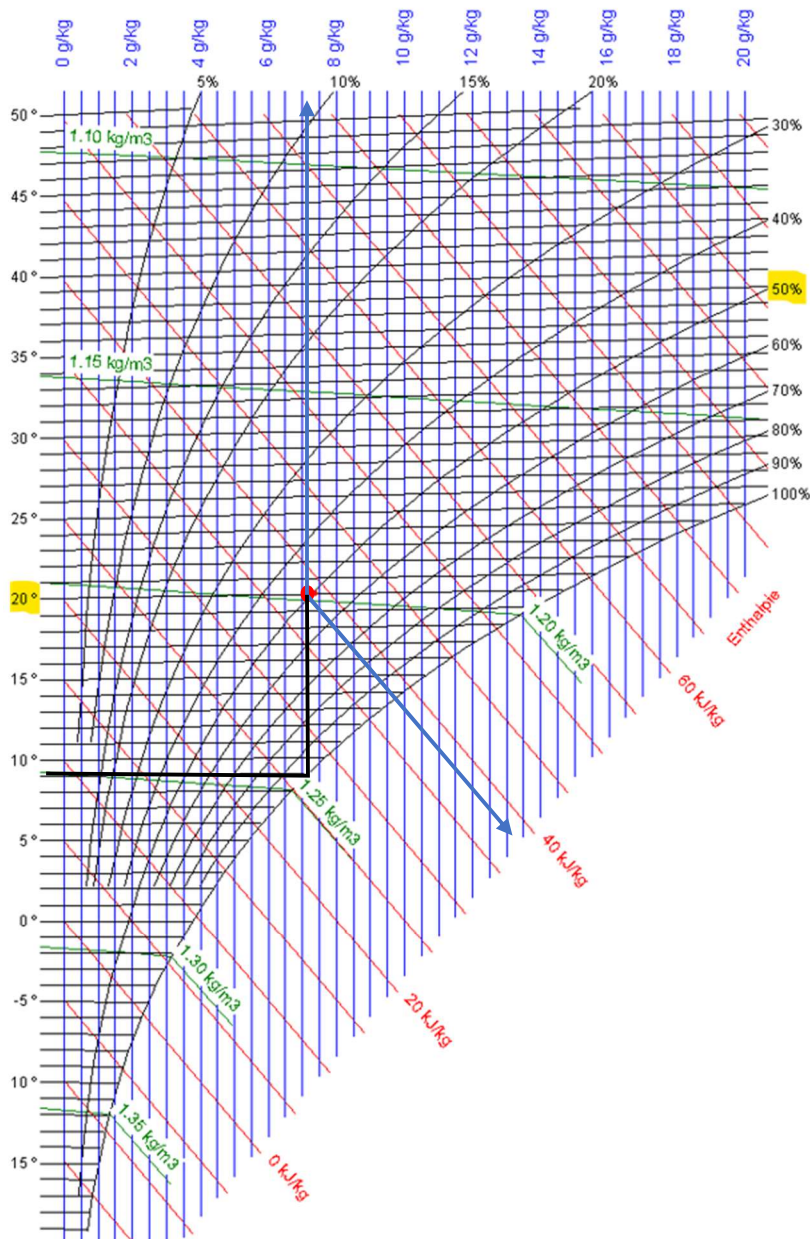


Európai Mollier h-x diagram

(Forrás: Siemens)

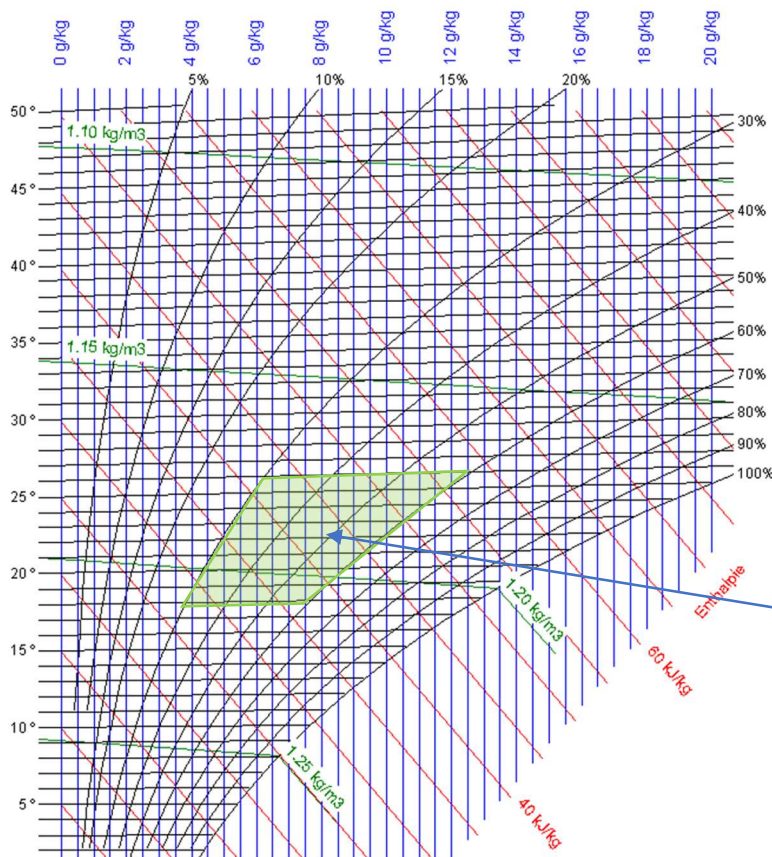
1.3. Légállapotok ábrázolása a Mollier h-x diagramban

Ábrázoljunk egy adott légállapotot a h-x diagramban. A hőmérséklet (száraz hőmérővel mért hőmérséklet) $T=20^{\circ}\text{C}$ és a relatív páratartalom $\varphi=50\%$. Leolvashatjuk az x abszolút nedvességtartalmat és a h entalpia értékét. Megközelítőleg $x=7\text{g/kg}$, $h=38\text{kJ}$ adódik a diagramból. Határozzuk meg a harmatpontot. A harmatpont az a hőmérséklet, melyre lehűtve a levegőt elérjük a 100% telítési görbét. A kijelölt pontból lefelé haladunk a 100% telítési görbéig majd ahol elérjük, balra leolvassuk a hőmérséklet skálán a harmatpontot. Itt a harmatpont értéke $\tau=9^{\circ}\text{C}$.



1.4. Komfort zóna

Az ember komfortos közérzetét a megfelelő légállapot biztosítja. A levegő hőmérséklete és páratartalma alapvetően meghatározza a komfortos közérzetet. Az a hőmérséklet tartomány és páratartalom, amelynél az emberek többsége komfortosan érzi magát, komfort zónának nevezzük. Ez a tartomány körülbelül $T=18..26^{\circ}\text{C}$ és $\varphi=30..60\%$ közé tehető. A későbbiekben látni fogjuk, hogy a komfortos hőmérséklet és páratartalom, azaz komfort megítélése emberenként változó, szubjektív tényező. A komfort zónát a diagramban ábrázoltuk. Amennyiben az ember által használt helyiségekben a közérzet nem komfortos, azaz a légállapot nem esik a komfort zónába, úgy a légállapotot módosítani szükséges.



Az emberi közérzet
komfort zónája
a Mollier h-x diagramban

1.5. Légállapot változások a Mollier h-x diagramban

A komfortos légállapot megteremtéséhez a helyiségek légállapotát módosítani kell. Az alábbi légállapot változtatások lehetségesek:

- Hűtés
- Fűtés
- Nedvesítés
- Szárítás
- Keverés

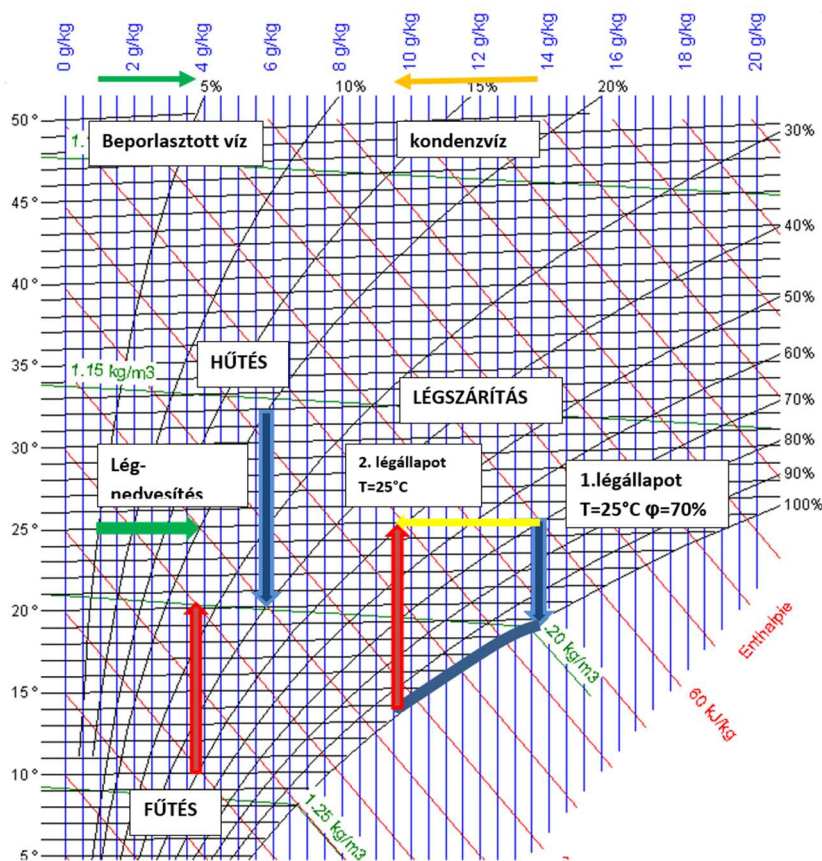
A felsorolt valamennyi légállapot változást ábrázoltuk a Mollier h-x diagramban. Ezt lehet látni a következő ábrán.

A helyiségben adott légállapot pontjából kiindulva, hűtésnél függőlegesen lefelé, fűtésnél felfelé, nedvesítésnél vízszintesen jobbra, szárításnál vízszintesen balra mozdul el a légállapot.

Hűtés harmatpont alatti hőmérsékletre

Hűtés esetén, mindaddig nincs kondenzvíz kicsapódás, amíg el nem érjük a harmatpontot. Ha hűtés esetén a levegő hőmérséklete a harmatpont (τ) alá csökken, akkor a harmatpont elérése után a hőmérséklet csökkenés (függőlegesen lefelé) elmozdulás csak úgy történhet, hogy közben a 100% páratartalmú telítési görbén maradunk, míg elérjük a kívánt hőmérsékletet. Ekkor a kondenzvíz kicsapódása mellett a $\phi=100\%$ telítettségi állapotban, a lehűtött levegő hőmérsékletén vagyunk.

Ilyen módon működnek a légszárítók (háztartási vagy ipari). A levegőt a hűtőgép léghűtőjén keresztüláramoltatva harmatpont alá hűtjük majd ugyanannak a hűtőgépnek a kondenzátorával visszafűtjük a levegőt az eredeti hőmérsékletre. A harmatpont alatti hőmérsékletű hűtést esnél a kondenzvíz kicsapódás miatt a levegőből hiányozni fog a kicsapott vízmennyiség és visszafűtve az eredeti hőmérsékletre, alacsonyabb relatív páratartalmat érünk el. Ennek a folyamatát látjuk a diagramban a szárítás címkével.



1.6. Számítások a Mollier h-x diagram használatával

1. Példa

Egy helységet szellőztetünk központi szellőztető berendezéssel. A ventilátor légszállítása $V=2000 \text{ m}^3/\text{h}$, a beszívott külső levegő hőmérséklete $T=30^\circ\text{C}$ és páratartalma $\varphi=40\%$. Mekkora Q_0 hűtőteljesítményű hűtőegységre van szükség, ha a helyiségbe befűjt levegő állapotát $T=20^\circ\text{C}$ -ra szeretnénk módosítani? Mekkora ekkor a helyiségbe befűjt lehűtött levegő relatív páratartalma (φ) ?

Megoldás:

1. lépés az áramló levegő tömegének a meghatározása

A beszívott levegő meleg, azaz nyári üzemről van szó, így a levegő sűrűsége $\rho=1,2\text{kg}/\text{m}^3$. A beszívott levegő tömege ebből kiszámítható:

$$m_{\text{levegő}} = \rho \cdot V = 1,2 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot 2000 \text{ m}^3/\text{h} = 2400 \text{ kg}/\text{h}$$

2.lépés a Mollier h-x diagramban a kiinduló (beszívott meleg levegő) légállapotának ábrázolása. ->1.Légállapot

3.lépés a Mollier h-x diagramban a lehűtött (helyiségbe befűjt hideg levegő) légállapotának az ábrázolása. -> 2. Légállapot

4.lépés a Mollier h-x diagramban az 1. és 2. légállapot entalpia különbségének a meghatározása, azaz a h_1 és h_2 entalpiakülönbség $\Delta h=h_1-h_2$ kiszámítása. $\Delta h=10\text{kJ}$.

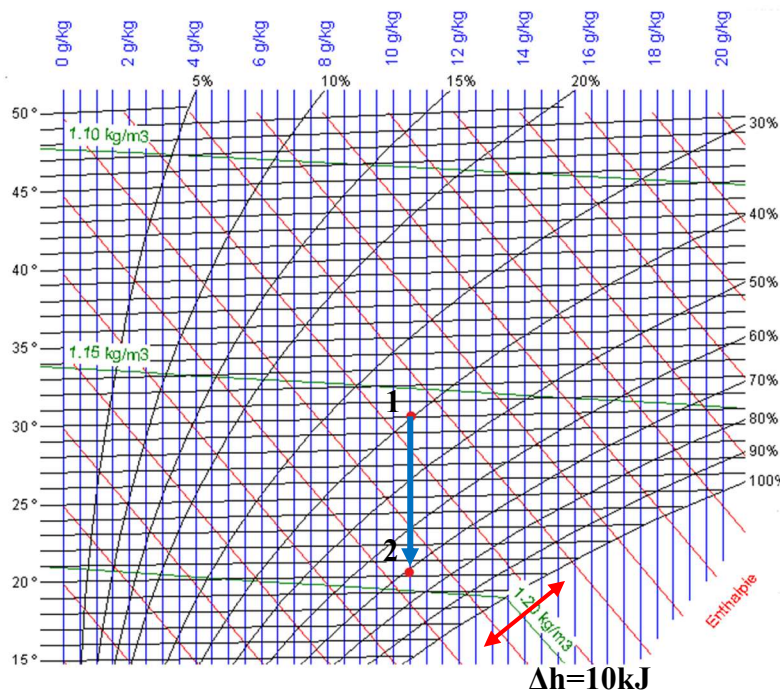
5. lépés a szükséges óránkénti hőmennyiség kiszámítása.

$$Q_0 = m_{\text{levegő}} \cdot \Delta h = 2400 \text{ kg}/\text{h} \cdot 10 \text{ kJ} = 24000 \text{ kJ}/\text{h}$$

6. lépés kJ átszámítása kWh -ba. $1\text{kWh}=3600\text{kJ}$, így

$$Q_0 = 2400 \text{ kJ}/\text{h} / 3600 = \mathbf{0,67 \text{ kW}}$$

7. lépés a diagramból egyszerűen leolvasható a 2. légállapotban a relatív páratartalom, $\varphi=70\%$ látható a diagramban.



1. Példa

Egy helységet szellőztetünk központi szellőztető berendezéssel. A ventilátor légszállítása $V=1000 \text{ m}^3/\text{h}$, a beszívott külső levegő hőmérséklete $T=30^\circ\text{C}$ és páratartalma $\varphi=60\%$. Mekkora Q_0 hűtőteljesítményű hűtőegységre van szükség, ha a helyiségbe befűjt levegőállapotát $T=20^\circ\text{C}$ -ra szeretnénk módosítani? Mekkora ekkor a helyiségbe befűjt lehűtött levegő relatív páratartalma (φ) ?

Megoldás:

1. lépés az áramló levegő tömegének a meghatározása

A beszívott levegő meleg, azaz nyári üzemről van szó, így a levegő sűrűsége $\rho=1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$. A beszívott levegő tömege ebből kiszámítható:

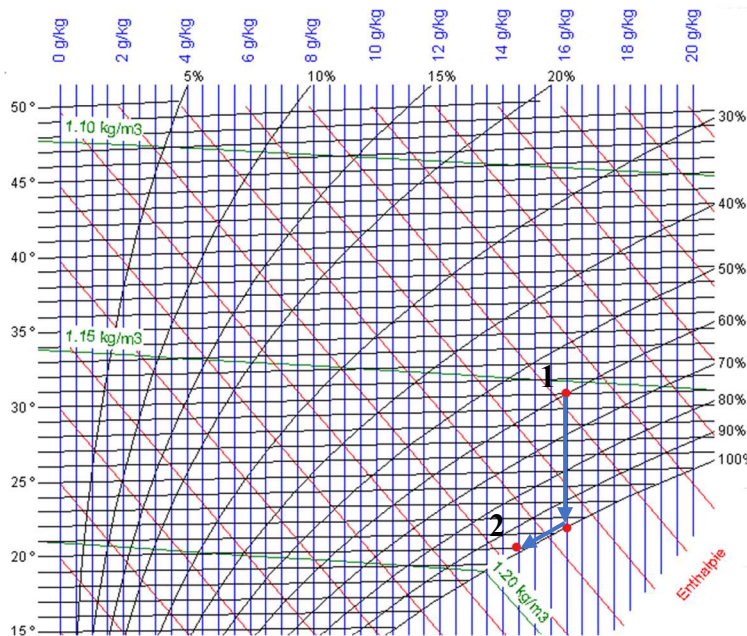
$$m_{\text{levegő}} = \rho \cdot V = 1,2 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot 1000 \text{ m}^3/\text{h} = 1200 \text{ kg}/\text{h}$$

2.lépés a Mollier h-x diagramban a kiinduló (beszívott meleg levegő) légállapotának ábrázolása. ->1.Légállapot

3.lépés a Mollier h-x diagramban a lehűtött (helyiségbe befűjt hideg levegő) légállapotának az ábrázolása. -> 2. Légállapot

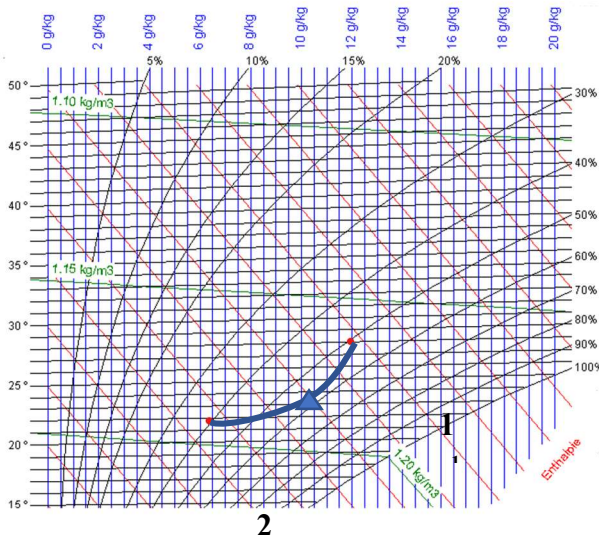
4. lépés a levegőt az 1 légállapotból kiinduló lehűtés során elérjük a 100% telítési görbét már $T=21,5^\circ\text{C}$ -nál. (Ez a hőmérséklet a 30°C -os és 60% páratartalmú levegő harmatpontja). A harmatpont alá történő hűtés esetén kondenzvíz csapódik ki. Ennek mennyisége meghatározható, ha az 1. légállapothoz tartozó abszolút légnedvességtartalomtól (x_1) kivonjuk a 2. légállapothoz tartozó abszolút légnedvesség tartalmat (x_2). A két abszolút légnedvesség tartalom közötti különbség a Δx .

A diagramból $x_1=16 \text{ g/kg}$ és $x_2=14,5 \text{ g/kg}$, tehát a különbség $\Delta x=16-14,5 \text{ g/kg}=1,5 \text{ g/kg}$.
 A diagram értékei mindig 1 kg levegőre vonatkoznak, tehát az összes levegőből kicsapódó kondenzvíz mennyisége $m_{\text{víz}}= m_{\text{levegő}} \cdot \Delta x = 1200 \text{ kg/h} \cdot 1,5 \text{ g/kg} = 1800 \text{ g/h}$ azaz **1,8 liter/h** vízmennyiség kondenzálódik ki a levegőből. Mivel a levegő telítési állapotban van a relatív páratartalom $\varphi=100\%$.



1.7. Lehülési görbe

Hőcserélőkben és hűtő kaloriferekben a levegő lehülése egy ún. lehülési görbe mentén zajlik le. Ezt ábrázoltuk az alábbi Mollier $h-x$ diagramban. Miközben a hőcserélőn átáramlik a levegő, egy részéből kondenzvíz csapódik ki, miközben a levegőáram egy másik részéből nem. A két levegőáram keveredik a hőcserélő kilépő oldalán és a kevert levegő egy kisebb abszolút légnedvesség tartalommal lép ki, mint amekkora abszolút légnedvesség tartalma a beszívott levegőnek volt.



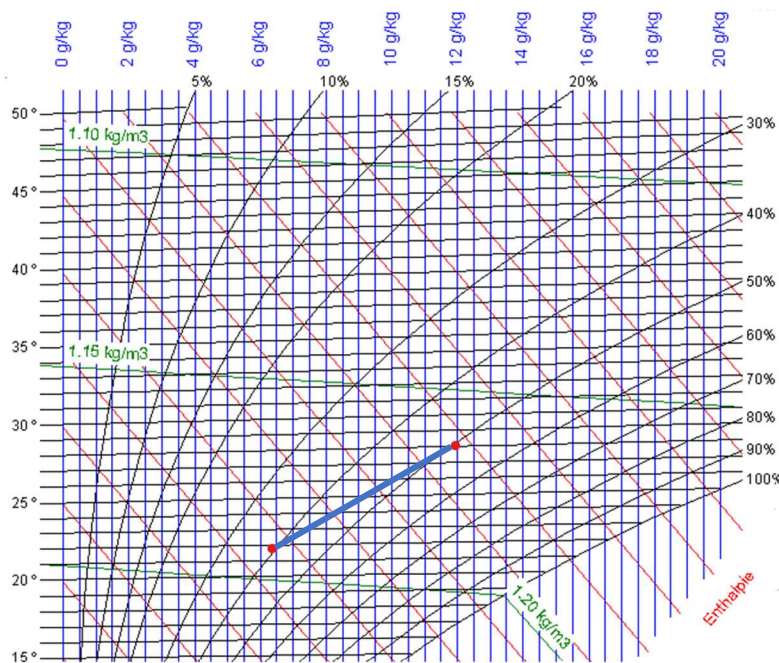
Lehülési görbe

1.8. Keveredési szabály

Különböző légállapotú levegőáramok keverése

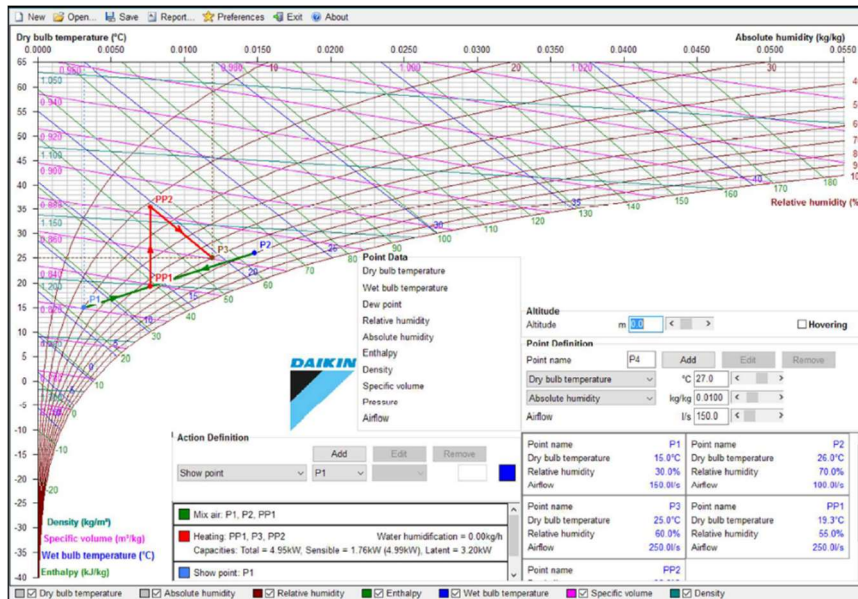
Különböző légállapotú levegőáram keverését ábrázoltuk a Mollier h-x diagramban. A keveredési szabály értelmében a kétféle kevert légáram légállapotát (1. és 2. légállapot) a Mollier diagramban ábrázolva, a légállapotokat összekötő egyenesen található a kevert légállapot (3. légállapot), mégpedig az összekötő egyenest olyan arányban felosztva, amilyen mennyiségi arányban a két légállapotú levegőáramot összekeverjük.

Ha a levegőáramokat 50-50%-ban keverjük, akkor az egyenes felezési pontjában található a kevert levegő légállapota. Ha a keverési arány ettől eltérő, akkor pedig az egyenest úgy kell felosztani, hogy a nagyobb bekevert levegőáram tulajdonságaihoz lesz közelebb a kevert levegő légállapota.



1.9. Számítógép szoftver

A légállapotok ábrázolására a Mollier h-x diagramban, valamint a légállapot változások számítására számítógépes szoftverek állnak rendelkezésre. Ilyen szoftver a Daikin „Psychrometric diagram viewer” nevű alkalmazása. A szoftver képernyőjét láthatjuk az alábbi ábrán, a megadott légállapot változások grafikus ábrázolásával.



2. Központi légkezelő berendezések

2.1. Központi légkezelő berendezések feladata és jellemzőik

A helyiségzellőztetés legfontosabb általános légtechnikai alapelvei:

- Megfelelő levegőmennyiség biztosítása (az elhasznált levegő, széndioxid és szennyezőanyagok eltávolítása a helyiségből)
 - Megfelelő **légcserezéssel** elérhető
- Megfelelő frisslevegő biztosítása (oxigén biztosítása)
 - Megfelelő **frisslevegő aránnyal** elérhető
- Megfelelő légállapot biztosítása a helyiségekben (komfortos közérzet biztosítása)
 - **Légkezeléssel** érhető el
- Megfelelő helyiség levegő átöblítés (megfelelő légvezetés a helyiségben), pangó levegő megszüntetése
 - Megfelelő számú és kialakítású **befúvó anemosztát** alkalmazása
 - Megfelelő **befúvási légsebességekkel** érhető el
- Huzatmentesség (a helyiségben kis légsebességek)
 - Megfelelő helyiség **befúvó készülékekkel** érhető el
- Megfelelő befúvási hőmérséklet (kis hőmérséklet különbség a befúvott és a helyiség levegőhőmérséklet között)
 - Megfelelő **befúvási hőmérséklet** megválasztásával (<5K)
- Zajmentesség (az áramló levegő és a ventilátor zajának csökkentése, a komfortos közérzet biztosítása érdekében)
 - Megfelelő **légcsatorna keresztmetszettel** kialakítható légsebesség betartásával ,
 - Megfelelő **ventilátor fordulatszámmal**,
 - Megfelelő **zajcsillapító eszközökkel és zajszigetelő anyagokkal**,
 - Megfelelő **légcsatorna kialakítással és anyagokkal** érhető el

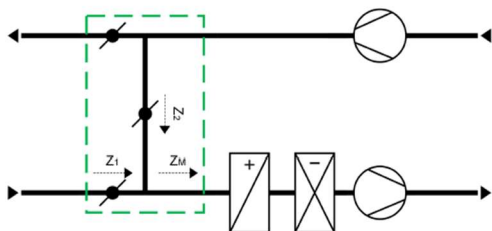
Ezen kívül a légcsatorna kialakításával szemben az alábbi igények is felmerülnek:

- Alacsony energiafelhasználás
- Könnyű beállíthatóság és szabályozhatóság
- Könnyű szerelhetőség
- Könnyű karbantartás,
Higiénia, könnyű tisztíthatóság
- Korrózióállóság,
- Tartósság
- Mechanikai szilárdság
- Környezetbarát anyagok alkalmazása
- Alacsony kivitelezési, létesítési költség
- Bővíthetőség
- Környezettudatos hulladékkezelés (élettartama végén)

2.2.Központi légkezelő berendezések elvi kapcsolási sémái a légállapot változtatások szerint.

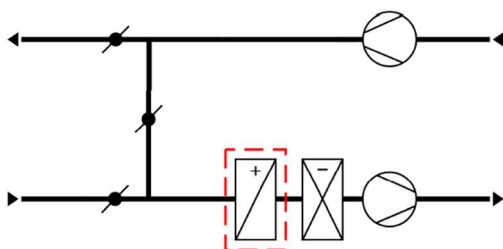
Keverés

Két különböző légállapotú levegőmennyiség keverése. A keverés arányai az összekötő légszelep beállítással változtatható. A beszabályozáshoz mindhárom szelep összehangolt működtetése szükséges. A Mollier $h - x$ diagramban a két légállapotot összekötő egyenes mentén található a keverési arány által meghatározott kevert légállapot.



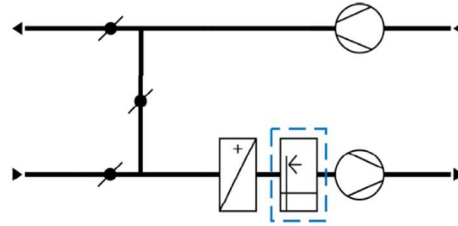
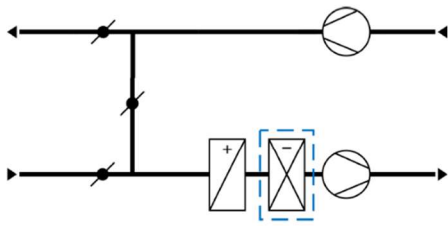
Fűtés

Hőmennyiség bevitel az áramló levegőbe. A Mollier $h - x$ diagramban a légállapot változás függőleges elmozdulást jelent.

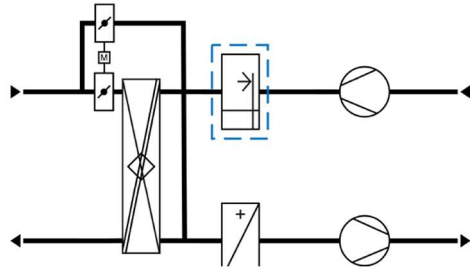


Hűtés

Levegő hűtése hűtő kaloriferrel vagy vízbepermetézéssel a befűvott levegő légáramában



és az elszívott levegőbe történő vízbepermetezéssel

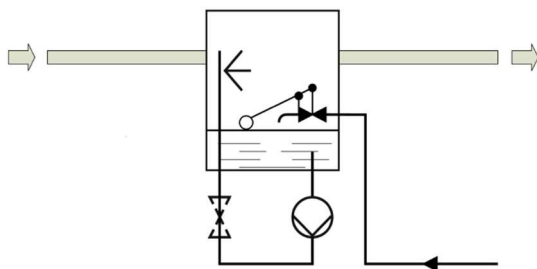


Nedvesítés

A levegő nedvesítése történhet víz bepermetezéssel vagy gőz hozzávezetéssel.

Vízbepermetés esetén szivattyúval keringetett vizet permeteznek a légáramba. A vízpermet egy része elpárolog, egy másik része elpárolgás nélkül csepp formájában a csepptálcában gyűlik össze. A berendezést nagyrészt keringetett vízzel működik, a víz kis részét kell csak pótolni.

A levegőáramban gőzzé alakuló víz a párolgáshoz hőt vesz fel, így a levegő lehűl, ugyanakkor a levegő entalpiája nem változik közben. A légállapot változás az állandó entalpiájú vonalak megy végbe. Az állapotváltozás adiabatikus (állandó entalpiájú). A lehűlő levegőt a nedvesítés után rendszerint fűteni kell, ezért a légkezelőben utófűtő kaloriferre (hőcserélőre) van szükség.



Nedvesítés gőz hozzávezetéssel

Ennél az eljárásnál telített gőzt fűjnek a légáramba. A gőz vagy helyi gőzfejlesztő berendezés vagy távoli gőzforrás (idegengőz) biztosíthatja.

A levegőáramba juttatott gőz növeli a levegő abszolút nedvességtartalmát (és a relatív páratartalmat is), valamint növeli a levegő energiátartalmát, entalpiáját is. Ezért gőzbefecskendezés esetén a levegő nem hűl le, hanem a levegő hőmérséklet kismértékben

emelkedik is, tehát kissé emelkedve felfelé eltér a légállapot vízszintesen jobbra tolódásához képest. Ha a hőmérséklet változás kismértékű, akkor a gőzbevezetéses légnedvesítés közel isterm (állandó hőmérsékletű) légállapot változást jelent.

Légszárítás

A levegő szárítására többféle mód kínálkozik. Ezekí.

- Harmatpont alá hűtés
- Adszorpciós eljárás
- Száraz levegő bekeverésével történő szárítás

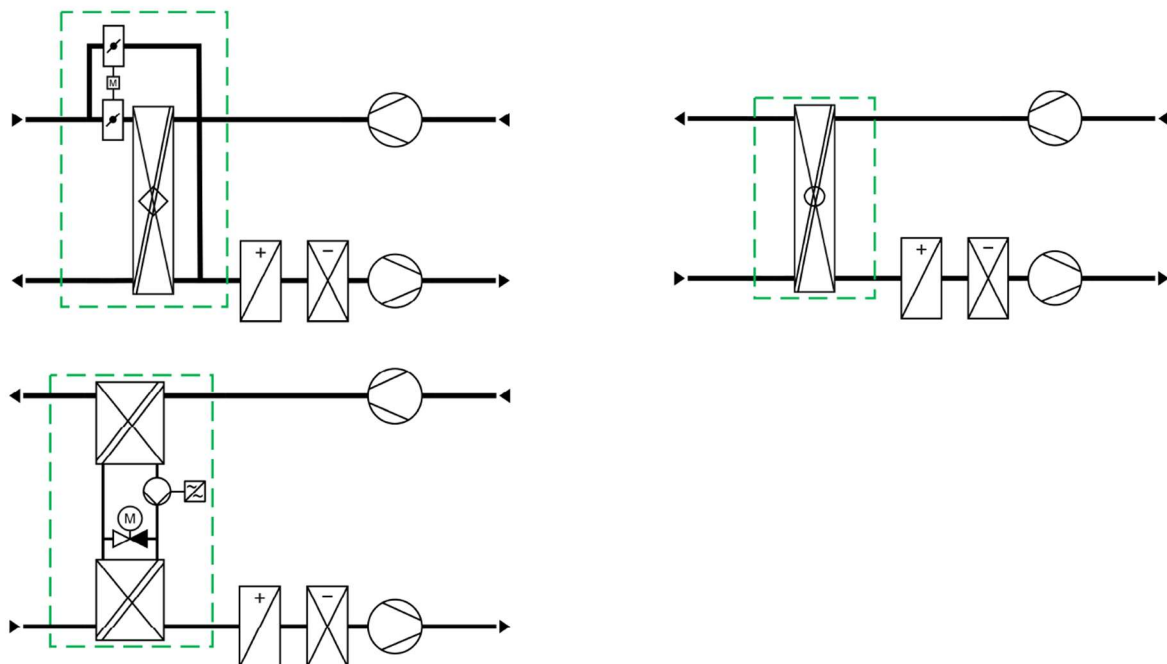
A harmatpont alá hűtés esetén a levegőt a harmatpontja alá hűtjük, olyan mértékben, amíg a kívánt abszolút légnedvesség értéket elérjük, azaz a megfelelő mennyiségű kondenzvíz kicsapása megtörténik, majd a levegőt visszafűtjük az eredeti hőmérsékletre.

Adszorpciós eljárásnál a levegőt nedvességmegtartó anyagot tartalmazó szűrőkön vezetjük át, melyek a felületükön kötik meg a levegő nedvességtartalmának egy részét.

Száraz levegő bekeverésével a keveredés címszó alatt leírtak szerint az eredeti légállapot a bekevert száraz levegő arányában változik, azaz közelebb kerül a bekevert száraz levegő légállapotához. A Mollier diagramban a légállapotot összekötő egyenes mentén, a keverési arányoknak megfelelő pontban alakul ki a kevert levegő légállapota.

Hővisszanyerés

A helyiségből elszívott levegő hőjének hasznosítására többféle lehetőség kínálkozik. Az alábbiakban a leggyakoribb energiavisszanyerési módok kapcsolási vázlatait láthatjuk.



2.3.Központi légkezelő berendezések felépítése, részegységek

A központi légkezelő berendezések alapvetően ventilátort (befúvó és elszívó ventilátort) valamint levegőszűrőket és a ventilátor által keltett levegőáramlásból fakadó zajokat zajcsökkentő egységeket tartalmaznak. Ezeken a részegységeken kívül a felszereltség és kivitel nagyon változó az ellátandó légtechnikai feladattól függően. Aszerint, hogy a kezelt helyiségben a komfortos közérzet biztosításához milyen légállapot változásokat tudnak biztosítani, csoportosíthatjuk a központi szellőztető légkezelő berendezéseket:

- **Szellőztető légkezelő**
Csak az alapvető légáramlást biztosító ventilátor, légszűrő és hangcsillapító részegységeket tartalmazza
- **Hűtő- vagy fűtő- szellőztető légkezelő**
Az alapvető légáramlást biztosító egységeken kívül vagy egy fűtő vagy egy hűtő részegységet, azaz hűtő vagy fűtő kalorifert (hőcserélőt) is tartalmaz
- **Félklíma**
Az alapvető légáramlást biztosító részegységeken kívül hűtő és fűtő kalorifert is tartalmaz. Csak a légnedvesítéshez szükséges egységet nem tartalmazza
- **Klíma**
Az alapvető légáramlást biztosító részegységeken kívül az összes légállapotváltozáshoz szükséges részegységet tartalmazza, azaz hűtő és fűtő kalorifereket (előfűtő- és utófűtő kalorifert is) valamint a légnedvesítést szolgáló légnedvesítő egységet is tartalmazza.

A központi légkezelők rendelkezhetnek hővisszanyerő egységgel illetve keverőkamrával is. A hővisszanyerő a helyiségből elszívott levegő hőtartalmát a környezetből beszívott frisslevegő előkezelésére (előfűtésére vagy előhűtésére) használja fel. A légkeverő kamra a helyiségből elszívott levegő egy részét energiatakarékosság okán visszakeringeti és a környezetből beszívott frisslevegőhöz keveri, ami miatt a friss levegő lehül vagy felmelegszik a keverési aránytól és a levegőáramok kondíciójától függően.

A központi szellőztető légkezelő berendezések részegységei:

- Befúvó ventilátor
- Elszívó ventilátor
- Levegőszűrő (környezetből beszívott levegő szűrésére és a helyiségből elszívott levegő szűrésére, durva, G-szűrő)
- Levegőszűrő (helyiségbe befűjt levegő szűrésére, finom, F-szűrő)
- Zajcsillapító hangtompító
- Hűtő kalorifer
- Fűtő kalorifer (elő- és utófűtő kaloriferek)
- Légnedvesítő (közel izotróp gőzbefúvós és adiabatikus vízbeporlasztásos)
- Cseppelválasztó (vízbeporlasztásos légnedvesítéshez)
- Hővisszanyerő (regeneratív, rekuperatív, közvetítő közeges, hőcsöves vagy hőszivattyús)
- Légkeverő kamra

- Beszívó zsaluk, rezgéscsillapító és légcsatorna összekötő elemek
- Burkolat a szerelő fedelekkkel a karbantartáshoz

2.3.1. Ventilátorok

Csoportosítás kialakításuk módja szerint:

- Radiálventilátor
- Axiálventilátor
- Keresztáramú ventilátor

Csoportosítás alkalmazásuk szerint:

- Radiálventilátor - kis- közepes légszállítás, nagy nyomás
- Axiálventilátor - nagy légszállítás, közepes nyomás
- Keresztáramú ventilátor - kis légszállítás, kis nyomás

Kiválasztásuk fő szempontjai:

- Légszállítás ($V, m^3/h$)
- Szállítási nyomás ($\Delta p, Pa$)
- Helyiség megengedett zajszintje (L_p, dB)



Radiálventilátor



Axiálventilátor



Keresztáramú ventilátor

Ventilátorok hajtómotor teljesítményszükségletének meghatározása

$$P_{villamos} = \frac{V \cdot \Delta p}{3600} \cdot \frac{1}{\eta_{villamos}} \cdot \frac{1}{\eta_{mechanika}} \quad (W)$$

$P_{villamos}$	a hálózatról felvett villamos teljesítmény	(W)
V	légszállítás (levegő térfogatárama)	(m ³ /h)
Δp	ventilátor szállítási nyomása	(Pa)
$\eta_{villamos}$	hajtómotor villamos hatásfoka	(%)
$\eta_{mechanika}$	hajtómotor mechanikai hatásfoka	(%)

Példa

Számítsuk ki annak a villamos motornak a villamos teljesítményét, mely egy ventilátort hajt, a légszállítása $V=1000\text{m}^3/\text{h}$ és szállítási nyomása $\Delta p = 200\text{Pa}$. A villamos motor villamos hatásfoka $\eta_{villamos} = 0,95$, a mechanikai hatásfoka $\eta_{mechanikai} = 0,92$.

$$P_{villamos} = \frac{V \cdot \Delta p}{3600} \cdot \frac{1}{\eta_{villamos}} \cdot \frac{1}{\eta_{mechanikai}} = \frac{1000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 200\text{Pa}}{3600} \cdot \frac{1}{0,95} \cdot \frac{1}{0,92} = 63,6 \text{ W}$$

A tervezés és az üzemeltetés során egyaránt nagyon fontos az, hogy hogyan változik meg a hajtómotor villamos teljesítmény szükséglete a különböző üzemi jellemzők függvényében.

A ventilátorok üzemi jellemzőinek megváltozását és azok hatásait az ún. ventilátor arányossági szabályok adják meg, melyek:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$$

$$\frac{P_{vill1}}{P_{vill2}} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

Példa Számítsuk ki az előbbi példában bemutatott ventilátornak a villamos motor teljesítmény szükségletét, ha a szellőzőcsatorna bővítése miatt szükség van 10%-kal nagyobb légszállításra.

$$V_2 = 1,10 \cdot V_1$$

A légszállítás és a fordulatszám megváltozásának aránya egyenesen arányos egymással, így a nagyobb légszállításhoz nagyobb ventilátor fordulatszám tartozik.

$$n_2 = \frac{V_2}{V_1} \cdot n_1 \quad \text{az új légszállítás a régi } 1,10 \text{ – szerese}$$

Ez egyben azt is jelenti, hogy a ventilátor fordulatszámát 1,10 -szeresére kell növelni pl. ékszíjtárcsa cserével vagy frekvenciaváltóról történő üzemeltetés esetén nagyobb frekvenciájú tápfeszültség beállítására van szükség. Ha pl. a fordulatszám eddig 1500 1/perc volt, akkor az új fordulatszám $1,10 \times 1500$ 1/perc, azaz 1650 1/perc -nek kell lennie.

A szállítási nyomás négyzetesen függ a fordulatszám változás arányától:

$$\frac{n_2}{n_1} = 1,1 \quad 10\%$$

$$\frac{\Delta p_2}{\Delta p_1} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 = 1,10^2 = 1,21 \quad +21\%$$

A villamos hajtómotor teljesítményének változása fordulatszám változás arányától a 3. hatványon függ, tehát:

$$\frac{P_{vill2}}{P_{vill1}} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3 = 1,10^3 = 1,331 \quad +33\%$$

Tehát a ventilátor villamos hajtóteljesítmény igénye az eredeti légszállításhoz képest 10%-kal nőtt, a szállítási nyomás négyzetes összefüggése miatt 21%-kal, a villamos teljesítmény igény 3. hatvány szerint változik és ezért 33%-kal nőtt, annak ellenére, hogy a fordulatszám csupán 10%-kal lett nagyobb!

A ventilátor túlterhelődését ellenőrizni kell a 33%-kal nagyobb áramfelvétel miatt! Nagyobb teljesítmény, nagyobb felvett áramerősséget jelent. Ha a motor névleges áramától ez az áramerősség nagyobb, akkor, akkor motorcsere válik szükségessé, különben a meglévő motor túlterhelődne.

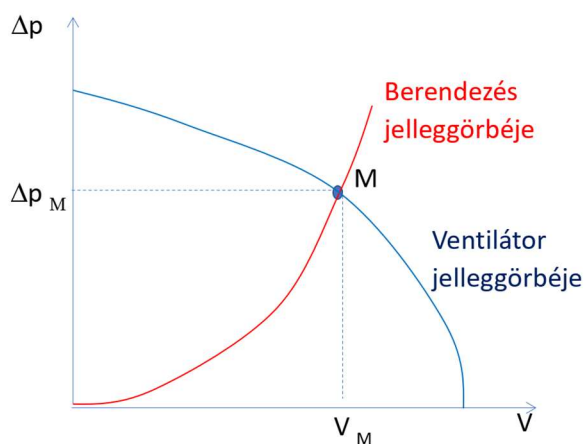
Ventilátorok jelleggörbéje

A ventilátorok jellegzetes üzemi görbét látjuk az alábbi ábrán. A görbe eső jellegű, ezt azt jelenti, hogy a ventilátor nagyobb V légszállítás esetén kisebb Δp szállítási nyomásra képes és fordítva, kis légszállítás esetén nagy légszállításra képes. A ventilátorok teljesítménye e két érték szorzatával arányos, ezért a diagram négyzetes, parabolikus lefutású.

A légszatórnákon, légtechnikai berendezéseken átáramló levegő nyomásesése annál nagyobb, minél nagyobb a légsebesség, azzal négyzetesen arányos, a légsebesség viszont egy adott keresztmetszetű légszatórnában, a V légszállítással arányos, így a ventilátor egy adott V légszállítást csak egyre nagyobb Δp szállítási nyomás mellett tudják biztosítani.

Így kialakul egy munkapont, azaz egy olyan V_a munkaponti légszállítás (levegő térfogatáram), melynél a ventilátor éppen akkora Δp szállítási nyomással tudja továbbítani a levegőt, mint amekkora ellenállással, azaz nyomáseséssel a légszatórna gátolja azt. Az így kialakuló VM légszállítás és Δp szállítási nyomás a ventilátor és a légszatórna közös munkapontja (röviden a ventilátor munkapontja).

Ventilátorok munkapontjának a ventilátor műszaki adataiban megadott üzemi tartományba kell esni. Az üzemi tartományon kívül eső kialakuló munkapont a hajtó villamos motor túlterhelődését vagy instabil munkapontot is eredményezhet, melyet feltétlenül el kell kerülni.



Az M munkapontban a szállított levegő térfogatáramának biztosításához szükséges ventilátor szállítási nyomás és légszatórna nyomásesése éppen egymással egyenlő

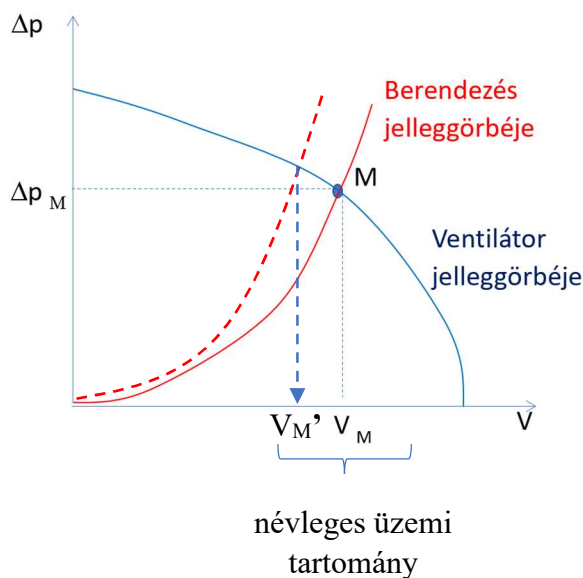
névleges üzemi
tartomány

Munkapont megváltozása

Szellőzőrendszerek egyik legfontosabb jellemzője a helyiségekbe befűjt levegő mennyisége (V). A szállított levegő mennyisége azonban, mint láttuk, nagymértékben függ a légszűrő nyomásesésétől, melyet viszont nagyon sok tényező befolyásol. Az előző részben ismertetett munkapont kialakulásának folyamatán keresztül könnyen érthető a légszűrőn továbbított légmennyiség megváltozása a légszűrő egyes elemeinek, vagy maga a légszűrő egyes jellemzőinek a megváltozása. A nyomásesés növekedését tehát több tényező is befolyásolja. A következőkben erre látunk egy példát.

Eltömődött légszűrő

Légszűrők levegőszűrőinek feladata a levegő szennyezőinek kiszűrése. A szennyező anyagok (pl. por) a szűrő anyagán fennakadnak és csökkentik a szűrő légáteresztő képességét, azaz növelik a légszűrő nyomásesését.



Az eredeti M munkapont eltolódott a kisebb légszállítás irányába az eltömődött szűrő által megnövekedett légszűrő nyomásesés következtében.

Az új munkapontban kevesebb lesz a ventilátor által továbbított levegő mennyisége és a ventilátornak nagyobb nyomás ellenében kell dolgoznia, azaz kisebb V légszállítással és nagyobb Δp szállítási nyomással üzemel tovább. Ha az új munkapont az üzemi tartományon belülre esik, akkor a ventilátor folyamatosan üzemelhet tovább a megváltozott munkapontban. Ha az üzemi tartományon kívülre esik, akkor ventilátor cserére, vagy hajtómotor cserére van szükség.

2.3.2. Ventilátorok szabályozása

A ventilátorok által szállított levegőmennyiségének szabályozására több lehetőség van. A többféle szabályozási mód eltérő energetikai jellemzőkkel rendelkezik.

Ventilátorok légmennyiségeinek szabályozási módjai:

- Fojtásos szabályozás
- Bypass szabályozás
- Terelőlapátos szabályozás
- Frekvenciaváltóval történő szabályozás

Fojtásos szabályozás

Fojtásos szabályozás esetén a ventilátor által kifűjt levegőt egy fojtó légszelep beépítésével gátolják. Hatására megnövekszik a légcsatorna nyomásesése és az új munkapontban a ventilátor nagy szállítási nyomással, kisebb levegőmennyiséget tud csak áramoltatni.

Gazdaságtalan, igen rossz hatásfokú szabályozási mód.

Bypass szabályozás

80-100% -os szabályozást tesz lehetővé. A ventilátor által kifűjt levegőt egy kerülő ún. bypass légcsatornával visszavezetik a ventilátor beszívó nyílásába. A kerülő (bypass) csatornába épített légszeleppel lehet szabályozni a visszakeringtetett levegő mennyiségét és így a légcsatornába jutó levegő mennyiségét. Erre a szabályozási módra csak „meredek” jelleggörbéjű ventilátorok alkalmasak. Ez a megoldás is gazdaságtalan, de jobb hatásfokú, mint a fojtásos szabályozással elérhető.

Terelőlapátos szabályozás

60-100% szállítóteljesítmény szabályozás. A ventilátor beömlőnyílásához illesztett légtelelő lapátos megoldás. A beszívott levegő forgásiránnyal egyező- vagy ellenkező áramlását okozza. Radiálventilátoroknál forgásiránnyal egyező légtelelő lapátokat alkalmaznak. Ez a megoldás sem gazdaságos, mert a légáramlást nehezíti, végső soron a ventilátor járókerekeit lassítja, a munkáját nehezíti, a felvett motorteljesítményt növeli.

Frekvenciaváltóval történő szabályozás

Gazdaságosabb szabályozást tesz lehetővé, mint a Bypass-, fojtásos- vagy a terelőlapátos szabályozás.

Módjai

- Póluspár-váltó (kettős tekercsrendszerrel készült) motor alkalmazása
- Dahlander kapcsolású (átkapcsolható kettős tekercsrendszerrel készült) motor alkalmazása
- Fázishasításos feszültség szabályozással történő szabályozás
- Frekvenciaváltóval táplált motor alkalmazása

2.3.3. Levegőszűrés

Levegőtisztítás - szűrés

A levegőszennyező anyagok lehetnek: por, köd, füst, gőz, gáz. A port kisméretű szilárd részecskék alkotják 1-500 μm között. Osztályozása:

- 10 μm felett **durva** por
- 10 μm alatt **finom** por
- 1 μm alatt **lebegő** por

A légszennyezés mérőszáma a koncentráció, ppm A légkörbe juttatott szennyezést emisszióknak, a beszívott szennyezőanyagokat immiszióknak nevezzük.

A szűrés módjai:

Légszűrők:

1) Mechanikai szűrés (szövet szűrők fémdróttal vagy műanyag szálakkal)

- Durva szűrő

- Finom szűrő

- Lebegőpor szűrő

2) Elektrosztatikus szűrés (10kV egyenáram)

3) Adszorpciós szűrés (pl. aktívszén, zeolit)

Porszűrők:

1) Nedves portalanítók

2) Ciklon

3.) Elektrosztatikus porszűrés

Levegőszűrők jellemzői, leválasztási fok és hatásfok

Leválasztási fok %-os értékét durva (G szűrők) szűrők esetében alkalmazzák. Azt jelenti, hogy a tesztporból leválasztott/átengedett por tömegaránya milyen %-os arányban áll egymással.

Hatásfok %-os értékét finom szűrők (F szűrők) esetében alkalmazzák és a szűrőn átengedett levegőáramba adagolt tesztpor koncentrációját mérik a szűrő előtt és után. A két koncentráció aránya %-ban kifejezve, a szűrő hatásfoka.

ISO 16890 szabvány szerint (2018 július 1-től) a szűrőket 0,3 ... 10 μm ¹⁷ méretű részecskék spektrumában 12 méréssel határozzák meg. A mérések alapján a szűrőket 4 fokozatba sorolják, melynek alapja, hogy az egyes fokozatok az emberi szervezetbe jutó belélegzett levegőben lévő szennyeződést a légszűrőrendszer mely része szűri ki. Így PM1; PM2,5 ; PM10,

¹⁷ Mikrométer, a méter egymilliomod része, azaz 10^{-6} méter, jelölése μm

PM10<100 Coarse (Durva) fokozatokba sorolják a szűrőket, mely fokozatok rendre a vérbe, tüdőbe, torokba, orrba jutó illetve ott kiszűrődő szennyeződés mjelölése.

Szűrők osztályozása

Szűrők nyomáseséseinek gyakorlati értékei:

- DURVA szűrők
Megengedett légsebesség: 1,5 – 3,5 m/s ,
Nyomásesés tiszta / elszennyeződött állapotban: 30-70 Pa / 100-200 Pa
- FINOM szűrők
Megengedett légsebesség: 1-2,5m/s
Nyomásesés tiszta / elszennyeződött állapotban 30-100 Pa / 200 Pa

A levegőszűrők egységes osztályozását és jelölését mutatja a következő ábra:

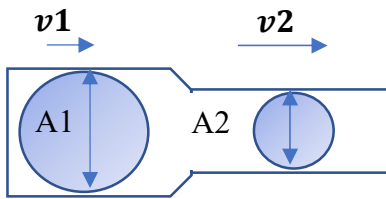
G1	65%	Average value	>5 µm	BS EN779
G2	65–80%	Average value	>5 µm	BS EN779
G3	80–90%	Average value	>5 µm	BS EN779
G4	90%–	Average value	>5 µm	BS EN779
M5	40–60%	Average value	>5 µm	BS EN779
M6	60–80%	Average value	>2 µm	BS EN779
F7	80–90%	Average value	>2 µm	BS EN779
F8	90–95%	Average value	>1 µm	BS EN779
F9	95%–	Average value	>1 µm	BS EN779
E10	85%	Minimum value	>1 µm	BS EN1822
E11	95%	Minimum value	>0.5 µm	BS EN1822
E12	99.5%	Minimum value	>0.5 µm	BS EN1822
H13	99.95%	Minimum value	>0.3 µm	BS EN1822
H14	99.995%	Minimum value	>0.3 µm	BS EN1822
U15	99.9995%	Minimum value	>0.3 µm	BS EN1822
U16	99.99995%	Minimum value	>0.3 µm	BS EN1822
U17	99.999995%	Minimum value	>0.3 µm	BS EN1822

2.4. Légszűrők sebesség és nyomásviszonyai

A folytonossági (kontinuitási) törvény

Légszűrőkben áramló levegő mennyiségének állandóságát fejezi ki. Ha a levegő kisebb vagy nagyobb keresztmetszeten áramlik át, a légsebesség ugyan megváltozik, de az időegységenként átáramló levegő mennyisége mindkét keresztmetszeten állandó marad. Az ábrán egy légszűrő részletet látunk, ahol az áramlás irányában leszűkül az áramlási keresztmetszet. A v_2 nagyobb lesz mint a v_1 , az áramlás felgyorsul. Fordított esetben pedig

lelassulna az áramlás, miközben kisebb keresztmetszetről nagyobb keresztmetszetű légcsatornába jut az áramló levegő.



$$V = v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2 \quad (= \text{állandó})$$

(ezt nevezzük **kontinuitási, vagy folytonossági törvénynek**)

- v légsebesség (m/s)
- A áramlási keresztmetszet (m²)
- V szállított légmennyiség (m³/h)

Kör keresztmetszet kiszámítása:
$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$$

(d, a kör keresztmetszet átmérője)

Téglalap keresztmetszetének kiszámítása:
$$A = a \cdot b$$

a és b a téglalap két oldalhosszúsága)

A Bernoulli egyenlet

A nyugvó levegő nyomása, a légnyomás a föld felszínén elég jó pontossággal 1 bar (=100 000 Pa). Ha azonban a levegő áramolni kezd, nyomásviszonyai megváltoznak és az áramló levegőben más és más nyomást lehet az áramlásának az irányában és az áramlási irányára merőleges irányban mérni. A levegő össznyomása tehát, a fentiek alapján három nyomásösszetevőből áll. A geodetikus (légköri) nyomásból, mely a tengerszint feletti magasság függvénye, a dinamikus nyomásból, mely az áramló levegő áramlásának irányában mért nyomást (ezt torlónyomásnak is hívhatjuk) és a statikus nyomásból, mely az áramlási irányra a légáramban merőlegesen mért nyomás. A három nyomás összege az össznyomás. Össznyomás = dinamikus nyomás +statikus nyomás +geodetikus nyomás. Képlettel írva és a kiszámítás módja:

$$p_{\text{össz}} = p_{\text{dinamikus}} + p_{\text{statikus}} + p_{\text{geodetikus}}$$

$$p_{\text{dinamikus}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \quad p_{\text{statikus}} \quad p_{\text{geodetikus}} = \rho \cdot g \cdot h$$

- p nyomásértékek (Pa)
- v légsebesség (m/s)
- ρ légsűrűség (kg/m³)

- g gravitáció 9,81 (m/s²)
h magasság különbség (m)

A Bernoulli egyenlet és a benne szereplő nyomásösszetevők valamint a kiszámításuk módjának ismeretében lehetőségünk van méréssel meghatározni ezeket illetve további légtechnikai jellemzők meghatározására is mód nyílik.

Ha ismerjük a légsebességet v (m/s), a dinamikus nyomást p_d (Pa) így számoljuk ki:

$$p_d = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2$$

A p_d (Pa) nyomással pedig légcsatorna nyomásesését számolhatjuk a α alaktényezővel:
 $\Delta p = \alpha \cdot p_d$

Ha nem ismerjük a légsebességet v (m/s), akkor a $P_{\text{dinamikus}}$ nyomásból számoljuk ki:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot p_{\text{dinamikus}}}{\rho}}$$

Példa

Mekkora a légsebesség értéke, ha a légcsatornában mért dinamikus nyomás értéke 100 Pa és a levegő hőmérséklete 20°C (az ehhez tartozó légsűrűség 1,2 kg/m³) ?

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot p_{\text{dinamikus}}}{\rho}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 100 \text{ Pa}_{\text{dinamikus}}}{1,2 \text{ kg/m}^3}} = 12,9 \text{ m/s}$$

Légsebesség mérése

A szellőzőlevegő légsebesség és nyomás értékeinek mérésére többféle műszer használatos, újabban az elektronikus mérőműszerek elterjedtek. A légsebesség mérő műszereket anemométereknek nevezzük.

- Szárnykerekű anemométer
- Hődrótos anemométer
- Pitot-Prandtl csöves nyomás és légsebesség mérő műszer
- Statikus és dinamikus nyomás mérésére alkalmas elektronikus műszer
- Nyomáskülönbség mérő műszer

Kürtőhatás

Természetes szellőzésnél, a hideg/meleg levegő sűrűségkülönbségéből eredő „statikus huzat” által kialakuló légsebesség elméleti értéke kiszámítható, ha ismerjük a beáramló és kiáramló levegőhőmérsékletet illetve az ahhoz tartozó levegő sűrűség értékeit (ρ_1 és ρ_2):

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h \cdot (\rho_1 - \rho_2)}{\rho_1}}$$

a létrejövő „statikus huzat” hatására légszállítás valóságos, az áramlási viszonyokat is figyelembe vevő értékét pedig az alábbi képlettel:

$$V = C \cdot v \cdot A \cdot 3600$$

képlettel határozhatjuk meg, ahol c, az áramlási keresztmetszetek nyomásesését figyelembe vevő alaktényező. C értéke 0,6 .. 0,98 körüli érték¹⁸, szögletes, nagy áramlási ellenállású áramlási keresztmetszetek esetén 0,6), a 3600 pedig a másodperc és óra közötti átváltás.

Példa

Gépterem természetes szellőztetését 5 méter magas függőleges légszatórna biztosítja 0,25 m² keresztmetszettel. Mekkora a szellőzőlevegő mennyisége, ha a gépteremben 20°C hőmérsékletnél nem magasabb hőmérséklet szeretnénk biztosítani és a környezeti hőmérséklet téli időszakban 0°C. (Levegősűrűségek: 1,2 és 1,3 kg/m³ ; Légszatórna beáramlás alaki tényezője C = 0,6)

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h \cdot (\rho_1 - \rho_2)}{\rho_1}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 5 \text{ m} \cdot (1,3 - 1,2 \text{ kg/m}^3)}{1,3 \text{ kg/m}^3}} = 2,74 \text{ m/s}$$

$$V = C \cdot v \cdot A = 0,6 \cdot 2,74 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,25 \text{ m}^2 \cdot 3600 = 1483 \text{ m}^3/\text{h}$$

Légszatórnák és csőidomok nyomásvesztése

Légszatórnák és csőidomok nyomásesését az áramló levegő szatórnafalon történő és a levegőt alkotó részecskét egymással történő súrlódása közösen okozza. Súrlódási nyomásvesztés, nyomásesés lép fel. Különösen nagy a nyomásesése durva falú légszatórnáknak és olyan csőhálózati elemeknek, idomoknak, ahol a levegő nagymértékű irányváltásra kényszerül (pl. könyök idomok, ívek, sarkos áramlási keresztmetszetek, szűkületek esetében). A különböző elemeken létrejövő nyomáseséseket mérésel állapítják meg. Légszatórnák csővezetékeinél egy adott csővezeték típusra a légsebesség függvényében adják meg a méterenkénti nyomásesés értékét Pa/m mértékegységgel, csőidomok esetében pedig az ún ellenállásszámot határozzák meg az idom különböző méretjellemző-arányaira (pl. hajlítási sugár/átmérő), mellyel az áramlási sebességtől négyzetesen függő dinamikus nyomással szorozva, megadja az idom nyomásesését.

Csővezetékek nyomásvesztése

Egy adott légszatórna típustól függően gyártói diagramok és táblázatok vagy a gyártó kiválasztó szoftvere segítségével határozható meg.

¹⁸ BME Építészet és energia: A kürtőhatás, 2013 TDK konferencia kiadvány

Csőidomok nyomásvesztésének, nyomásesésének számítása

$$\Delta p = \kappa \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 = \kappa \cdot P_d$$

κ = Zeta (ellenállás szám, alaktényező, mértékegység nélkül)

P_d = Dinamikus nyomás (Pa)

Δp = Nyomásvesztés (Pa)

Befúvó és elszívó zsaluk, rácsok nyomásesése rendszerint 30-40 Pa közötti érték.

Példa

Egy légcsatorna ág nyomásesését szeretnénk kiszámítani. A csatorna egyenes hossza 10m, és tartalmaz 2 darab 3-szegmensből álló 90°-os ívet ($R/D=1,5$), valamint egy befúvó anemosztátot (helyiség légbefúvó szerkezet).

(Az egyenes csatorna nyomásesése 10 Pa/m, az ívek ellenállás-száma $\kappa=0,3$, a levegő sűrűsége 1,2 kg/m³, az anemosztát nyomásesése 20Pa) ?

Az egyenes légcsatorna nyomásesése:

$$\Delta p = 10m \cdot 5 \frac{Pa}{m} = 50Pa$$

Egy ív nyomásesése:

$$\Delta p = \kappa \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 = 0,3 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,2 \frac{kg}{m^3} \cdot \left(5 \frac{m}{s}\right)^2 = 4,5 Pa$$

Az anemosztát nyomásesése:

$$\Delta p = 20 Pa$$

A légcsatorna ág teljes nyomásesése:

$$\Delta p = 50 Pa + 2 \cdot 4,5 Pa + 20 Pa = 79 Pa$$

2.5.Légcsatornák légsebesség értékei

A légcsatornában kialakuló légsebesség érték a szállítandó levegő térfogatáramától és a csatorna áramlási keresztmetszetétől függ. A légsebesség érték viszont meghatározza a csatorna nyomásesését (mely a szükséges ventilátor teljesítményt nagymértékben befolyásolja), de a légsebesség értékétől függ a légcsatornában áramló levegő által keltett zaj is.

Az optimális üzemhez (ventilátor teljesítmény és zaj szempontjából) támpontul szolgálhat a fő és mellécsatornában kialakítandó légsebesség értékére. A tényleges légsebességeket azonban gondos, sok szempontot figyelembe vevő méretezéssel határozzák meg, ami tervezői feladat.

Légsebesség értékek fő- és mellékcsatornáiban:¹⁹

- fő légcsatornák 8 m/s
- mellék légcsatornák és leágazások 5 m/s

2.6. Előírt levegőmennyiség a helyiségekben

Megfelelő levegőmennyiség biztosítása

A helyiségek szellőztetésénél alkalmazott hozzávetőleges értékek²⁰:

- Légcsereszám (L) 6 1/h (óránként 6-szoros levegőcsere)
- Frisslevegő arány (F) 30 m³/h/fő (fejenkénti frisslevegő szükséglet)

Az egyes helyiségek rendeltetésük szerinti hőmérséklet és légmennyiség értékeire a 7/2006 (V. 24.) rendelet tartalmaz előírásokat.

Helyiségek szellőzőlevegő mennyiségét az előbbi adatokkal meghatározhatjuk.

Első lépésben meghatározzuk a kezelendő helyiség térfogatát, majd a légcsereszámmal (L) meghatározzuk a szellőztető levegő teljes mennyiségét.

Második lépésben, a helyiség szokásos használatára figyelemmel, a helyiségben tartózkodó személyek számával és a szükséges fejenkénti frisslevegő mennyiség (F) ismeretében, meghatározzuk a helyiségbe juttatandó frisslevegő mennyiségét.

Példa

Mekkora a szükséges szellőzőlevegő mennyiség annak az irodahelyiségnek, mely 10m x 5m x 3m méretű és a szokásos irodai létszám 8 fő? Készítsünk egyvonalas légcsatorna vázlatot a helyiség szellőztetésére!

Helyiség térfogat: $V_{\text{helyiség}} = 150 \text{ m}^3$

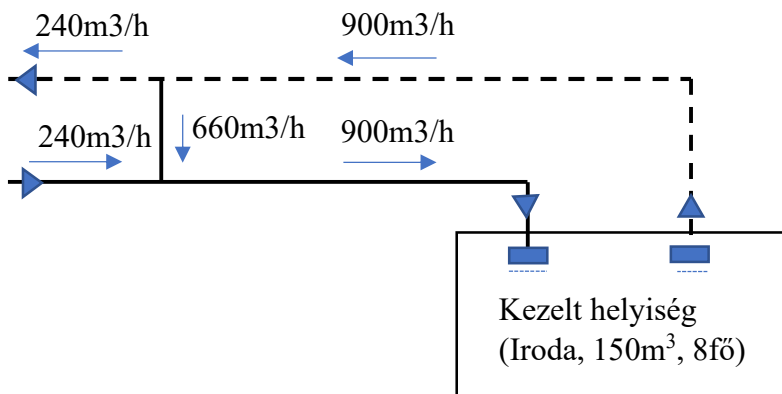
Teljes szellőzőlevegő igény: $V_{\text{szellőző}} = L \cdot V_{\text{helyi}} = 6 \text{ 1/h} \cdot 150 \text{ m}^3 = 900 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

Ebből frisslevegő: $V_{\text{friss}} = F \cdot f_{\text{ő}} = 30 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 8 f_{\text{ő}} = 240 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

¹⁹ A megadott értékek tájékoztató jellegűek (nem előírászerű értékek)

²⁰ Tájékoztató jellegű értékek, a helyiségek szellőzőlevegő előírásait a 7/2006 (V. 24.) TNM „Épületek energetikai jellemzőinek meghatározása” c. rendelet tartalmazza.

Egyvonalas légcsatorna vázlat a szükséges légáramokkal:

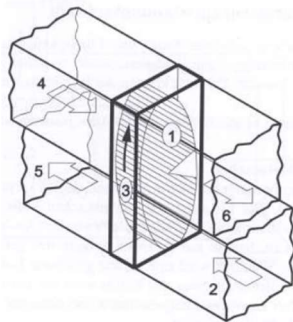


2.7. Hővisszanyerő berendezések

Klímaberendezések üzemeltetési költsége 20-30 % -kal csökkenthető hővisszanyerő berendezések alkalmazásával. Hővisszanyerő berendezések csoportosítása

- Regeneratív hőcserélő
- Rekuperatív hőcserélő
- Közvetítő közeges rendszer
- Hőcső
- Hőszivattyú

Regeneratív hőcserélő



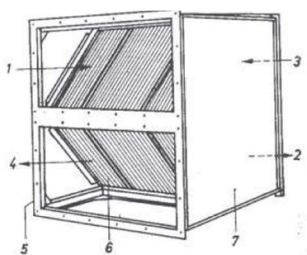
A regeneratív hőcserélő fő eleme a forgó dob, mely sima és hullámos fémlemez egymásra tekerésével készül. Ellenáramban helyezik el a helyiségbe befűjt és onnan kiáramló elhasznált levegő légáramába. A helyiségből kiáramló meleg levegő hőjét a forgás révén a hideg beszívott frisslevegőnek adja le.

Teljesítménytartománya: 0,3 – 42 m³/h

Rotorátmérő: 0,75 – 5,2 m

Hőátvitel: 65-85%

Rekuperatív hőcserélő



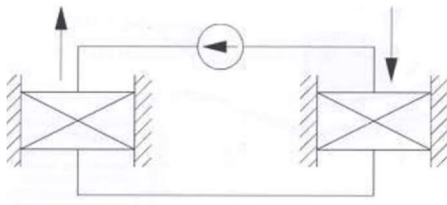
Szorosan egymás mellett elhelyezkedő lemezekből álló hőcserélő paketta, váltakozó légáramú levegőcsatorna kialakítással.

Nincs mozgó alkatrésze, hajtóenergiát nem igényel.

Teljesítménytartománya: 500 – 50 000 m³/h

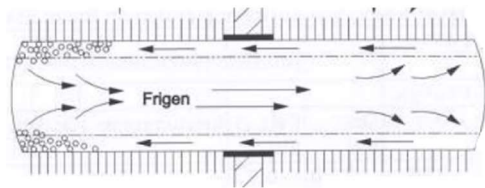
Hőátvitel: 60-70% (száraz) , 85% (kondenzációval)

Közvetítő közeges hővisszanyerő



Az elszívott és frisslevegő csatorna egymástól helyileg távol helyezkedik el. A csatornába telepített lamellás hőcserélők között szivattyúval áramoltatott glikolos közvetítő közeg végzi a hőátvitelt.

Hőcső



A hőcső egy mindkét végén zárt fémcső, melynek belső felülete kapilláris szerkezetű. Az alkalmazási célnak megfelelő hűtőközeggel van feltöltve. Az elszívott meleg levegő elpárologtatja a hűtőközeget és a gőz a beszívott hideg külső levegő hatására kondenzálódik, majd visszafolyik az elpárologtató csőrészbe. A folyamat kezdődik előlről.

Hőszivattyú

(hővisszanyerőként történő alkalmazása)

Az elszívott meleg levegőt az elpárologtatón keresztül hűti, a beszívott friss külső levegőt fűti. Igen jó hatásfokú megoldás, mert a hűtési- és fűtési- teljesítményt is felhasználja. (Szemben a hőszivattyúknál, ahol csak a fűtési teljesítmény kerül felhasználásra, a lehűtött külső levegő kihasználatlan marad.)

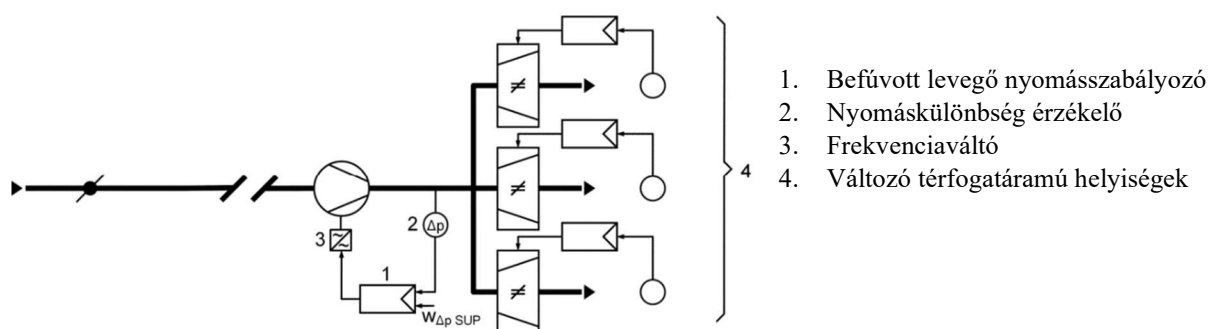
3. Szellőzőlevegő térfogatáram és nyomás szabályozása

Számos nagy rendszerben (pl. központi légkondicionáló berendezés egyedi helyiségvezérléssel) gyakran követelmény, hogy a változó légmennyiséget állandó nyomáson történjen, ellenkező esetben az egyes helyiségek vagy zónák légáramlásának fojtása vagy elzárása által okozott eltérő csatornanyomás a többi helyiség vagy zóna táplevegő-mennyiségáramának megfelelő növekedését okozná, a többi helyiségben vagy zónában a befűvási légmennyiség áramlása és az ezzel járó huzat és zajterhelés is növekedne.

- A ventilátor meghajtó motorjának fokozatmentes fordulatszám-szabályozása
- Pólusváltós villanymotor (fokozatos fordulatszám-váltás)
- Örvényszabályozás: A légáramban, mielőtt belépne a ventilátor járókerékébe, a következők segítségével
- többé-kevésbé erős örvénylés és ezáltal nyomásesés keletkezik a légáramban, mielőtt az belépne a ventilátor járókerékébe.
- Lapátkerék-szabályozás (csak axiálventilátoroknál): A járókerék lapátjainak állásszöge - állítható

- A járókerék lapátjainak állásszöge működés közben folyamatosan állítható a járókerék közepén elhelyezett hajtómű segítségével. (Költséges megoldás nagy ipari ventilátorok esetében)
- Több kisebb ventilátor párhuzamos működtetése egyetlen nagy ventilátor helyett. Ezek a ventilátorok fokozatmentes fojtószelepvezérléssel is felszerelhetők.
- Bypass kerülővezeték alkalmazása A kerülővezeték (bypass) szelep állásától függően a ventilátor által szállított levegő változó része a ventilátor kimenetéről (nyomásoldal) a ventilátor bemenetére (szívóoldal) kerül vissza. Ez nem energiatakarékos, mert a ventilátor

Ha egy elágazó csatornahálózat szakaszait kell fojtani vagy kikapcsolni, anélkül, hogy befolyásolná a működő rendszereket, akkor a táplevegőcsatornát egy bizonyos nyomáson vagy a környezethez képest bizonyos nyomáskülönbségen kell tartani.



Jelenleg elterjedtek az igen jó hatásfokú, energiatakarékos ún. EC motorok (EC= Electronicaly Commutated, elektronikusan kommutált egyenáramú motorok) alkalmazásával kiküszöbölhető a hagyományos aszinkron motoros ventilátorok költséges frekvenciaváltóval történő üzemeltetése.

3.1.Helyiségek légnyomás szabályozása

Ezekkel a szabályozókkal a szellőztetett helyiségben pozitív (túlnyomás) vagy negatív nyomás (depresszió) érhető el a külső levegőhöz és a szomszédos helyiségekhez képest. Egy helyiségben túlnyomás vagy negatív nyomás érhető el pl. a befúvó és elszívó ventilátorok eltérő szállítási sebessége, a levegő változása légcsatorna légellenállása a légcsappantyúk stb. révén.

Ha egy helyiséget túlnyomáson tartunk (túlnyomásos szellőztetési mód), megakadályozzuk a nem kívánt, tisztátalan levegő beáramlását az épület tömítetlen résein keresztül. A pozitív nyomásszabályozást például laboratóriumokban és gyártóhelyiségekben alkalmazzák érzékeny elektronikus, optikai és mechanikai berendezések esetében, valamint kórházi műtőkben (a fertőzések megelőzése érdekében). Bizonyos pozitív nyomás létrehozható például a befúvó levegő térfogatáramának állandó szinten tartásával és a vezérlő a ventilátor

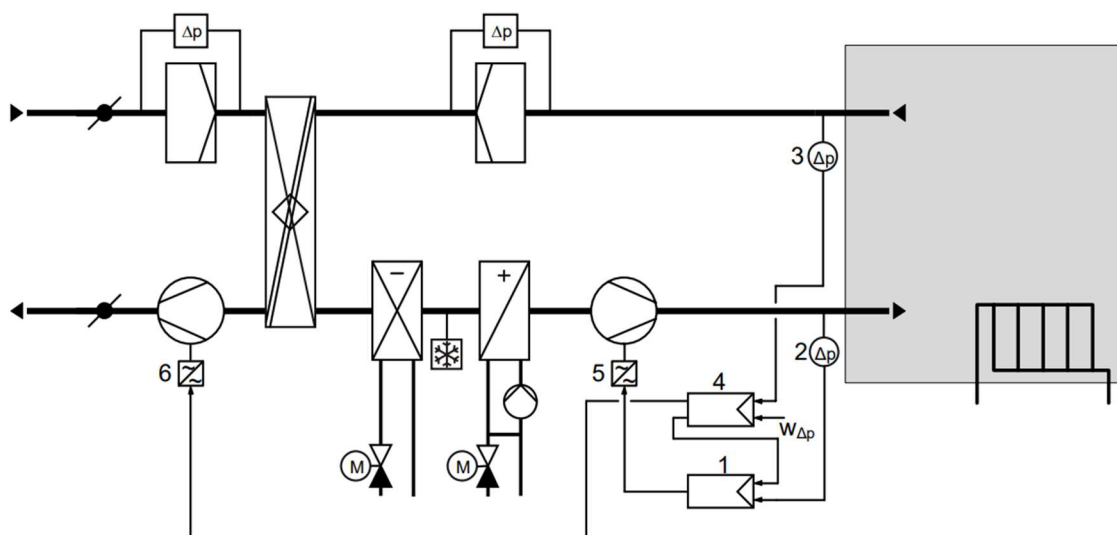
fordulatszámával a kívánt helyiség túlnyomás függvényében állítja be az elszívott levegő térfogatáramát.

Egy helyiség negatív nyomásszabályozásával (depressziós szellőztetési mód) megakadályozható a rossz levegő áterjedése a szomszédos helyiségekbe. Ezért elsősorban olyan helyiségekben használják, ahol a levegő erősen szennyezett pl. gázok, gőzök vagy szagok, mint például konyhák, WC-k, ruhatárak, laboratóriumok, gyártótermek, akkumulátorhelyiségek stb. A kórházi műtőkben a negatív nyomású működés megakadályozza a baktériumok terjedését. A negatív nyomás létrehozásához az elszívott levegőáramot állandó értéken tartják, és a befűvott levegő térfogatáramát a kívánt helyiségben uralkodó negatív nyomásnak megfelelően szabályozzuk.

Alapvetően a sterilnek kell lennie egy helyiségnek (műtő), amelyet túlnyomás alatt tartanak. Ez azonban azt jelenti, hogy az előtt a helyiség előtt, amely negatív nyomás alatt van, egy légszilipet kell elhelyezni annak érdekében, hogy a szennyeződés (baktériumok, kórokozók stb.) ne terjedjen át az épület más zónáiba.

3.2.Szellőzőlevegő térfogatáram szabályozása

A légtérfogatáram-szabályozás például olyan rendszerekben használatos, amelyekben térfogatáramnak állandónak kell maradnia a légszűrő növekvő szennyezettségi foka (= nyomásesés) ellenére, vagy ahol az egyik légtérfogatáram változó, a másikat pedig arányosan kell változtatni. Erre példa egy olyan gyártóüzem, ahol az elszívott levegő térfogatárama gyakran változik a különböző elszívó berendezéseknek köszönhetően. A befűvott levegő térfogatáramát az elszívott levegő térfogatáramával arányosan kell beállítani úgy, hogy az épületben enyhe túl- vagy alulnyomás alakuljon ki.



- 1 Befűvott levegő differenciálynomás szabályozó és 2 érzékelő
- 3 Elnyomott levegő differenciálynomás érzékelő és 4 szabályozó
- 5 Befűvott levegő ventilátorának fordulatszám szabályozója
- 6 Elnyomott ventilátor fordulatszám szabályozója

A stabil szabályozást ebben az esetben is a kaszkádvezérlés biztosítja. A befúvó és elszívó légcsatornában a légtérfogatáram mért értéke a dinamikus nyomás, azaz a teljes nyomás és a statikus nyomás különbsége. A nyomáskülönbséget membrános nyomásérzékelők mérik. A kaszkádvezérlésnél a 2 nyomáskülönbség-érzékelő a beszívott levegő térfogatáramát, a 3 nyomáskülönbség-érzékelő pedig az elszívott levegő térfogatáramát méri.

A befúvott levegő térfogatáramát az 1 szabályozó (segéd- vagy mellékszabályozó) szabályozza az elszívott levegő térfogatáramának függvényében, azaz ha az elszívott levegő térfogatárama változik, vele együtt változik a befúvott levegő térfogatárama is.

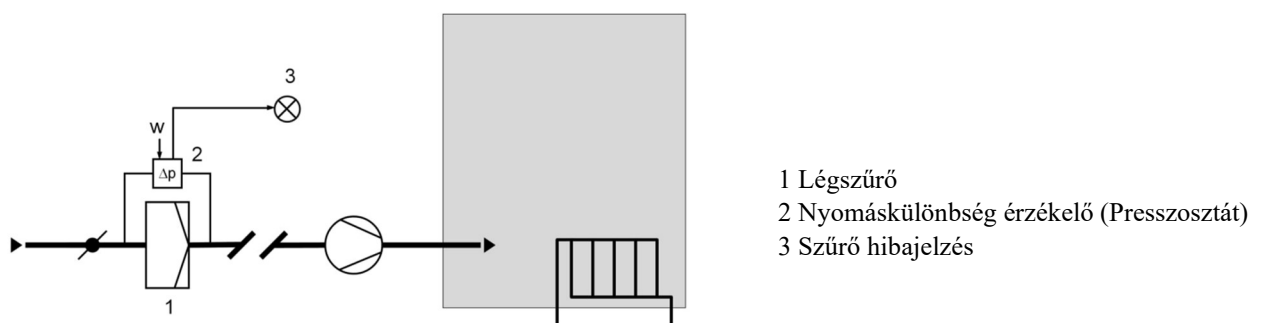
az elszívott levegő térfogatáram-szabályozója (4 fővezérlő) megváltoztatja a befúvott levegő szabályozójának beállítási értékét. Mivel a vezérlőjel az elszívott levegő térfogatárama, mely a befúvott levegő mennyiségét meghatározza a frekvenciaváltó jelének (5) és ezzel a ventilátor fordulatszámának változtatásával, így a kívülről vagy a szomszédos helyiségekből érkező nyomáshatásoknak nincs hatása.

A folyamatos vezérlő (1) összehasonlítja az érzékelő (2) által mért nyomáskülönbséget (a környezeti hőmérséklethez képesti nyomás a csatornában) a beállított értékkel. Eltérés esetén a szabályozó korrigálja a ventilátor szállítási nyomását a fordulatszám frekvenciaváltóval (3) történő beállításával.

3.3. Levegőszűrők telítettségének ellenőrzése

A szűrők visszatartják a külső levegőből származó por szennyeződések, és ezáltal jobb beltéri levegőminőség és kisebb beltéri levegőszennyezettség biztosítható.

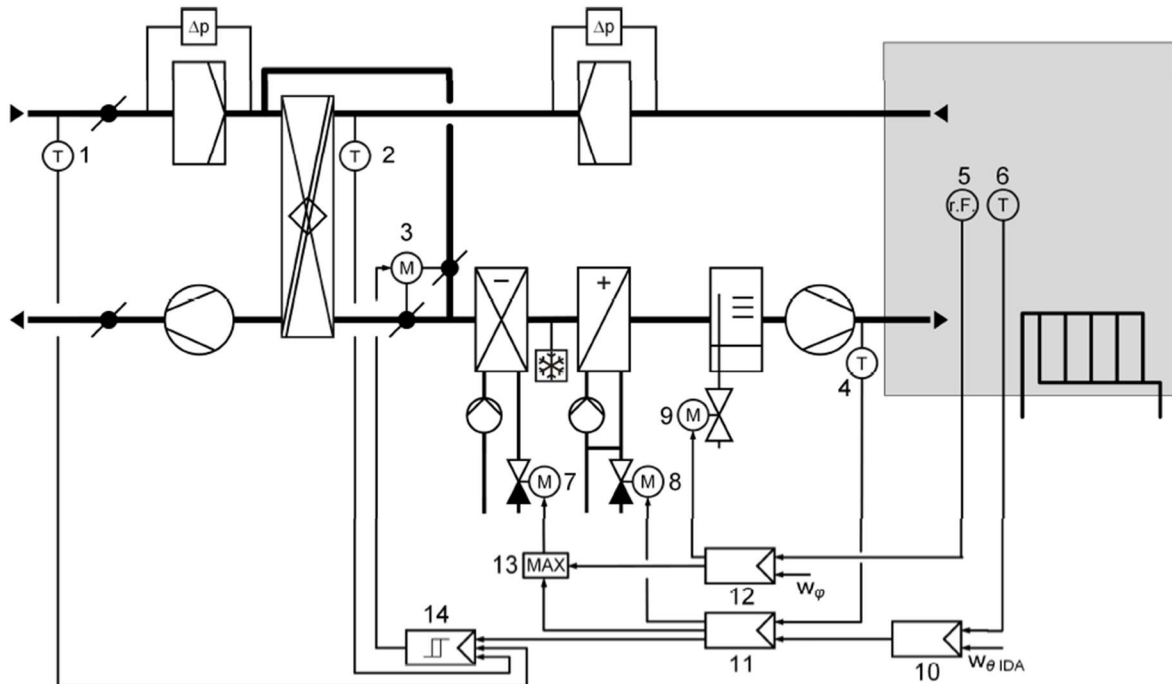
Fontos tényező a szűrőn keresztüli nyomáskülönbség, amely állandó légtérfogatáram mellett - a szűrő szennyezettségének növekedésével - növekszik. A nyomáskülönbség a szűrő szennyezettségi fokának mérőszáma. Ez a nyomáskülönbség nyomáskülönbség-érzékelővel ellenőrizhető. Amint a nyomáskülönbség meghaladja a szűrőfigyelőn beállított határértéket, a szűrőfigyelő jelzi a szűrő szennyezettségét. Ezt hibaként jelzi a rendszer.



Változó térfogatáramú rendszerekben a térfogatáram-szabályozás a légtérfogatáramot állandó értéken tartja a ventilátor fordulatszámának megfelelő növelésével, a szűrő növekvő szennyezettsége ellenére is. Ha a rendszer csökkentett légtérfogatáram mellett üzemel, a ventilátorok aránytalanul nagy sebességgel működnek, amíg a szűrőfigyelő működésbe nem lép, ami felesleges energiafogyasztást jelent. Az ilyen rendszerekben és a két vagy több

ventilátorfokozatú rendszerekben a szűrő ellenőrzése csak akkor lehetséges, ha a rendszert naponta legalább egyszer maximális hangerővel működtetik.

Központi klímaberendezés hővisszanyerővel



Teljes klímaberendezés elvi vázlata rekuperatív hővisszanyerővel, hűtés, fűtés, nedvesítés (gőz), szárítás funkcióval

- 1 Kültéri levegő hőmérsékletérzékelő
 - 2 Elszívott levegő hőmérsékletérzékelő
 - 3 Rekuperatív hővisszanyerő szabályozó csappantyúja
 - 4 Befűjt levegő hőmérsékletérzékelő
 - 5 Kezelt helyiség páratartalom érzékelő
 - 6 Kezelt helyiség hőmérsékletérzékelő
 - 7 Hűtőegység szelepe
 - 8 Fűtőegység szelepe
 - 9 Gőzbeűtés szelepe
 - 10 Helyiség hőmérséklet szabályozó (Fő szabályozó egység)
 - 11 Befűjt levegő hőmérséklet szabályozó (Segéd szabályozó)
 - 12 Helyiség páratartalom szabályozó
 - 13 Max.-előnykapcsoló hűtés/szárítás
 - 14 Hővisszanyerő max. / min. váltófunkció
- θ_1 Külső levegőhőmérséklet θ_2 elszívott levegő hőmérséklet
a) Hőmérséklet szabályozás folyamatábrája θ IDA - = fűtésigény, + = hűtésigény
b) Nedvességszabályozás folyamatábrája x IDA - = nedvesítésigény, + = szárításigény

4. Szellőzőberendezések alkalmazásai

4.1.Lakásszellőztető berendezések

A lakásszellőztető berendezéseket a Hoval cég HomeVent lakásszellőztető berendezésének ismertetése alapján tárgyaljuk²¹.



A külsőlevegő-ventilátor légcsatornán keresztül beszívja a külső levegőt, amit első lépcsőben egy előszűrő megszűr.

Az entalpia-visszanyerőben történik a levegő melegítése vagy lehűtése és nedvesítése. A hő- és páratartalom-visszanyerés mértéke függ az elszívott és a külső levegő közötti hőmérséklet- és páratartalom-különbségtől, valamint a forgódob fordulatszámától.

Egy pollen- és finompor-szűrő szűri meg a már előkezelt külsőlevegőt. A távozólevegő-ventilátor durva-porszűrőn keresztül elszívja az elhasznált helyiséglevegőt. Az entalpia-visszanyerő kivonja az elszívott, használt levegő hő- és páratartalmát, majd átadja a friss befűvott levegőnek. A beszabályozott ventilátorok — külsőlevegőoldali túlnyomás és elszívóoldali vákuum — miatt nem keveredhet a befűvott levegő az elszívott levegővel.

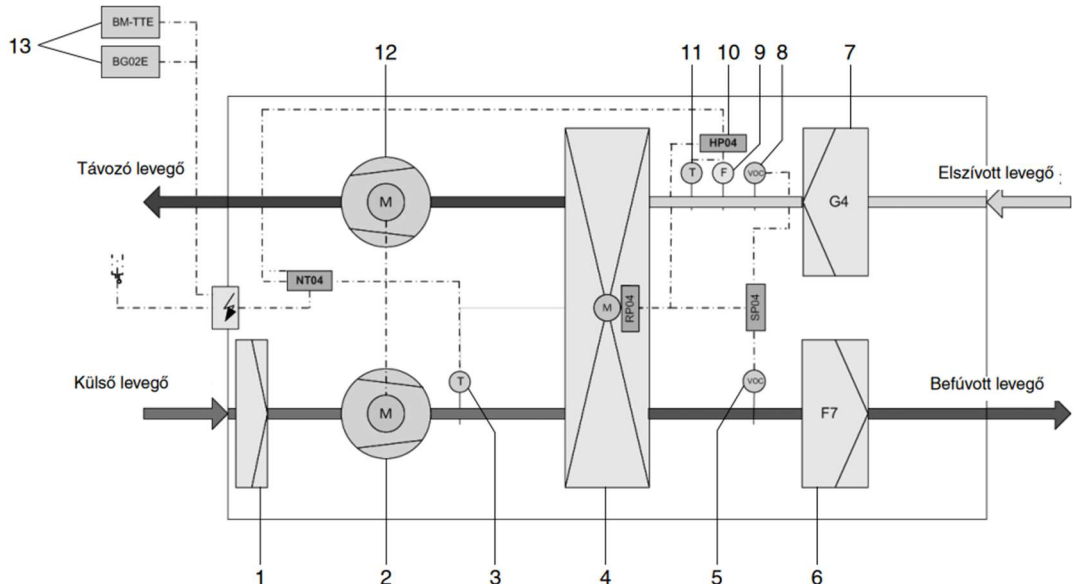
Az elektronika az alábbi funkciókat látja el:

- Az entalpia-visszanyerő fordulatszámát a külső levegő hőmérséklete vezérli. Ennek megfelelően változik a hő- és páratartalom-visszanyerés.
- A beltéri egység páratartalom szabályozója módosítja a térfogatáramot.
- Állandóan felügyeli a ventilátorok működését és azok meghibásodása esetén a készüléket „zavar” üzemmódba kapcsolja, a beltéri egységen zavart jelez.

Légtechnikai kapcsolási vázlat

²¹ Hoval cég HomeVent comfort termékleírása alapján

- | | |
|------------------------------|---|
| 1 Előszűrő | 8 Elszívottlevegő-VOC-érzékelő |
| 2 Külsőlevegő-ventilátor | 9 Páratartalom-érzékelő |
| 3 Külsőlevegő-érzékelő | 10 Elektronika |
| 4 Entalpiavisszanyerő-egység | 11 Elszívottlevegő-érzékelő |
| 5 Külsőlevegő-VOC-érzékelő | 12 Távozólevegő-ventilátor |
| 6 Befúvottlevegő-szűrő | 13 Beltéri kezelőegység BG02 E vagy TopTronic® E comfort plus |
| 7 Elszívottlevegő-szűrő | |



4.2. Klímagerenda

Energiatudatos, minősített épületek építésénél gyakran választanak klímagerendás rendszert. A korszerű épületekben jelentősen alacsonyabb a külső hőterhelésből adódó (transzmisszió, benapozás), illetve az egy főre eső belső hőterhelés is (pl. számítógép, világítás).

A klímagerenda vizes hűtő-, fűtőközeggel hőcserélőn keresztül adja le teljesítményét, a primerlevegőt a gerenda fűvókáin keresztül fűjjük be, ami mozgásba hozza helyiség levegőjét a hőcserélőn keresztül. Száraz hűtést valósít meg, azaz kondenzáció nem szabad, hogy kialakuljon. Az aktív klímagerendás rendszer jellemzői általában:

- MSZ CR 1752-es szabvány szerinti „A” kategóriás irodának megfelel,
- csendes,
- huzatmentes környezet,
- alacsonyabb üzemeltetési költségek,
- nincs helyiségen belül ventilátor,
- nincs karbantartási igény.

Aktív klímagerendák alapfunkciói a szellőztetés és a hűtés. További kiegészítő funkciók a fűtés, szabályozás (légoldali és vízdoldali), kondenzációvédelem, automatika elemek, elszívás, világítás, sprinkler. Az alábbi ábrán egy aktív klímaberendát láthatunk.



Lindab gyártmányú aktív klímagerenda

III. Hűtő- és szellőző rendszerek korszerűsítése²²

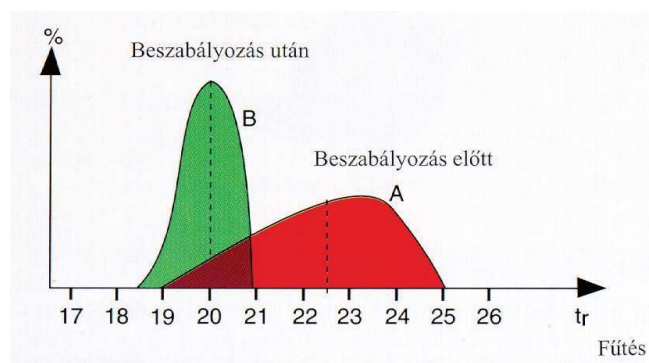
1. Szellőzőrendszerek korszerűsítése

Szellőzési rendszerek korszerűsítése során a zárt térben tartózkodó személyek igényeinek megfelelően, az adott épületgépészeti rendszer besorolásának megfelelő belső légállapot elérését kell biztosítani kevesebb energia felhasználásával.

A korszerűsítés során az újabb berendezések, pl. ventilátorok, szivattyúk energiafelvétele alacsonyabb, így csupán az új berendezések alkalmazásával is energia-megtakarítást lehet elérni. A ventilátorok helyes munkapontja — amelynél a légelosztó hálózat minden fogyasztójához eljut a szükséges légállapotú és mennyiségű szellőző levegő — sokszor alacsonyabb, mint a korábban működő rendszerre.

Első lépésben a légtechnikai rendszer besabályozását kell elvégezni. A besabályozási módszerek közül a légtechnikai besabályozásnál az arányos módszert alkalmazzuk. A módszer alapja az arányossági törvény. Az arányossági törvény szerint, ha a gerincvezetékben változtatjuk a légmennyiséget, akkor a gerincvezeték által ellátott modulon belül ugyanolyan arányban változik a térfogatáram. Ez a törvény az elektromosságban is közismert.

Beszabályozott és besabályozatlan helyiségek hőmérséklet-eloszlása



A módszer alkalmazása során a légszatórnában mérjük a térfogatáramot, beállítjuk a

²² Baumann Mihály Dr. Csoknyai Tamás Dr. Kalmár Ferenc Dr. Magyar Zoltán Dr. Majoros András Dr. Osztrólczy Miklós Szalay Zsuzsa Prof. Zöld András: Épületenergetika Segédlet (Pécsi Tudományegyetem kiadása)

zsalukat, beszabályozzuk a rendszer különböző részeit, majd az egészet. Első kezelítésben a beszabályozás két részből áll:

- Az arányossági törvényt alkalmazva beszabályozzuk az alrendszereket, beállítjuk a zsalukat, anemosztátokat. Ebben a fázisban nem törekszünk a légmennyiség pontos értékének a beállítására, csak a modulon, az adott egységen belül a helyes arányok beállítása, vagyis a beszabályozás a cél. Tapasztalat alapján a modulon belül a helyes arányok pontosan beállíthatók, ha az összes légmennyiség a tervezett érték 70 %-a és 130%-a közötti tartományban található.
- A második lépésben állítjuk be a tényleges térfogatáramot, elvégezzük a modulok beszabályozását egymáshoz képest, majd meghatározzuk a ventilátor szükséges fordulatszámát.

Amikor beszabályoztuk az összes modult egymáshoz képest, a ventilátornál kell beállítanunk a tervezési légáramot. Amennyiben a főágban mért érték 5 %-kal tér el a tervezettől, a beszabályozás megfelelő. A ventilátornál a következő adatokat kell mérni, illetve feljegyezni:

- A ventilátor adatai
- A motor adatai
- A ventilátor munkapontja
- A ventilátor fordulatszáma
- Nyomások és nyomás különbségek a szívó és a nyomó oldalon
- A ventilátor áramfelvétele
- A tárcsák mérete

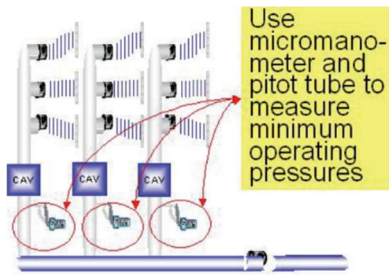
Amennyiben a mért térfogatáram eltérése a tervezettől nagyobb, mint 5 % meghatározzuk a tervezési légmennyiséghez tartozó motor, illetve ventilátor átmérőt.

A modulok egymáshoz képest történt beszabályozása után például a főágban a mért légmennyiség 110%-a a tervezett értéknek. A ventilátor tárcsájának átmérője legyen $D_{jelenlegi}=120\text{mm}$.

A jelenlegi esetben, mivel a rendszer beszabályozását már minden modulban elvégeztük, így a hálózat minden fogyasztójánál 10 %-kal nagyobb a térfogatáram, mint a tervezett érték. Ez bizonyos esetekben rontja a komfort paramétereket, például a tartózkodási zónában a légsebesség nagyobb a megengedettnél, így huzathatást idézhet elő. A ventilátor tárcsájának szükséges átmérője: $D_{új}=(100/110) \times 120 = 109 \text{ mm}$

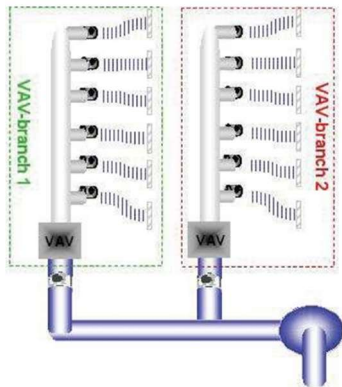
Egy új tárcsával a ventilátor légszállítása pontosan a tervezett érték lesz. Változtatható fordulatszámú ventilátor alkalmazásával a tervezett légmennyiséghez szükséges fordulatszám közvetlenül beállítható.

A változó tömegáramú rendszereinkben új elem a VAV egység. A VAV (Variable Air Volume) olyan egység, amely a légcsatornába szerelve valamilyen alapjel függvényében változtatja a térfogatáramot. Ha VAV egységeket helyezünk a rendszerbe, akkor azok működésük során hatással lesznek a rendszer többi részére.



A VAV egység besabályozása előtt a következő előkészítéseket kell elvégeznünk:

- az anemosztátok előtti zsaluk nyitott állapotának ellenőrzése;
- a légcsatornában lévő zsaluk nyitott állapotának ellenőrzése;
- tűzcsappantyúk és motoros zsaluk nyitott állapotának ellenőrzése;
- a ventilátor fordulatszámának maximális értékre történő beállítása és rögzítése;
- az anemosztátok terelő lemezeinek terv szerinti beállításának az ellenőrzése
- a VAV egység beépítésének ellenőrzése (helyes beépítési irány, méret, térfogatáram)
- a VAV egység teljesen nyitott állapotra történő beállítása



A VAV egységet tartalmazó modul besabályozása

Első lépésben az összes VAV egységhez tartozó modul besabályozását kell egymástól függetlenül elvégezni. A következő lépés a referencia VAV egység meghatározása, amikorminden egységnél a 100 % a légáram. Ezzel meghatározzuk azt a minimális statikus nyomást, amely ahhoz szükséges, hogy a legkedvezőtlenebb helyzetben lévő VAV egységhez is eljusson améretezési állapotban a szükséges térfogatáram. A VAV egységeket tartalmazó modulokat egymáshoz képest az előzőekben leírtak szerint az arányos módszert alkalmazva kell elvégezni.

A légtechnikai rendszer korszerűsítésénél új elem a CAV egység is. A CAV (Constant Air Volume) olyan egység, amely a légcsatornába szerelve a beállított térfogatáramnál nagyobb légmennyiséget nem enged át, így korlátozza a térfogatáram értékét. A CAV-on található skálasegítségével lehet beállítani a légmennyiség maximális értékét, melyet célszerű helyszíniméréssel is ellenőrizni.

A CAV egységet tartalmazó rendszer moduljait, az anemosztátokat az előzőekben leírtak szerint kell besabályozni. A CAV egységeket tartalmazó modulok besabályozását egymáshoz képest az arányos módszert alkalmazva kell elvégezni.

CAV egységet tartalmazó modul beszabályozása a következő lépésben - az alrendszerek beszabályozása után — meghatározzuk azt a minimálisstatikus nyomást, amely elegendő ahhoz, hogy a legkedvezőtlenebb helyen lévő CAV egység méretezési állapotban megkapja a tervezési térfogatáramot.

A szellőzési rendszerek korszerűsítése során a szabályozás módjának a függvényében - a teljesítmény és az igény illesztésének a pontatlansága miatt - a levegő felmelegítésére fordított hőigény különböző. Az eltérés akár 30 % is lehet.

2. Hűtési rendszerek korszerűsítése²³

A korszerű, új berendezések alkalmazásával a folyadékűtő COP értéke magasabb, a szivattyú hatásfoka jobb, így eleve kisebb az energiaelhasználás. Amennyiben a rendszer fő elemei nem változnak, a korszerűsítés során akkor is jelentős energiamegtakarítás érhető el.

A folyadékűtő esetén a következő intézkedésekkel csökkenthetjük a hűtési rendszer energiaigényét:

- a hűtőközeg helyes megválasztásával a folyadékűtő COP értéke növelhető;
- a folyadékűtő szabályozásával, a megfelelő hőmérséklet különbség beállításával a COP érték nő.

A hűtési rendszer energiaigénye csökkenthető:

- a rendszer hidraulikai beszabályozásával;
- a kondenzátor hulladék hőjének a felhasználásával;
- átmeneti időben és télen a szabad hűtés (free cooling) alkalmazásával.

A kondenzátor hulladék hőjét visszanyerő hőcserélő alkalmazásával HMV és fűtési melegvíz előmelegítésére lehet felhasználni.

IV. Működés ellenőrzés és hibamegállapítás

1. Kereskedelmi hűtőgépek működésellenőrzése

Szívóoldali nyomás és túlhevítés elemzése

p_o szívóoldali nyomás alacsony ΔT_{th} túlhevítés nagy

Lehetséges hibaokok

- Nedvesség, szennyeződés, gyanta
- Alulméretezett fűvóka az expanziós szelepnél
- Nagy túlhevítés beállítás
- Gáztöltet kondenzálódása
- Elszökött töltet a termofejben
- Nem megfelelő töltet a termofejben
- Elpárologtató nyomásesése

²³ Baumann Mihály Dr. Csoknyai Tamás Dr. Kalmár Ferenc Dr. Magyar Zoltán Dr. Majoros András Dr. Osztrólczyki Miklós Szalay Zsuzsa Prof. Zöld András: Épületenergetika Segédlet (Pécsi Tudományegyetem IVkiadása)

- Külső nyomáskiegyenlítő helyzete
- Eltömődött vagy elzáródott külső nyomáskiegyenlítő
- Alacsony hűtőközeg töltet
- Folyadékvezetékben gőz jelenléte
 - függőleges szintkülönbség,
 - nagy súrlódási veszteség
 - hosszú vagy kiskeresztmetszetű vezeték,
 - szívóoldali szűrő
- Expanziós szelepen túl kis nyomáskülönbség
 - az előző okok egyike,
 - alulméretezett elosztó vagy hűtőkör,
 - alacsony kondenzációs hőmérséklet

p_o szívóoldali nyomás magas, ΔT_{th} túlhevítés kicsi

Lehetséges hibaokok

- Nedvesség, szennyeződés, gyanta
- Túlméretezett fűvóka az expanziós szelepnél
- Szelep belső áteresztése
- Kis túlhevítési beállítás
- Hőmérsékletérzékelő elhelyezése
 - rossz termikus kontaktus
 - meleg éri az érzékelőt
- Nem megfelelő töltet a termofejben
- Hibás kompresszor, kis teljesítmény

Hibás helyre bekötött külső nyomáskiegyenlítő

p_o szívóoldali nyomás magas, ΔT_{th} túlhevítés kicsi

Lehetséges hibaokok

- Kis hőterhelés az elpárologtatónál
 - légáramlás kevés
 - eltömődött levegőszűrők
 - túl hideg levegő
 - eljegesedés az elpárologtatóban
- Rossz légeloszlás
- Rossz hűtőközeg elosztás
- Nem megfelelő elpárologtató – kompresszor választás
- Elpárologtató olajlerakódás
- Egy másik expanziós szelep beadagolása megzavarja a hőmérséklet érzékelőt

Nyomóoldali (kondenzációs) nyomás és utóhűtés elemzése

p_k nyomóoldali nyomás magas, ΔT_{uh} utóhűtés kicsi

Lehetséges hibaokok

- Túl kis méretű kondenzátor
 - légáramlás kevés
 - ventilátor kicsi vagy leállt

- eltömődött levegőszűrők (ha vannak)
- elszennyeződött lamellák hcsereelő felület
- túl magas környezeti hőmérséklet
- Rossz légeoszlás, a kondenzátor körül
- Rossz hűtőközeg elosztás
- Olajlerakódás a kondenzátor csővezetékeiben
- Levegő van a kondenzátorban (nyomás nagy, de alig meleg kondenzátor)

p_k nyomóoldali nyomás magas, ΔT_{uh} utóhűtés nagy

Lehetséges hibák

- Túltöltött hűtőrendszer, túl nagymennyiségű folyadék van a kondenzátorban
- ventilátor kicsi vagy leállt
- eltömődött levegőszűrők (ha vannak)
- elszennyeződött lamellák hcsereelő felület
- túl magas környezeti hőmérséklet
- Rossz légeoszlás, a kondenzátor körül
- Rossz hűtőközeg elosztás
- Olajlerakódás a kondenzátor csővezetékeiben
- Nem megfelelő térfogatú folyadéktartály
- Kondenzációs nyomásszabályozó szelep túl magas nyomásra van állítva
- Folyadékvezetékben lévő dugulás
- Folyadékszűrő dugulása
- Folyadéktartály szelepe nincs teljesen nyitott állásban

2. Klímaberendezések működésének ellenőrzése

A berendezés bekapcsolása után kb. 15 perccel már kialakulnak a berendezésben az üzemi nyomások és hőmérsékletek, azaz állandósult üzemállapot. Ekkor a mért (állandósult) értékek alapján lehetséges a klímaberendezés működésének ellenőrzése és esetleges rendellenes működés azonosítása, hibamegállapítás.

A klímaberendezések helyes működésének ellenőrzését egy Panasonic CSE-12DKEW +CU-E12DKE típusú split klímaberendezés esetén mutatjuk be, melynek fő műszaki jellemzői az alábbiak:

Kompresszor és hűtőrendszer: inverteres kompresszor/ventilátor, de kapilláris csöves beadagolás (elpárologtatóba)

Hűtőközeg: 410A

Hűtőközeg töltet: 980 g

Hűtőtélj. $Q_o=3,5\text{kW}$ Hűtési jóságfok EER=3,6

Fűtőtélj. $Q_o=4,8\text{kW}$ Fűtési jóságfok COP=3,8

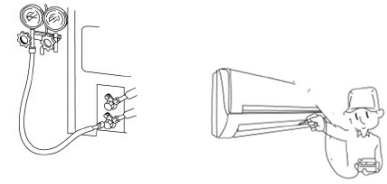
Felvett áram (hűtés) $I=4,5\text{A}$ (230V, 50Hz, a $\cos \phi_i = 0,95$ –re vehető,
(fűtés) $I=5,8\text{A}$ (230V, 50Hz)

Beltéri egység légszállítás (maximális): 642 m³/h

Kondenzvíz: 2 l/h

Normál működés esetén mérhető értékek

Szívóoldali nyomás és beltéri egység kifűjt levegő hőmérséklete

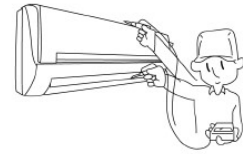


- 1) Nyomásmérés
- 2) Hőmérséklet mérés

Üzem mód	Szívó oldali nyomás (Prel) (kompresszor névleges fordulatonál)	Kifűjt levegő hőmérséklete (maximális ventilátor fordulatonál)
Hűtés üzemmód (T _{körny} =+35°C)	p ₀ = 9 bar – 12 bar (t ₀ = 7°C – 13°C)	12 – 16 °C
Fűtés üzemmód (T _{körny} = +7°C)	p _{kond} = 23 bar – 30 bar (t _{kond} = 40°C – 50°C)	36 – 45 °C

Beltéri egység beszívott – kifűjt levegő hőmérséklet különbsége

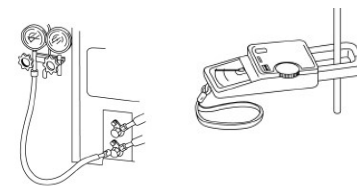
- 1) Beszívott levegő hőmérséklet mérése (T levegő be)
- 2) Kifűjt levegő hőmérséklet mérése (T levegő ki)



Üzem mód	Hőmérséklet különbség (beszívott - kifűjt levegő hőmérséklet)
Hűtés üzemmód	8K < normális, ha nagyobb
Fűtés üzemmód	14K < normális, ha nagyobb

Rendellenes működés esetén mérendő értékek

Ha a **beszívott-kifűjt** levegő hőmérséklete vagy a nyomásmérés nem a táblázat szerinti tartományon belül van, akkor az rendellenes működésre utal.



Hibamegállapítás menete:

- 1) Szívó oldali nyomás mérése
- 2) Nyomóoldali nyomás (ha lehet mérni, klímáknál nem lehet)
- 3) Áram mérés (felvett áram mérése lakat-árammérővel)
- 4) Túlhevítés (ΔT_{th}) mérése szívóoldali nyomás és szívócsőre helyezett tapintó hőmérővel

V. Hűtő- és szellőzőberendezések hidraulikai rendszerei

1. Hidraulikában használatos mértékegységek:

Nyomás p

1bar = 100 000 Pa
= 100 kPa

0,1bar = 10 kPa

100kPa = 10m vízoszlop nyomása (10m H₂O)

10kPa = 1m H₂O

Átfolyási mennyiség V (liter/h , l/h)

1m³/h = 1000 l/h

Áramlási sebesség v (m/s)

Hidraulikai rendszerekben előforduló nyomások és nyomásesések

Nyomásfokozás szivattyúnál: 10-60kPa

Nyomásesés

Csővezetéken 5-20kPa

Szelepeken 5-15kPa

Fűtőt testen 5-10kPa

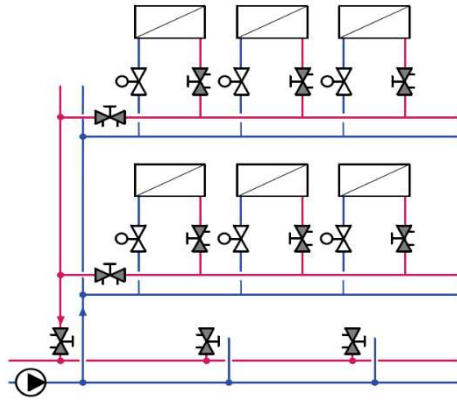
A fűtési rendszerek fő elemei:

- Kazánok
- Szivattyúk
- Szabályozó szelepek
- Tágulási tartályok, biztonsági szerelvények
- Szűrők
- Beszabályozó szelepek
- Hőleadók, radiátorok
- Automatika

Hidraulikai rendszerek csoportosítása tömegáram jellemzői alapján:

- **állandó tömegáramú**
háromjártatú szelep és állandó fordulatszámú szivattyú
- **változó tömegáramú szakasz.**
egyutú szelep és folyamatosan változtatható fordulatszámú szivattyú

Változó tömegáramú fűtési rendszer egyutas radiátor- szelepekkel és beszabályozó szelepekkel



HMV = Használati Melegvíz

A melegvíz hőmérséklete a hazai gyakorlatban 45 °C, de a legionella baktériumok elleni védekezés miatt 60 °C körüli vízhőmérséklet lenne indokolt. A HMV rendszerek a következő fő elemeket tartalmazzák:

- HMV termelő (átfolyós készülék, kazán vagy hőcserélő)
- HMV tároló
- HMV hálózat (melegvíz és cirkulációs vezetékek)
- Cirkulációs szivattyú

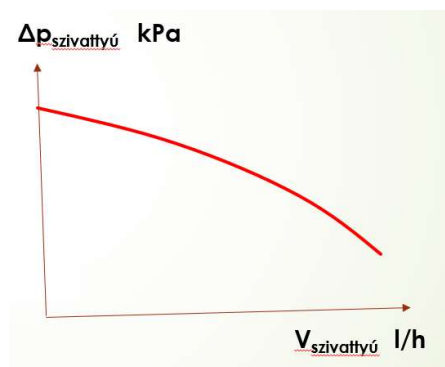
A HMV előállítás lehet átfolyós, vagy tárolós kialakítású.

A tárolós HMV előállításnál a tároló felfűtése – általában éjszaka – kisebb teljesítménnyel és olcsóbb energiával történik. A tárolós megoldás speciális esete, amikor a hideg vizet közvetlenül a tárolóba vezetik, és ott történik annak a felfűtése, majd a tárolása, a HMV igény keletkezésekor pedig a tároló kisütése.

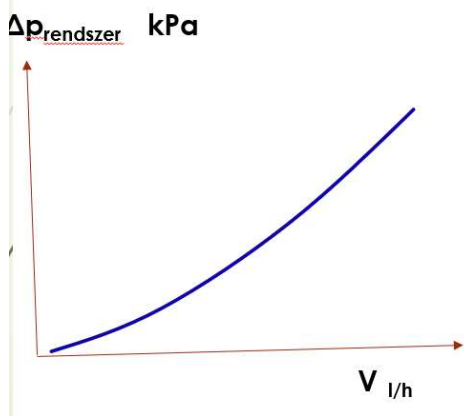
A hőtermelő berendezést és a tárolót sorosan vagy párhuzamosan kapcsolhatjuk. Soros kapcsolásnál a hidegvíz először a hőtermelőn halad keresztül, majd onnan a tárolón át jut el a fogyasztókhoz. Párhuzamos kapcsolás esetén a hőtermelőt a tárolóval párhuzamosan kapcsoljuk, így a hidegvíz vagy a tárolóba, vagy a hőtermelőbe kerül.

Elvételkor a melegvíz vagy a tároló tetejéről, vagy közvetlenül a hőtermelőből érkezik a fogyasztóhoz.

A víz sűrűdik a csővezetékek, szelepek és hőleadók belső felületein. A sűrűdés nyomásesést okoz (Δp) A nyomásesés annál nagyobb, minél gyorsabb a víz áramlása és az átáramló vízmennyiség sebessége v (m/s) és ezzel együtt az átáramló vízmennyiség V (l/h).



A szivattyú nyomásfokozása $P_{sziv} = V \times \Delta p$. A nyomás nő, ha az átáramló vízmennyiség csökken. $\Delta p = \frac{P_{szivattyú} = \text{állandó}}{v}$



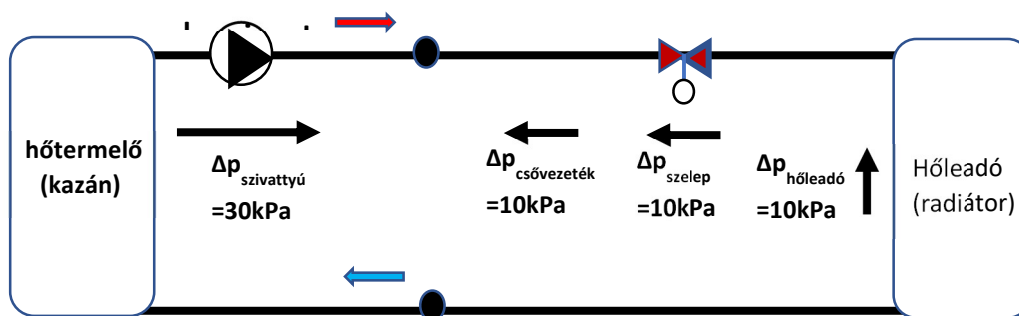
A nyomásesés az áramlási sebesség négyzetével nő, Csővezetékknél Z alaktényezővel számolnak $\Delta p = Z \times \frac{1}{2} \times \rho \times v^2$

Szelepeknél k_v értékkel számolnak (m³/h): $\Delta p = \frac{v^2}{k_v^2}$

Egyszerű fűtési kör fojtószeleppel (radiátorszelep). A szivattyú nyomása fedezi a csővezeték, szelep és hőleadó radiátor nyomásesését.

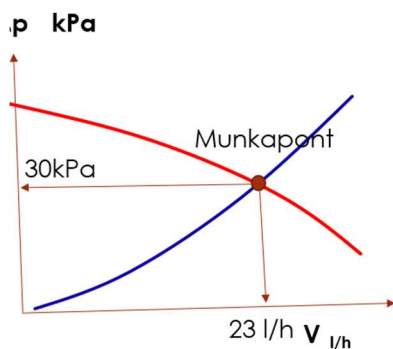
2. Egyszerű fűtési kör fojtószeleppel (radiátorszelep)

A szivattyú nyomása fedezi a csővezeték, szelep és hőleadó radiátor nyomásesését



3. Szivattyú munkapontja

Egyszerű fűtési kör fojtószeleppel (radiátorszeleppel). A szivattyú nyomása fedezi a csővezeték, szelep és hőleadó radiátor nyomásesését. A hőleadón kialakul egy átfolyó vízmennyiség, de az nem biztos, hogy megfelelő.



- $Q = C_{víz} \times m \times \Delta T / 3600$
0,35kW 0,75kW 1,5kW
- $C_{víz} = 4,2$ (kJ/kgK)

- ▶ Átáramló vízmennyiség
 $30 \text{ l/h} \quad 60 \text{ l/h}$
 $m = V \text{ (l/h)} \times \rho \text{ (1 kg/l)}$

15l/h

$\Delta T = T \text{ előremenő} - T \text{ visszatérő}$ vízhőmérséklet
 Radiátoroknál szokásos érték $\Delta T = 20 \text{ K}$

A hőleadók előremenő és visszatérő vízhőmérséklete beállítható a helyi fűtési rendszer adottságaihoz.

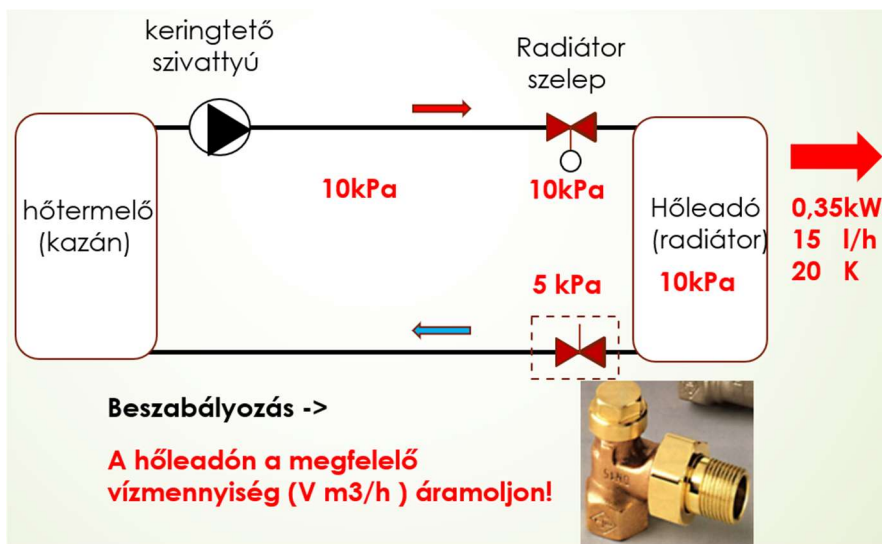
$T \text{ előremenő} = 65^\circ\text{C}$ $T \text{ visszatérő} = 50^\circ\text{C}$ $\Delta T = 15 \text{ K}$

$T \text{ előremenő} = 65^\circ\text{C}$ $T \text{ visszatérő} = 45^\circ\text{C}$ $\Delta T = 20 \text{ K}$

$T \text{ előremenő} = 60^\circ\text{C}$ $T \text{ visszatérő} = 45^\circ\text{C}$ $\Delta T = 15 \text{ K}$

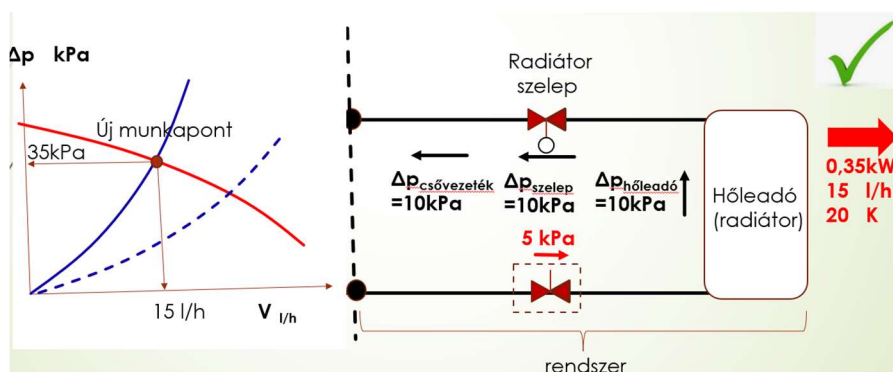
$T \text{ előremenő} = 60^\circ\text{C}$ $T \text{ visszatérő} = 40^\circ\text{C}$ $\Delta T = 20 \text{ K}$

Egyszerű fűtési kör radiátorszeleppel és beszabályozó fojtószeleppel



- ▶ Egyszerű fűtési kör fojtószeleppel

A rendszer nyomásesése megváltozik (nő), ha a fojtószelepen növeljük a nyomásesést. Ezzel együtt csökken az átáramló vízmennyiség. A beszabályozás után a keringető szivattyú nyomásfokozása és a hidraulikus kör nyomásesése egyenlő. Az ekkor kialakuló áramló vízmennyiség fontos, hogy éppen a kívánt legyen!

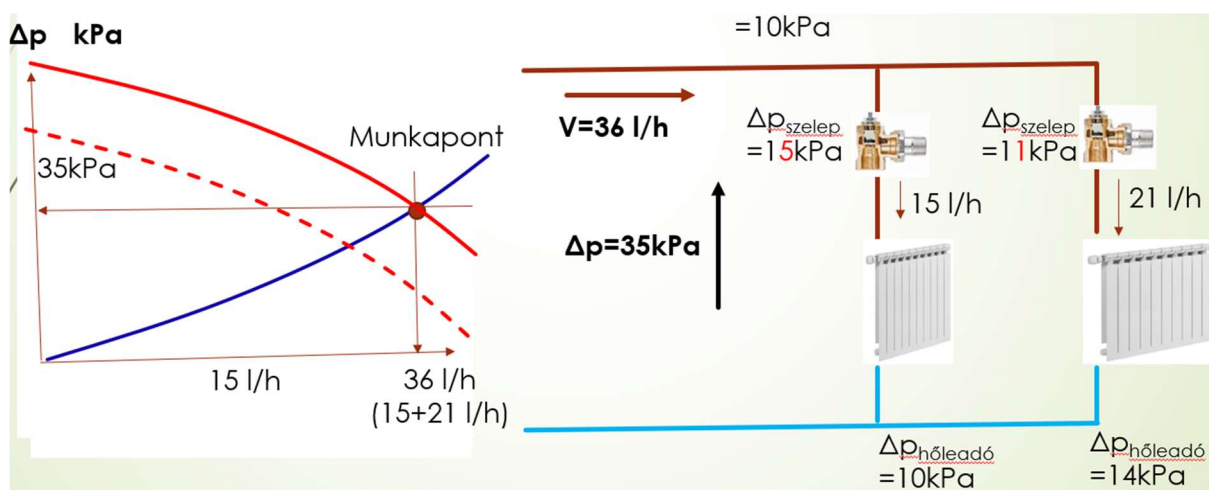


4. Hidraulikai beszabályozás

Beszabályozott rendszernél minden egyes fűtési körben az előírt vízmennyiség ($V \text{ m}^3/\text{h}$) áramlik át a hőleadón (pl. radiátoron, padlófűtésen), mindegyik a megfelelő fűtőteljesítménnyel fog fűteni. Így az egyes köröknél fojtásokkal azonos nyomásesések ($\Delta p \text{ kPa}$) alakíthatók ki minden fűtési körben, de úgy, hogy az előírt vízmennyiségek ($V \text{ m}^3/\text{h}$) áramlik át rajtuk. Nem beszabályozott rendszernél minden egyes körnél magától kialakul egy átfolyó vízmennyiség úgyhogy az egyik fűtőtest túlfűti a másik alulfűti a helyiséget. Az átfolyó vízmennyiségek nem az elképzelésünk szerint alakul.

Az átfolyó vízmennyiség nem aszerint oszlik meg a körök között, hogy hol mekkora fűtőteljesítményre (vízmennyiségre) van szükség, hanem aszerint, hogy melyiken áramlik át könnyebben a víz. Így aztán a kisebb ellenállású körön át olyan sok víz fog átáramolni és olyan sebességgel, hogy a nyomásesése megnő. Tehát azonos nyomásesések alakulnak ki ekkor is, de úgy, hogy nem az előírt vízmennyiséget kapják a hőleadók

Beszabályozással úgy változtatjuk meg fojtásokkal a körök Δp nyomásesését, hogy minden hőleadón az általa igényelt vízmennyiség ($V \text{ m}^3/\text{h}$) áramoljon át.

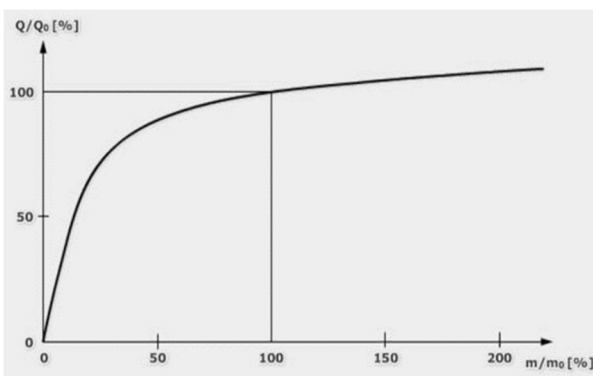
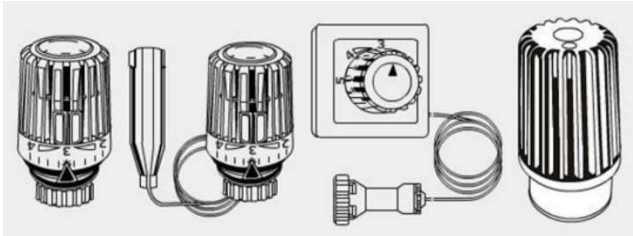


5. Fűtési rendszer tervezése, a méretezés lépései

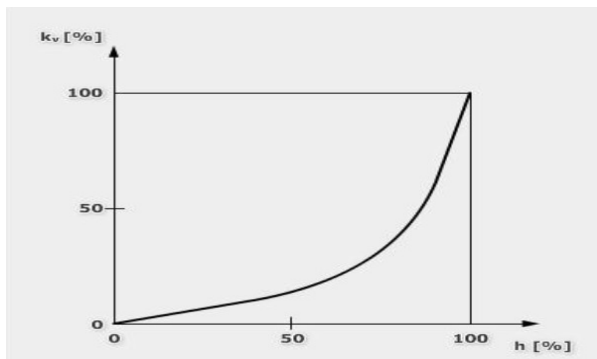
- 1 Helyiségek hőigényének meghatározása
Pl.
 1. helyiség 350 W
 2. helyiség 500 W
- 2 Hőigény meghatározás lehet pontos vagy egyszerűsített hővesztés számításal a 7/2006 TNM rendelet szerint.
- 3 Hőleadók számának, elhelyezésének és csővezetésének meghatározása az alaprajzon.
Csővezetékek és hőleadók elhelyezése
 1. Csővezetékek nyomvonala
 2. Hőleadók bekötési pontjai
 3. Csővezetékek hosszai

- 4 Hőleadók kiválasztása,
 1. Fűtőttest kiválasztása (pl. radiátor)
 2. Szelepkiválasztás
 3. Szerelvények kiválasztása

Termosztatikus radiátorszelepek



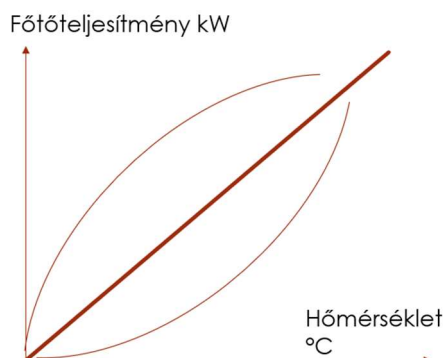
A ábrán a hőleadók fűtőteljesítményét látjuk a névleges fűtőteljesítményük százalékában az átáramló vízmennyiség függvényében.



A diagramon pedig a termosztatikus radiátorszelepek szabályozási görbéje látható. A hőmérséklet csökkenése nyitja a szelepet. A hőmérséklet növekedése zárja a szelepet.

Fontos, hogy a többi radiátorszelep nyomásviszonyait nem változtatja meg túlságosan a szelep zárása és nyitása.

A két eltérő karakterisztikájú hidraulikai elem összekapcsolásával egy jó szabályozási tulajdonságú, „arányos” szabályozás jön létre, melyet az alábbi ábra mutat be.



Kétsöves melegvíz-fűtési rendszerben, ahol a termosztatikus radiátorszelepek egymáshoz képest párhuzamosan vannak kapcsolva, bármely szelep fojtása kihat az összes többi szelepre. Ha egy vagy több szelepen bármilyen ok miatt fojtás következik be, a keringtető szivattyú kevesebb vízmennyiséget fog szállítani, a szivattyú munkapontja eltolódik az M1 pontból az M2 pontba, emelőmagassága megnő, azaz a szabályozó szelepekre nagyobb nyomáskülönbség jut.

Szeleptényezőnek a szelep nyitott helyzetében és a szelep zárt helyzetében a szelepre jutó nyomáskülönbségek hányadosát nevezzük és PV-vel jelöljük (szokás az autoritás szó használata és az „a” jelölés is). Értéke

6. Vízellátási módok

Direkt kör

- A kazán a szobatermosztát által parancsolt hőmérsékletű fűtővizet állítja elő, amely közvetlenül jut a hőleadókba
- Mérvadó a szobatermosztát helyisége
- Túl-vagy alulfűtés alakul ki a többi helyiségben
- Lassan érződik a helyiség hőmérsékletén a fűtővíz hőmérsékletének változása
- Több direkt kör esetén mindegyik kör azonos fűtővizet kap

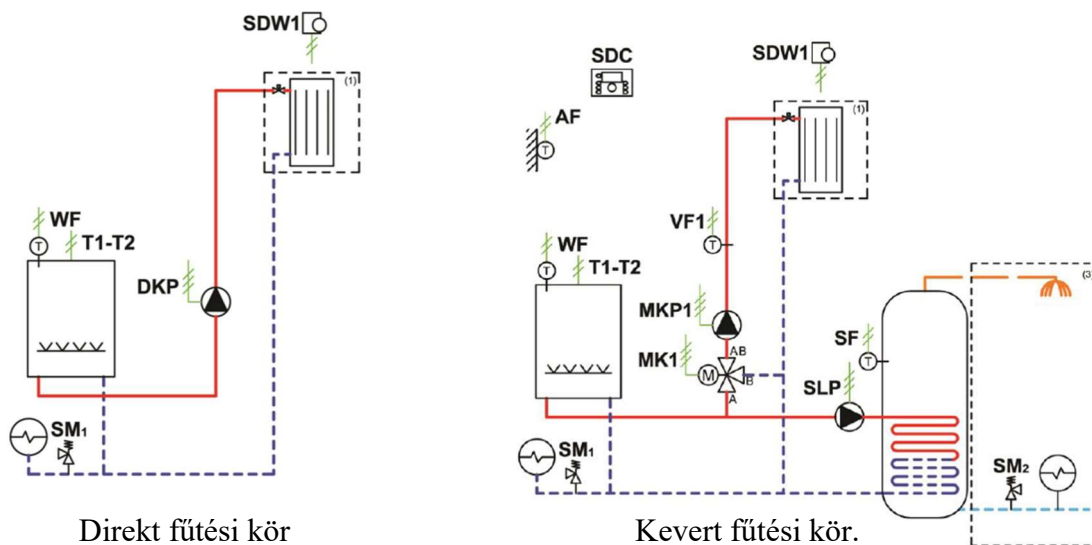
Kevert kör

- Minden egyes kör a számára megfelelő hőmérsékletű fűtővizet állítja elő keveréssel
- Minőségi szabályozás a szekunder oldalon
- Sorba kötött szivattyúk függetlenítése
- Megoldás alacsony hőmérsékletű felületfűtésre

Példa direkt és kevert fűtési körre

Az SDW1 jelű hőleadó számára az MK1 jelű 3-járatú keverőszelep keveri ki a visszatérő hidegebb és a kazánból jövő melegebb hőmérsékletű vízből, a megfelelő hőmérsékletű fűtővizet.

Abban az esetben, ha a fűtési körben több szivattyú is dolgozik, akkor ezek vízárámát függetleníteni kell egymástól. Erre a feladatra hőcserélő (pl. lemezes hőcserélő) vagy ún. hidrováltó (hidraulikai váltó) alkalmas.



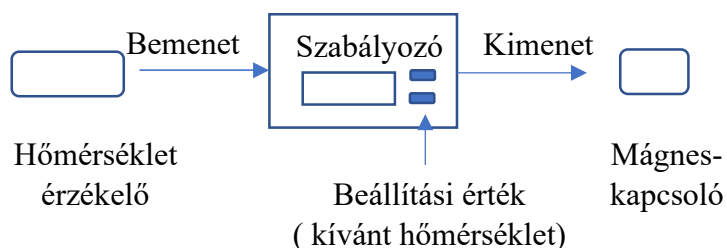
VI. Hűtő- és szellőzőberendezések automatikai ismeretei

1. Irányítástechnikai alapfogalmak

Hűtő- és szellőzőberendezések emberi beavatkozást nem igénylő automatikus működéséhez vezérlő és szabályozó készülékeket alkalmazunk. Ezek a készülékek lehetnek mechanikus szerkezetek is, de a hűtő- és szellőzőrendszerek finom vezérlési és szabályozási feladataihoz jelenleg már kizárólag elektronikus eszközöket használunk.

Hűtőberendezések esetében a hűtőgép automatikus működtetése is egy ilyen automatikai feladat. A hűtőberendezés feladata, hogy a hűtési hely hőmérsékletét (pl. egy hűtőkamra belső teremhőmérsékletét) olyan hőmérsékleten tartsa, mely megfelel az ott tárolt áruk tárolási hőmérsékletének. Erre a feladatra legtöbbször egy mikroprocesszoros, digitális szabályozó készüléket használunk, melyen beállítható a hűtőtér kívánt belső levegő hőmérséklete. A készülék méri a hőmérsékletet és folyamatosan összehasonlítja azt a beállított értékkel. Ha a hőmérséklet magasabb, mint a beállított, akkor elindítja a hűtőberendezést, ha alacsonyabb, leállítja azt. A készülék rendelkezik egy bemenettel, melyre félvezető hőmérséklet érzékelő csatlakoztatható, mely a hőmérsékletet villamos mennyiséggé (itt ellenállás változássá) alakítja. A készülék kimenetére csatlakoztatható a hűtőgép feszültségellátását biztosító mágneskapcsoló, mely a hűtőgép ki- és bekapcsolását végzi. A készüléken nyomógombok segítségével beállítható a kívánt hőmérséklet. A készüléken lévő kijelzőn pedig le is olvasható az épp aktuális mért kamrahőmérséklet.

2. Mikroprocesszoros digitális szabályozó készülék elvi felépítése



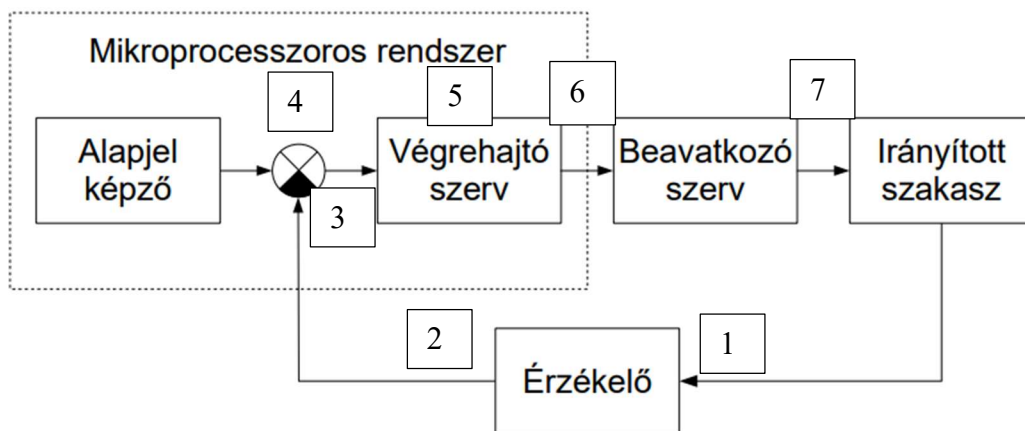
Ahhoz, hogy a szabályozó készülék elektronikája (ebben az esetben a mikroprocesszoros, digitális áramköre) a mért hőmérsékletet és a beállított, kívánt hőmérsékletet összehasonlíthassa és ettől függően működtesse a mágneskapcsoló behúzó tekercsét, a hőmérséklettől egészen a mágneskapcsoló behúzó tekercséig egy sor átalakításra van szükség, melyek az alábbiak (a jel megjelenési formája és a jelátalakítást végző részegység):

1. Analóg jel (hőmérséklet, °C) -> hőmérséklet érzékelő ->
2. Analóg jel (ellenállás, Ohm) -> analóg/digitális jel átalakító ->
3. Digitális jel (feszültség, Volt)
4. Jelfeldolgozás -> mikroprocesszor algoritmusai ->
(bemeneti digitális jelből – kimeneti digitális jel lesz)
5. Digitális jel (feszültség, Volt) -> digitális analóg jel átalakító
6. Analóg jel (feszültség, Ohm) -> kimeneti reléérintkező működtetés ->
7. Analóg jel (mágnestekercs behúzott, elengedett állapota)



Az előbbi felsorolásban szereplő jelek és a jelátalakítást végző részek logikai kapcsolatát és a jel logikai feldolgozásának folyamatát teszi szemléletessé és könnyen áttekinthetővé szemlélteti az ún. szabályozási kör. A számok az előbbi felsorolásban szereplő jelek azonosítását szolgálják az ábrán.

3. Szabályozási kör



Alapjelképző szerv

Feladata, hogy a szabályozó részére olyan jelet szolgáltatson, amivel a szabályozó az érzékelőn kapott szabályozott jellemző mért értékének megfelelő jelet össze tudja hasonlítani.

Ez azt jelenti, hogy a kívánt hőmérsékletet gombnyomásokkal beprogramozzuk a digitális szabályozónkba, azonban a szabályozó ezt a numerikusan megadott hőmérsékletértéket átalakítja ennek a hőmérsékletnek megfelelő digitális jellé, hogy majd a szabályozó a mért hőmérsékletnek megfelelő digitális jellel össze tudja hasonlítani. Ebben az esetben az alapjel is digitális és a mért hőmérséklet digitális jel.

Érzékelő szerv

A szabályozott mennyiséget (pl. hőmérséklet, nyomás, páratartalom, fordulatszám, stb.) méri és azzal arányos ellenőrző jelet szolgáltat a szabályozó részére (itt ellenállásváltozás analóg jele)

Különbségképző szerv

Az alapjel és az ellenőrző jel közötti különbségnek képzését a különbségképző szerv végzi, amelynek eredményeként a rendelkező jelet szolgáltatja.

Végrehajtó szerv

Feladata: a beavatkozó szerv működtetéséhez szükséges jelet (beavatkozó jel) előállítsa. Ez a mi esetünkben a digitális áramkörökben, a beprogramozott algoritmus alapján elvégzett

számítást jelenti, majd a számítás eredményeképpen előálló digitális jelet a szabályozó analóg feszültség jel formájában állítja elő a beavatkozó szerv részére (kimeneti relé működtetés)

Beavatkozó szerv

A beavatkozó szervek feladata: a szabályozott szakasz befolyásolása a módosított jellemzőn keresztül.

A beavatkozó szerv működtetésével a módosított jellemzőt tudjuk a kívánt mértékben és értelemben megváltoztatni. A beavatkozó szerv a mi esetünkben a hűtőgép működését meghatározó mágneskapcsoló behúzott vagy elengedett állapota (azaz be- vagy kikapcsolása) A módosított jellemző pedig a hőmérséklet, hiszen annak értékét kívánjuk úgy befolyásolni, hogy a beállított hőmérséklet érték legyen.

4. Szabályozási módok²⁴

4.1. Folytonos működésű szabályozás

Egyik fontos megkülönböztető sajátosság lehet a szabályozási körben terjedő jelek értékészletének folytonos vagy nem folytonos, diszkrét volta. Folytonos a szabályozás akkor, ha a jelek a szabályozási körben folytonosak. Jellemzője: • a szabályozási kör minden egyes tagjának kimenő és bemenő jele állandó értékű lehet. • a működési tartományon belül a szabályozott jellemző – az alapjel megfelelően megválasztott értékével – tetszőleges értékre állítható be.

4.2. Nem folytonos működésű, állásos szabályozás

Nem folytonos a szabályozás, ha hatásláncának legalább egy pontján nem folytonos (diszkrét) jelek jelennek meg. Például, egy egyszerű világítási áramkört mozgásérzékelő világításkapcsoló működtet. A körben csak akkor folyik áram, ha az érintkező zárja az áramkört. Az érintkező helyzetét a bemenőjel határozza meg. A kimenő jellemző (pl. az áramkörben folyó áram) két értéket vehet fel. Nyitott kapcsok mellett zérus, zárt kapcsok mellett a névleges értéket.

4.3. Semleges zónás szabályozás

A hűtőtechnikai gyakorlatban elterjedt az ún. semleges zónás szabályozás, melynek lényege, hogy a szabályozott jellemző 2 határozott értéke között a szabályozó nem tesz semmit. Ez a semleges vagy holt zóna. Ha a szabályozott jellemző a határérték valamelyikét túllépi a szabályozó beavatkozik mégpedig úgy, hogy az eltérést csökkentse.

Példa: csoportaggregát vezérlők esetén, ha a szívónyomás az (alsó) határérték alá csökken a szabályozó fokozatosan elkezd kiléptetni a túl alacsony nyomást előidéző kompresszorokat egymás után egészen addig, amíg a nyomás a két érték közé, azaz a „holt térbe” nem jut, mert akkor nem csinál semmit. Ennek a fordítottja az, amikor a felső határérték fölé nő a nyomás, ekkor meg elkezd a szabályozó egyre több kompresszort beléptetni annak érdekében, hogy a szívónyomás csökkenjen.

²⁴ Forrás: Dr. Nemes József, Irányítástechnika, 2012 Nyugat-magyarországi Egyetem kiadmánya

Így működnek a legújabb frekvenciaváltós (inverteres) klímaberendezések mikroprocesszoros szabályozói is.

4.4. Értéktartó és követő szabályozás

Azokat a szabályozásokat, amelyeknek feladata valamilyen fizikai jellemzőt állandó értéken tartani, értéktartó szabályozásoknak nevezzük. Az alapérték, s így az alapjel is üzemszerűen állandó. Mivel a szabályozott szakaszt különböző zavaró hatások érhetik, itt a szabályozott jellemzőt zavarások ellenére is állandó értéken kell tartani.

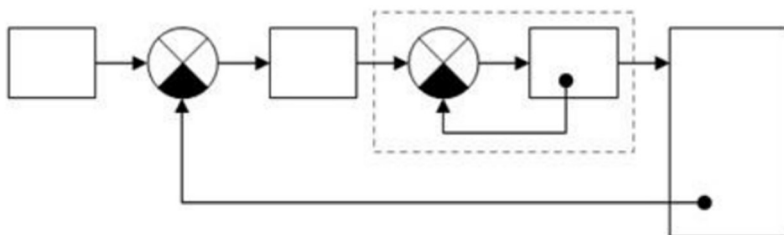
Követő szabályozásokban az alapérték és ennek megfelelően az alapjel is üzemszerűen változik. A folyamat gyors változása következtében a változás elveszti értéktartó jellegét. A követő szabályozásokban a feladat nemcsak a szabályozást ért zavarások elhárítása, hanem biztosítani, hogy a szabályozott jellemző maximális alakhűséggel kövesse az alapjel változását. Rendszerint az utóbbi követelmény kielégítése lényegesen nehezebb az előbbinél, ezért azt mondhatjuk, ha a szabályozás az utóbbi követelményeknek eleget tesz, akkor a zavaró hatások elhárítását is teljesíti a szabályozás.

4.5. Kaszkád szabályozás

Nagyon gyakran a szabályozási körök működése bizonytalanná, labilissá válik. Javítja a szabályozási viszonyokat, ha a szabályozási körön belül egy újabb kört alakítunk ki, azaz a hatásláncot többszörösen hurkolttá tesszük. A többhurkos szabályozási körök számos változata közül a kaszkádszabályozás a legismertebb. Ekkor nemcsak a szabályozott jellemzőt használjuk fel, hanem egy kiegészítő szabályozott jellemzőt is.

A külső szabályozási kör szolgáltatja az alapjelet a belső szabályozási körnek. Ez a megoldás akkor használatos, ha a szabályozásnak időben-sebességben igen eltérő zavaróhatásokkal egyszerre kell megbirkóznia.

Például szolgálhat a kiegyenlített szellőztetés esetén az elszívó ventilátor fordulatszáma szolgáltatja az alapjelet a befűvő ventilátor számára.



VII. Hűtő- és szellőzőberendezések villamos szerelése

1. Villamos alapismeretek

Egyfázisú váltakozóáramú hálózatok

Mennyiségek és mértékegységeik

- Feszültség U [V]
- Áramerősség I [A]
- Ellenállás R [Ohm]
- Teljesítmény P [W]
- Villamos energia W [kWh]

2. Egyfázisú váltakozóáramú hálózatok – fűtőellenállások Ohmos terhelés

Ohm törvénye :

$$I = \frac{U}{R}$$

$$U = I \cdot R$$

$$R = \frac{U}{I}$$

Teljesítmény számítása:

$$P = U \cdot I$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

Energia (munka, fogyasztás) számítása:

$$W = P \cdot t$$

Példa

Egy villamos fűtőbetét ellenállása $R=20$ Ohm, névleges feszültsége $U=230$ V. Mekkora áram folyik a fűtőbetéten keresztül, ha bekapcsoljuk? Mekkora a fűtőbetét teljesítménye? Mennyi az elfogyasztott villamos energia, ami után fizetnünk kell, ha 8 órán keresztül üzemeltetjük?

$$I = U/R = 230/20 = 11,5 \text{ A} \text{ áramot vesz fel a hálózatról.}$$

$$P = U \cdot I = 230 \cdot 11,5 = 2645 \text{ W (2,65kW)}$$

$$W = P \cdot T = 2,65 \cdot 8 = 21,2 \text{ kWh}$$

3. Villamos motorok hatásos teljesítménye (tekercseléssel rendelkezők) induktív terhelés

1-fázisú motorok

Teljesítménytényező ($\cos\varphi$) „ $\cos\varphi$ ”-nek is írják „

A teljesítménytényező azt mutatja meg, hogy a fogyasztó által hálózathoz felvett áram és feszültség hatására mekkora hatásos teljesítmény alakul ki.

Motorok teljesítménytényezője ($\cos\varphi$) értéke: kb. 0,8

A hatásos teljesítmény jele P [W]

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi \quad U = \text{fázisfeszültség} \quad U_f = 230V$$

Motor esetében a P hatásos teljesítmény

nagy része az ún. tengelyteljesítmény P_{tengely} (hasznos mechanikai teljesítmény)

kisebb része a motortekercsek melegedése $P_{\text{veszteség}}$ (hővé alakuló veszteségi teljesítmény)

Motor hatásfoka: $\eta = \text{kb. } 0,9$	90% P_{tengely}	hasznos
	10% $P_{\text{veszteség}}$	hőveszteség
	$P_{\text{veszteség}} = \text{mint a fűtőbetéteknél}$	

Példa

Egy villamos motort $U=230V$ váltakozó feszültségre kapcsolunk. A hálózathoz felvett árama $I=2$ A. Mekkora a motor hatásos teljesítménye (P) és mekkora a tengelyteljesítménye (P_{tengely}) ?

Teljesítménytényező $\cos\varphi=0,8$; hatásfok $\eta = 0,9$

Hatásos teljesítménye: $P=U \cdot I \cdot \cos\varphi = 230 \cdot 2 \cdot 0,8 = 368$ W

Tengelyteljesítménye: $P=U \cdot I \cdot \cos\varphi \cdot \eta = 230 \cdot 2 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 331$ W

Háromfázisú, 3-vezetékes táplálás feszültségei

4. Háromfázisú váltakozóáramú hálózatok feszültségei:

Nagyobb teljesítmények esetében a villamos motor által a fázis- és nullavezetőkön keresztül, a hálózathoz felvett nagy áramerősség miatt igen nagy keresztmetszetű tekercselési huzalra és hozzávezetésekre lenne szükség. Ezen kívül a nagy áramerősség miatt növekednek a motortekercs és a hozzávezetések villamos veszteségei is (pl. melegedés)

Ezen javíthat, ha az adott teljesítményhez tartozó nagy áramerősség három vezetéken oszlik el. Így az egyfázisú tápláláshoz képest a fázisvezetőkön csak ennek az áramerősségnek az 1/3-a jelentkezik, ami sokkal kisebb méretű huzalok alkalmazását teszi lehetővé a motortekercsek kialakításánál és a villamos hozzávezetések is kisebb keresztmetszetűek lehetnek.

Nagy teljesítményű hűtő- és szellőzőberendezések ezért kizárólag 3-fázisú táplálásra készülnek.

A háromfázisú hálózat 3 fázisvezetője és a nullavezető között mérhető feszültségek az alábbiak:

U_v	Vonali feszültség	$U_v=400V$	(bármely két fázisvezető között mérhető)
U_f	Fázisfeszültség	$U_f=230V$	(bármely fázis és a nullavezető között mérhető)

5. 3-fázisú táplálású villamos motorok

Háromfázisú hálózat esetén a teljesítmény kiszámítása az egyfázisú hálózatnál tanultakhoz képest a következő:

A hatásos teljesítmény jele P [W]

$$P = \sqrt{3} \cdot U_v \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Példa

Egy 3-fázisú villamos motort $U_v=400V$ váltakozó feszültségre kapcsolunk. A hálózatból felvett árama $I=2$ A. Mekkora a motor hatásos teljesítménye (P) és mekkora a tengelyteljesítménye (P_{tengely}) ?

Teljesítménytényező $\cos \varphi=0,8$; hatásfok $\eta = 0,9$

Hatásos teljesítménye: $P=\sqrt{3} \cdot U_v \cdot I \cdot \cos \varphi = 1,73 \cdot 400 \cdot 2 \cdot 0,8 = 1088$ W

Tengelyteljesítménye: $P_{\text{tengely}}=P \cdot \eta = 1088 \cdot 0,9 = 980$ W

6. Kalickás forgórészű aszinkron motor (indukciós motor)

A hűtő- és szellőzőberendezések esetében, hűtőkompresszorok és ventilátorok hajtómotorja. Az ipar nagy számban alkalmazza ezt az üzembiztos, kevés karbantartás igénylő motorfajtát. (Hermetikus kompresszorok esetében nincs is lehetőségünk karbantartásra)

Felépítése egyszerű. A motor két fő részegységből áll, ezek a tekercselt állórész és a kalickás forgórész. Az állórész lemezelt vastestének hornyaiban helyezkednek el a tekercsek. A tekercseket a gép földszigetelése szigeteli el a földelt vastesttől. A háromfázisú motor állórész tekercselése fázisonként legkevesebb 2 tekercsfélből (1 póluspár) áll. Így a 3 fázis esetén összesen 6 tekercsfél alkotja az állórész tekercsrendszerét. A tekercsek száma, azaz a póluspárok száma határozza meg a motor fordulatszámát.

A forgórész, hasonlóan az állórész vasmagjához, lemezelt, az örvényáramú veszteséges csökkentése érdekében. Az így kialakított hengeres forgórész vastestben elhelyezkedő hornyokba azonban nem tekercs kerül, hanem öntési technikával a hornyok alumínium kiöntésével formálódó alumínium rudak.

A motor működése:

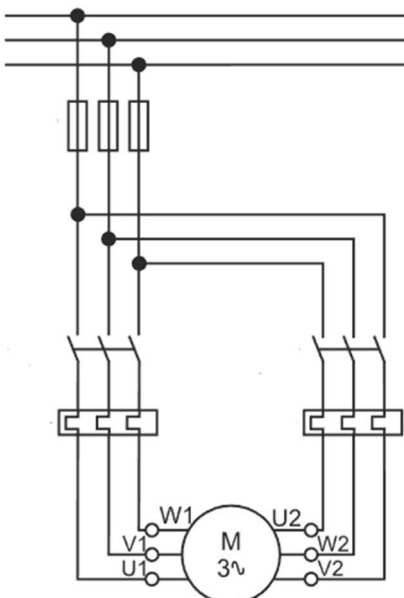
Az állórész tekercseire háromfázisú feszültségrendszert kapcsolva, az állórészben forgó mágneses mező alakul ki. Ez a forgó mágneses mező a forgórész alumínium rudazatában feszültséget indukál (innen az indukciós motor elnevezés), a feszültség pedig áramot hajt a rudakban. Az árammal átjárt rudakra a forgó mágneses térben erő hat és a gép forogni kezd. Amikor a forgórész fordulatszámja eléri a forgó mágneses mező ún. szinkron fordulatszámát, akkor az erőhatás megszűnik és a forgórész lassul. Állandósult üzemben a forgórész mindig lassabban forog, mint a mágneses mező szinkron fordulatszámja, ezért a gép aszinkron fordulatszámmal üzemel.

A forgó mágneses mező fordulatszámát az $n_0 = 60 \cdot \frac{f}{p}$ képlettel lehet kiszámítani, melyben a hálózati frekvencia ($f=50\text{Hz}$), a p pedig a póluspárok száma 1 fázisban (legkevesebb a fázisonkénti 1 tekercspár, azaz $p=1$), akkor a szinkron fordulatszám $n_0=3000$ 1/perc -re adódik. A póluspárok számának növelésével a fordulatszám csökkenthető (1500, 750, .. /perc -re)Az aszinkron motorok a szinkron fordulatszám alatti fordulatszámmal üzemelnek. A tényleges tengely fordulatszám és a szinkron fordulatszám hányadosa %-ban a szlip (=csúszás)

Kisebb teljesítményű motorok néhány tized másodperc alatt elérik az üzemi (aszinkron) fordulatszámot, nagyobb kompresszormotorok esetében ez akár 1-1,5 másodperc is lehet. Az indítás alkalmával az indítási áramlökés a bekapcsolás pillanatában az üzemi áram 3-6 -szorosa is lehet (a nagyobb érték a kis motorkra vonatkozik).

7. Az indítási áramlökés csökkentése

Csillag-delta indítás

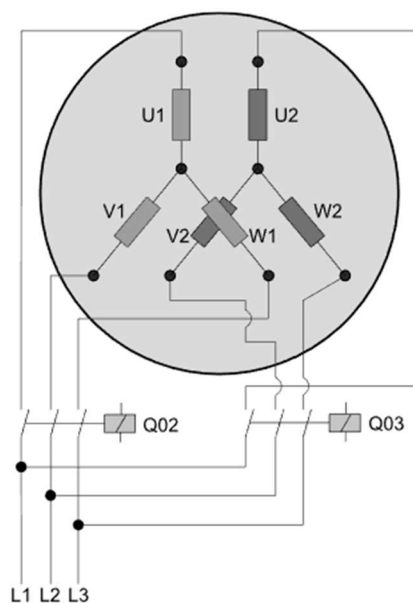


Az indítási áramlökés csökkentésére többféle mód van. Háromfázisú motoroknál szokásos a csillag delta indítási mód. Ez a módszer azon alapszik, hogy az üzemszerű működés esetén a hálózati vonali feszültség értéke (400V) jut egy-egy motortekercsre, ha a tekercseket háromszög (delta) kapcsolásban kötik be. Indítás idejére azonban átmenetileg csillagba kapcsolják a tekercseket, amikor is a 400V-re méretezett tekercsre csak a fázisfeszültség (230V) jut. Ezért a motor csökkentett feszültségű táplálással és kis indítási áramlökéssel indul, majd az üzemi fordulatszám elérésekor átkapcsolják a tekercseket háromszög kapcsolásba és a gép névleges feszültséggel, árammal és teljesítménnyel üzemel tovább.

A csillag-delta átkapcsolást tipikusan 2 mágneskapcsolóval, az időzítést pedig többnyire időrelével oldják meg.

Résztekerceses indítás

Különösen nagyobb teljesítményű hűtőkompresszorok hajtómotorjainál alkalmazzák az ún. résztekerceses motorindítást. Az aszinkron motor állórész tekercselését két külön tekercsrendszerrel készítik el. A motor teljes teljesítményéhez mindkét tekercsrendszer táplálására szükség van. Az indítás alkalmával először csak az egyik (1) tekercsrendszert kapcsolják be, így a motor fél teljesítménnyel indul és ennek megfelelően kisebb az indítási áramlökések is. Majd ezt követően a második tekercsrendszert (2) is a hálózatra kapcsolják. Az ábra a motor állórészében kialakított dupla tekercsrendszert ábrázolja.



Lágyindítás

Az indítási áramlökések csökkentésének egy másik módja a kompresszor hajtómotorjának ún. lágyindítása. A lágyindító berendezés egy elektronika, mely az indítási folyamat idejére a hálózati feszültséget fokozatosan növelve kapcsolja a motorra, így a motor kis indítási áramlökéssel vagy indítási áramlökések nélkül (lágyan) indul.

3-fázisú motor elvi kapcsolási rajza

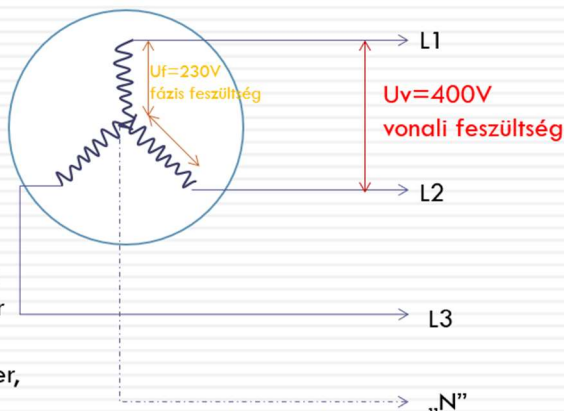
kapocsfeszültség és tekercsfeszültség

Csillag kapcsolás

Az egyes motortekercsek 230V fázisfeszültséget kapnak

Nincs üzemi nullavezeték, szimmetrikus a tekercselés ezért a feszültségrendszer is szimmetrikus.

Olyan a feszültségrendszer, mintha a csillagpontra az üzemi nullavezeték lenne kötve



3-fázisú motor delta kapcsolása

Kapocsfeszültség és tekercsfeszültség

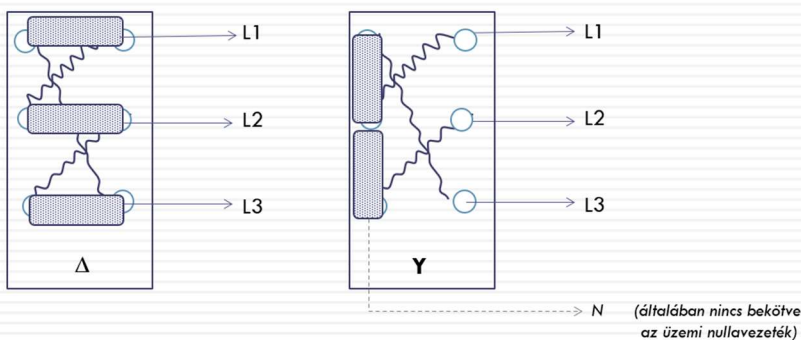
Delta kapcsolás

Az egyes motortekercsek 400V vonali feszültséget kapnak

3-fázisú motor kapocsbekötése

A motortekercsek mindkét vége ki van vezetve a kapocstáblára.

Az elrendezés célszerű, mert lamella-átkötésekkel egyszerűen kialakítható a csillag Y, és a delta Δ motorkapcsolás.



7.1. Motorindító kapcsolások

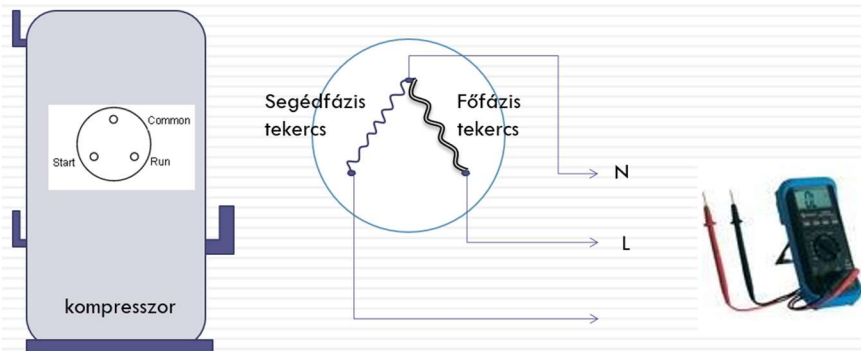
Az egyfázisú motorok indítása is csak úgy lehetséges, hogy az állórészük belsejében forgó mágneses mező alakul ki. Egy fázis és egy tekercs nem elegendő a forgó mágneses mező kialakításához, ezért az állórészt a főfázis tekercs mellett egy második, ún. segédfázis tekercssel látják el. A segédfázis táplálásához azt használják ki, hogy a villamos kondenzátorok vagy induktivitások (tekercsek) átfolyó áramának változása követi ugyan a hálózati feszültség 50Hz-es ütemét, de attól eltérően, kissé késve (induktivitások esetén) vagy éppen siettetve (kondenzátorok esetén). Így a fő- és segédfázis tekercseken eltérő az átfolyó áram változása és így forgó mágneses mezőt lehet létrehozni az állórész belsejében. A működési elv a továbbiakban azonos a háromfázisú motoroknál leírtakkal.

Egyfázisú kompresszormotorok tekercskivezetéseit mutatja a következő ábra.

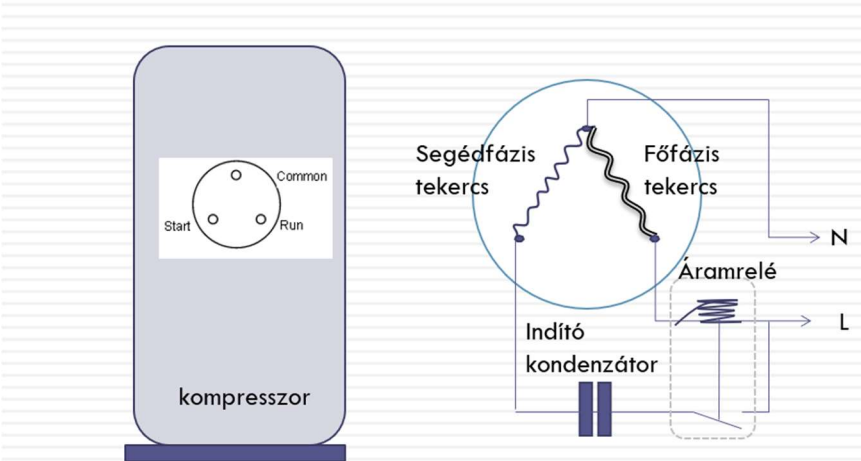
1 fázisú motorkompresszor kapocskivezetései

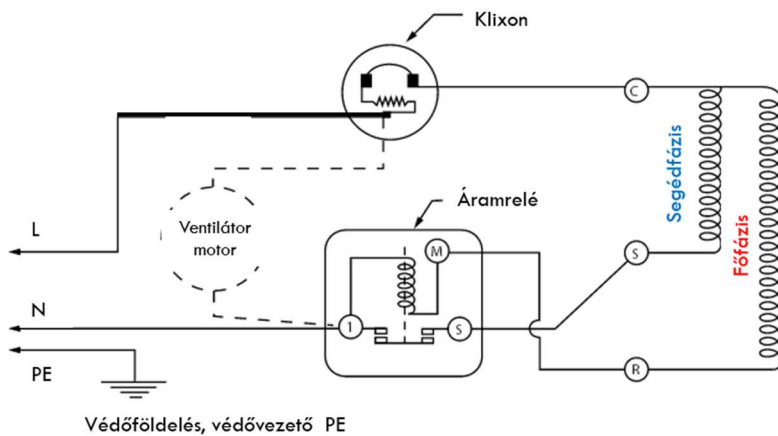
Főfázis tekercs ellenállása kicsi (nagy keresztmetszetű huzal, kis menetszám)

Segédfázis ellenállása nagy (vékony keresztmetszetű huzal, nagy menetszám)



Motorkompresszor kapcsolási rajza indító kondenzátoros kapcsolás áramrelével





On/off klímaberendezés kültéri egységének villamos kapcsolási rajza
(Forrás: Toshiba)

7.2. Motorindító áramkörök elemei

Az egyfázisú motorok bimetalos túlterhelés elleni védelme, mely az üzemi áramnál nagyobb motoráram esetén megszakítja a motor áramkörét. A klixon egy korong alakú bimetalos részegység.

Tipikus hiba, ha egy kompresszor „klixonoz”, azaz a bimetalos túlterhelés elleni védelmi (röviden, hővédelme) kikapcsolja a kompresszort, az lehűlve ismét visszakapcsolja a kompresszort és ilyenkor ismét túlmelegedve a klixon ismét kikapcsolja és így tovább. Azt mondjuk klixonozik a hűtőgép, ami annak a jele, hogy nemsokára tönkre fog menni (túlmelegedés miatt bekövetkező villamos szigetelés szigetelőképességének leromlása miatt.)



Áramrelé
(amikor a motoráram induláskor kicsi, az érintkezői zárva vannak, amikor nagy az érintkezői nyitnak.)



Klixon (bimetal korong érintkezőkkel egy bakelit házban)

A hagyományos egyfázisú klímakompresszorok (gördülődugattyús kompresszorok) fő- és segédfázis tekercselésének ellenállása hozzávetőlegesen 3 Ohm és 10 Ohm. Ez lehetőséget ad a tekercsek beazonosítására.. A frekvenciaváltóval táplált 3f-ú motorok tekercsellenállásai jó, ha elérik az 1 Ohm-ot, akár hagyományos kalickás forgórészű vagy akár az új BLDC²⁵ motorok esetében.

VIII. Technológiai és munkafolyamat tervezés²⁶

1. Beruházási, kivitelezési munkálatok időtervezése

Az időterv, vagy más néven ütemterv a projekt tevékenységeinek időbeli megvalósulását általában grafikus alakban is megjelenítő programdokumentum. Az időtervezés építési beruházások esetén értelmezett célja, hogy kivitelezési folyamatban a megfelelő mennyiségű munkaerő, gép, építőanyag a megfelelő időben, a megfelelő mennyiségben, a megfelelő helyen álljon rendelkezésre az építési területen. A kivitelezés hatékony, sikeres végrehajtása érdekében szükséges:

- Termelés-szervezés: a megfelelő szakmai összetételű és kapacitású munkaerő és a munkájukhoz szükséges eszközök, anyagok, gépek, berendezések biztosításának megtervezése;
- Organizációs tervezés: az építési munkák sorrendiségének, technológiájának megtervezése a kockázatok elemzésével;
- Ideiglenes létesítmények, ellátó hálózatok kiépítése;
- Projekt ütemterv (hálóterv): fentiek ismeretében kialakított időütemezési módszer, mely ábrázolja az építési munkák időbeliségét.

A négy fő feladat összehangolása folyamatos változás alatt áll, melyet a kivitelezés folyamán általában többször is módosítani kell. Építés előkészítés: minden olyan előkészítő intézkedés, melynek a célja, hogy a kivitelezés a lehető legkisebb költségen, a meglévő adottságok mellett bonyolódjon le. Az építés előkészítés nem statikus, hanem dinamikus folyamat. Folyamatos ellenőrzés, igazítás szükséges a tényleges folyamathoz a célok elérése érdekében. Időbeli ütemezés: az építés előkészítés meghatározó része, célja, hogy a tevékenységek sorrendjét meghatározza és bemutassa. Ez a projektmanagement egyik fontos eszköze.

Építésszervezés: Emberek, anyagok, gépek és pénzügyi eszközök (erőforrások) időbeli és térbeli összehangolása a kivitelezendő cél érdekében. Ebbe a körbe tartozik: - a technológiaválasztás, - az építéshelyi berendezés megtervezése (organizációs terv), - az időbeli ütemezés, - a létszám megtervezése,

2. Tervegyeztetés, munkafolyamatok tervezése

- Gépszükséglet meghatározása,

²⁵ BLDC= Brushless DC motor, jelentése kefenélküli egyenáramú motor

²⁶ Forrás: Gábor István: A tervek egyeztetési eljárása, a munkafolyamat megtervezése, NSZFH kiadvány

- Anyagszükséglet ütemezése,
- Pénzügyi eszközök ütemezése

A beruházási (projekt) folyamatok összessége minden esetben térben és időben játszódik le. Ennek megfelelően a generálorganizáció s tevékenység két fő csoportra tagolható: az időbeli és térbeli szervezésre

A kivitelezés során felmerülő információigények kielégítésére az építésben alkalmazott időtervek meghatározzák:

- Építés során elvégzendő egyes folyamatok időigényét, illetve bizonyos esetekben kijelölik a folyamat rendelkezésére álló időintervallumot,
- Folyamatokhoz tartozó műszaki tartalmat,
- Időbeni és térbeni összefüggéseket, -
- Technológia folyamatok megkövetelt sorrendjét,
- Feladatcsoportok végrehajtási sorrendjét,
- Teljes építés időtartamát, illetve a kezdés és befejezés naptári időpontjait.

3. Ütemtervek

Vázlatos ütemterv

A beruházások előkészítésének szakaszában, az előkészítési, illetve a beruházási javaslat vagy beruházási program részeként készülnek. Célja a nagy értékű bonyolult beruházások döntés-előkészítésének időszakában meghatározni a beruházás szempontjából fontos feladatrészek határidőpontjait, pénzügyi és kapacitási feltételeit. E terv készítésének időszakában általában még csak a kivitelezés kezdési és befejezési időpontja határozható meg, a megvalósítás részleteiről kellő mennyiségű és részletességű információ még nem áll rendelkezésre.

Tartalma:

- Tervek szállítása;
- Hatósági engedélyezési eljárások, vizsgálatok, engedélyek beszerzése,
- Egyes létesítmények építésének és technológiai szerelésének kezdete, befejezése; Munkaterület átadása; Gépek és berendezések megrendelése, szállítása;
- Beruházás üzembe helyezése;
- Üzembe helyezési időpontjai (részhatáridők), az ütemterv időléptéke függ a létesítmény nagyságától, a teljes átfutási idő mértékétől.

Generálütemterv

Célja, hogy áttekintést nyújtson az egész építési folyamatról az egyes építményrészek, fontos építési szakaszok megvalósítási időpontjairól. Ez szolgálhat a különféle alvállalkozókkal történő szerződéskötés feltételeinek műszaki alapjául. További feladat a megbízói információs igények kielégítése (nem műszaki emberek számára is érthetővé váljon).

Részletes ütemterv

Célja a megvalósítás technológiai részletességi szintjén a kivitelezés lefutásának részletes bemutatása. Tartalmazza az építés területi, esetleg időbeni szakaszaira bontva a technológiai sorrendnek és kötöttségeinek figyelembevételével az ütemezési cél alapján kidolgozott szervezési koncepciót.

Tartalma a technológia illetve munkafolyamat részletezettség szintjén, építési szakaszonkénti bontásban:

- Tervek szállítása,
- Megrendelő által biztosítandó munkaterület és adatszolgáltatás mérföldkövei,
- Egyes tevékenységek, munkafolyamatok
- Alvállalkozói munkák kapcsolódási pontjaihoz szükséges mérföldkövek
- Üzembe helyezéssel kapcsolatos információk, hatósági és egyéb bejelentési kötelezettséggel járó feladatok
- Egyes kiemelt fontosságú szerkezetek, gépek, berendezések rendelésével kapcsolatos adatok.

4. Ütemtervek ábrázolási módjai

Az időtervek a munkafolyamatok áttekinthetővé és numerikusan tervezhetővé teszik.

Többféle ábrázolási mód létezik, ilyenek például:

- Táblázatos ütemterv
Az egyes munkafolyamatokat időrendi sorrendben ábrázolja, könnyen előállítható excel táblázatkezelő programmal is
- Sávós ütemterv (Gantt-diagram)
Az egyes munkafolyamatokat naptárszerűen ábrázolja, az időtartam a naptárban sávokként jelennek meg.

IX. Munkavédelmi ismeretek

1. A munkavédelem

A munkavédelem a szervezett munkavégzésre vonatkozó biztonsági és egészségügyi követelmények, továbbá a munkát végzők egészsége, munkavégző képessége megóvásának, valamint a munkakörülmények humanizálásának, és ezzel a munkabalesetek és foglalkozási megbetegedések megelőzésének megvalósítását szolgáló törvénykezési, szervezési, intézményi előírások rendszere és mindezek végrehajtása.

2. A munkavédelem hatálya és területei

Az egészséget nem veszélyeztető és biztonságos munkahelyek kialakítása műszaki és egészségügyi eszközök, a munkavédelmi követelmények érvényesülése és érvényesítése jogi, szervezési eszközök és a munkavédelem intézményrendszere útján valósítható meg.

A munkabiztonság a munkabalesetek megelőzése, elhárítása, a foglalkozás-egészségügy pedig a foglalkozási megbetegedések megelőzése, a munkahelyi ártalmak megszüntetése érdekében kifejtett tevékenységet fogja át.

3. A munkavédelmi törvény

Munkavédelemről szóló 1993. évi XCIII. törvény

A munkavédelmi feladatokat legmagasabb szinten az alkotmány határozza meg. Az alkotmány az alapvető jogok és kötelezettségek között rendelkezik úgy, hogy a Magyar Köztársaság területén élőknek joguk van a lehető legmagasabb szintű testi és lelki egészséghez, és a megvalósítás intézményei között első helyen jelöli meg a munkavédelmet.

A munkavédelmi törvény biztosítja a jogot a biztonságos és egészséges munkafeltételekhez mindazok számára, akik Magyarország területén munkát végeznek, függetlenül a munkavégzés jogcímétől. Meghatározza a törvény az állam, a munkáltató és a munkavállaló munkavédelmi feladatait, kötelezettségeit és jogait. Meghatározza továbbá a munkavédelmi követelmények és intézmények rendszerét, a munkavédelem hatósági felügyeletét, a munkavállalók munkavédelmi érdekképviselőinek intézményét és működését, valamint a Munkavédelmi Bizottság funkcióját és hatáskörét. A törvény létrehozta a Munkavédelmi Alap intézményét, meghatározta funkcióját és kezelését.

A Munka Törvénykönyve a munkaviszony keretében történő munkavégzésre és más munkaügyi rendelkezésekkel kapcsolva tartalmaz - az Mvt rendelkezéseivel összhangban álló - munkavédelmi rendelkezéseket. A funkcionális miniszteri rendeletek (a munkaügyi miniszter és a népjóléti miniszter, a bányafelügyelet hatáskörébe tartozó területekre az ipari és kereskedelmi miniszter rendelete) a munkavédelmi követelmények érvényesítését szolgáló részletszabályokat rendezik. A tevékenység szerinti miniszterek miniszteri rendeletben teszik kötelezővé egyes szabványok, valamint a Biztonsági Szabályzatok előírásainak alkalmazását.

Munkáltató: a munkavállalót szervezett munkavégzés keretében a foglalkoztató.

Munkavállaló: a szervezett munkavégzés keretében munkát végző személy.

Munkaeszköz: minden gép, készülék, szerszám vagy berendezés, amelyet a munkavégzés során alkalmaznak vagy azzal összefüggésben használnak (kivéve: az egyéni védőeszköz)

Kockázat: a veszélyhelyzetben a sérülés vagy az egészségkárosodás valószínűségének és súlyosságának együttes hatása.

Megelőzés: a munkáltató által megtett vagy tervezett intézkedések a munkáltatói tevékenység bármely fázisában, amelyeknek célja a munkával összefüggő kockázatok megelőzése vagy csökkentése.

Egyéni védőeszköz: megelőzés céljából a munkavállaló egészségének, testi épségének megóvása érdekében viselt felszerelés.

Foglalkozási megbetegedés: a munkavégzés, a foglalkozás gyakorlása közben bekövetkezett olyan heveny és idült, valamint a foglalkozás gyakorlását követően megjelenő vagy kialakuló idült egészségkárosodás

Baleset: az emberi szervezetet ért olyan egyszeri külső hatás, amely a sérült akaratától függetlenül, hirtelen vagy aránylag rövid idő alatt következik be és sérülést, mérgezést vagy más (testi, lelki) egészségkárosodást, illetőleg halált okoz.

Munkabaleset: az a baleset, amely a munkavállalót a szervezett munkavégzés során vagy azzal összefüggésben éri, annak helyétől és időpontjától és a munkavállaló (sérült) közrehatásának mértékétől függetlenül.

12. Veszélyes anyag: minden anyag vagy keverék, amely fizikai, kémiai vagy

biológiai hatása révén veszélyforrást képviselhet, így különösen a

robbanó,	oxidáló,
gyúlékony,	sugárzó,
mérgező,	maró,
ingerlő,	szenzibilizáló,
fertőző,	rákkeltő,
mutagén,	teratogén,
utódkárosító (beleértve a spontán vetélést, koraszülést és a magzat retardált fejlődését is)	egyéb egészségkárosító anyag

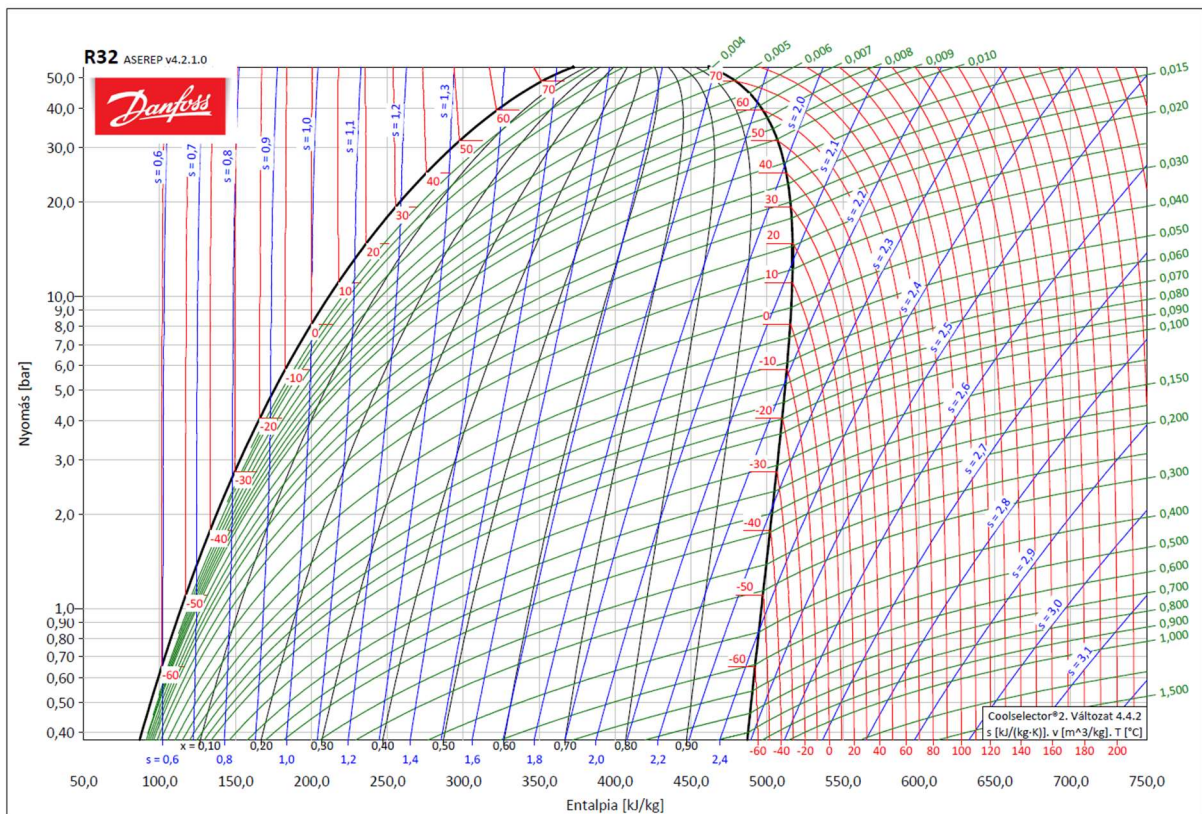
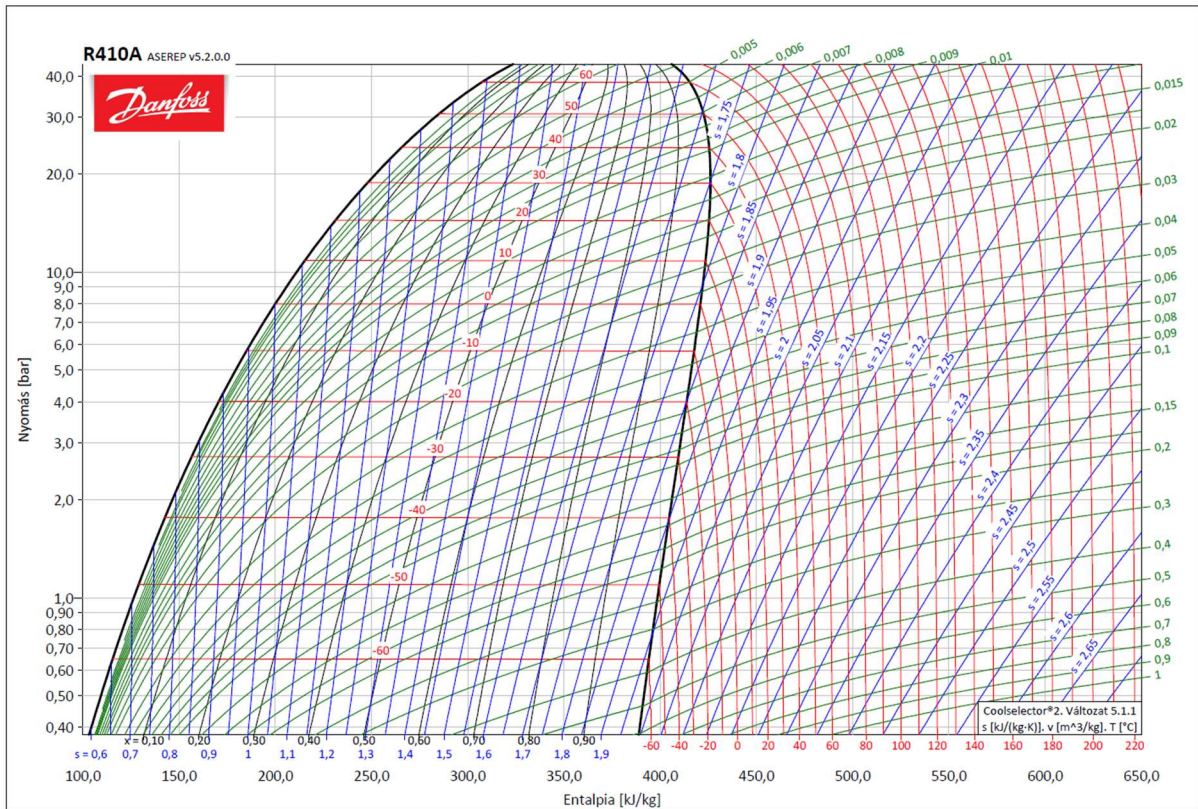
13. Veszélyforrás: a munkavégzés során vagy azzal összefüggésben jelentkező minden olyan tényező, amely a munkát végző vagy a munkavégzés hatókörében tartózkodó személyre veszélyt vagy ártalmat jelenthet. Veszélyforrás lehet különösen:

- 1 fizikai veszélyforrás
- 2 veszélyes anyag (lásd 12. pont);
- 3 biológiai veszélyforrás (mikro- és makroorganizmus (növény, állat)
- 4 fiziológiai, idegrendszeri és pszichés igénybevétel

1. Fizikai veszélyforrások	
munkaeszközök, járművek, szállító-, anyagmozgató eszközök, ezek részei,	illetve mozgásuk, termékek és anyagok mozgása,
szerkezetek egyensúlyának megbomlása,	csúszós felületek,
éles, sorjás, egyenetlen felületek, szélek és sarkok,	tárgyak hőmérséklete,
a munkahelynek a föld (padló) szintjéhez viszonyított elhelyezése,	szintkülönbség,
súlytalanság	a levegő nyomása, hőmérséklete, nedvességtartalma, ionizációja és áramlása
világítás,	zaj, rezgés, infra- és ultrahang,
részecskesugárzás,	elektromágneses sugárzás vagy tér,
aeroszolok és porok a levegőben;	elektromos áramköri vagy sztatikus feszültség,

Mellékletek

Hűtőközegek lg p – h diagramja



Klímaberendezés beüzemelési adatlap

Berendezésadatok

Berendezés típusa,
azonosítója:

Telepítés helye:

Dátum:

Hűtőközeg: R Hűtőközeg töltetmennyiség: kg

Vákuumolás és vákuumtartási próba

Vákuum értéke: Pa

Vákuumolás ideje:perc

Vákuumtartási próba megfelelt / nem felelt meg

Üzemi próba

Állandósult üzemi állapotban, hűtés üzemmódban, maximális ventilátor fordulatszámon, legalacsonyabb kívánt hőmérséklet beállítása (pl. 16°C) mellett mért értékek:

Kültéri egységnél:

Külső hőmérséklet:°C

Beltéri egységnél:

Beszívott levegő hőmérséklete:°C

Kifűjt levegő hőmérséklete:°C megfelelt / nem felelt meg

Beszívott - kifűjt levegő hőmérséklet különbsége: K megfelelt / nem felelt meg

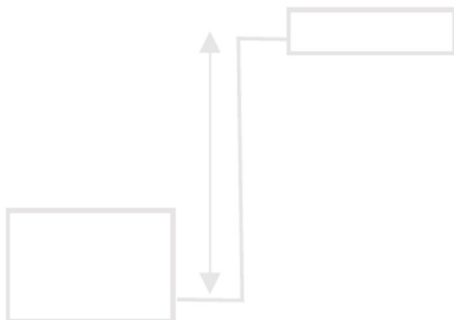
Egyéb mérések (ha a hőmérsékletértékek nem feleltek meg):

Áramfelvétel: A

Elpárolgási nyomás és hőmérséklet: bar ->°C

Szabadkézi vázlat:

Jelölés minta



7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról

Kivonat 1. –

A szellőző levegő mennyisége

„ Az épített környezet alakításáról és védelméről szóló 1997. évi LXXVIII. törvény 62. §-a (2) bekezdésének *h*) pontjában kapott felhatalmazás alapján a következőket rendelem el:

1. §* (1) E rendelet hatálya - a (2) bekezdés szerinti kivételekkel - az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról szóló kormányrendeletben meghatározott épületekre, épületelemekre terjed ki. ... „

V. Az épületgépészeti rendszerre vonatkozó előírások

1. A belső hőmérsékletre vonatkozó előírások

1.1. Ha jogszabály eltérően nem rendelkezik, a tervezésnél a belső hőmérsékletre vonatkozóan az alábbi táblázatban levő hőmérsékleteket kell figyelembe venni. Megfelelő megoldás az MSZ EN 15251 szabványban levő légállapot követelmények alkalmazása is.

Általános esetben az alábbi 1. táblázat tartalmazza a hőmérsékletet és a beszabályozási tartományt.

1. táblázat: Az épületgépészeti rendszer tervezéséhez figyelembe vehető légállapot adatok

1. táblázat: Az épületgépészeti rendszer tervezéséhez figyelembe vehető légállapot adatok

Az épület vagy a helyiség funkciója	A minimális belső hőmérséklet fűtésnél, °C	Hőmérséklet tartomány fűtésnél, °C	A maximális belső hőmérséklet hűtésnél, °C (amennyiben van gépi hűtés)	Hőmérséklet tartomány hűtésnél, °C
Lakóépület, huzamos tartózkodásra szolgáló helyiségek (szobák, étkező hálószoba stb.)	20	20-25	26	23-26
Lakóépület: egyéb helyiségek (konyha, tároló stb.)	16	16-25	-	-
Iroda (cellás vagy egyterű) Konferenciaterem Előadó, osztályterem Étterem/büfé	20	20-24	26	23-26
Óvoda	22	22-24	26	23-26
Áruház	16	16-22	25	21-25

Megjegyzés: A táblázatban levő hőmérsékletek operatív hőmérsékletet jelentenek.

2. Az épület szellőző levegő igénye

2.1. Nem lakó funkciójú épület

Légtechnikai rendszer esetén, folyamatos emberi tartózkodásra használatos helyiségben a tartózkodási zónába minimálisan bejuttatandó friss levegő mennyiséget az alábbi összefüggéssel lehet megállapítani alacsonyan szennyező épületet figyelembe véve. Ettől eltérő igényeket a tervezési programban kell rögzíteni. Összes légmennyiség:

$$q_{\text{tot}} = n \times 25,2 + A \times 2,52$$

q_{tot} :	összes szellőző levegő,		$[\text{m}^3/\text{h}]$
n:	személyek száma		
személyenkénti szellőző levegő igény:		25,2	$[\text{m}^3/\text{h}/\text{fő}]$
A:	az épület hasznos alapterülete,		$[\text{m}^2]$
épületemisszió miatt szükséges szellőzés:		2,52	$[\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2]$

A belső térben a CO_2 koncentráció a külső tér levegőjéhez képest maximum 500 ppm-mel lehet magasabb. Alacsonyan szennyezőnek minősül az az épület, ahol a burkolatok és a berendezések alacsony emissziójú anyagok (pl. kő és üveg), továbbá olyan anyagok, amelyek kielégítik a következő feltételeket:

a) TVOC emisszió	< 0,2	$[\text{mg}/\text{m}^2\text{h}]$
b) Formaldehid emisszió	< 0,05	$[\text{mg}/\text{m}^2\text{h}]$
c) Ammónia emisszió	< 0,03	$[\text{mg}/\text{m}^2\text{h}]$
d) IARC emisszió	< 0,005	$[\text{mg}/\text{m}^2\text{h}]$
e) Az anyagnak nincs jellegzetes szaga (az anyag szagával elégedetlenek aránya 15% alatti)		

2.2. Lakóépület

Légtechnikai rendszer esetén, az alábbi helyiségekben a tartózkodási zónába minimálisan bejuttatandó friss levegő mennyiséget a 2. táblázat szerint lehet megállapítani

2. táblázat: Friss levegő igény

(1.)	(2.)	(3.)
átlagos légmennyiség m^2 -re vetítve	nappali főre	hálószoba m^2 -re vetítve
m^3/h ,	$\text{m}^3/\text{h}/\text{fő}$	m^3/h ,
1,5	25,2	3,6

A friss levegő mennyiséget ki kell számítani az (1.) oszlop szerint a lakás hasznos alapterülete alapján, a (2.) oszlop szerint a lakást használó személyek száma alapján és a (3.) oszlop szerint a nappali és a hálószoba alapterülete alapján. A három térfogatáram közül a legnagyobbat kell figyelembe venni.

IV.1. táblázat: Tervezési adatok

Az épület rendeltetése	Légcserezszám fűtési időnyben n [1/h]			Használati melegvíz nettó hőenergia igénye q_{HMV} [kWh/m ² /a]	Világítás energia igénye q_{vil} [kWh/m ² /a]	Világítási energia igény korrekciós szorzó $U^{(4)}$	Szakaszos üzem korrekciós szorzó $\sigma^{(5)}$	Belső hőnyereség átlagos értéke $q_b^{(11)}$ [W/m ²]
	1)	2)	3)					
Lakóépületek ⁽⁶⁾	0,5			30 ⁽¹⁰⁾	(4) ⁽⁹⁾	-	0,9	5
Irodaépületek ⁽⁷⁾	2	0,3	0,8	9	11	0,7	0,8	7
Oktatási épületek ⁽⁸⁾	2,5	0,3	0,9	7	6	0,6	0,8	9

1) Légcserezszám a használati időben

2) Légcserezszám használati időn kívül

3) Átlagos légcserezszám a használati idő figyelembevételével (ha nincs gépi szellőztetés).

7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról

Kivonat 2. –

Lakóépületek összesített energetikai jellemzői - hőigény

„ Az épített környezet alakításáról és védelméről szóló 1997. évi LXXVIII. törvény 62. §-a (2) bekezdésének h) pontjában kapott felhatalmazás alapján a következőket rendelem el:

1. §* (1) E rendelet hatálya - a (2) bekezdés szerinti kivételekkel - az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról szóló kormányrendeletben meghatározott épületekre, épületelemekre terjed ki. ... „

5. melléklet a 7/2006. (IV. 24.) TNM rendelethez 1

Költségoptimalizált követelményszint

I. A határoló- és nyílászáró szerkezetek hőátbocsátási tényezőire vonatkozó követelmények

1. táblázat: A hőátbocsátási tényező követelményértékei

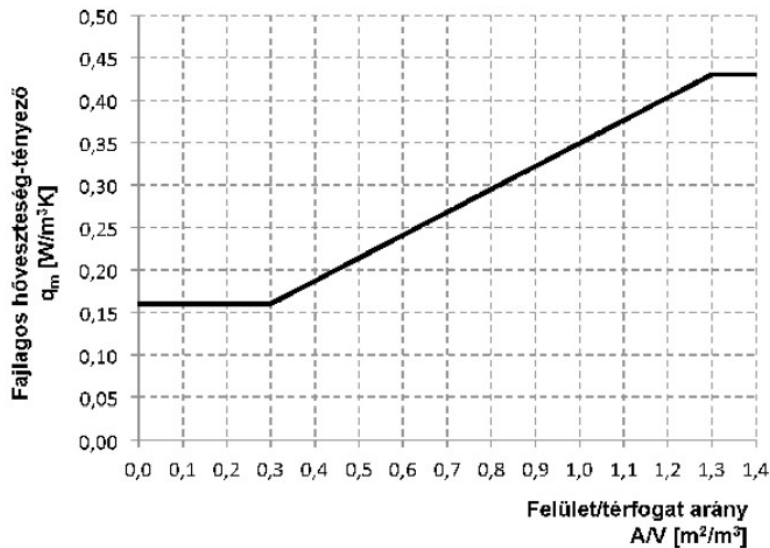
	Épülethatároló szerkezet	A hőátbocsátási tényező követelményértéke (U) W/m ² K
	Kivonatolva! Néhány példa!	
1	Homlokzati fal	0,24
2	Lapostető	0,17
3	Fűtött tetőteret határoló szerkezetek	0,17
6	Alsó zárófödém fűtetlen terek felett	0,26
18	Fűtött és fűtetlen terek közötti fal	0,26
9	Fa vagy PVC keretszerkezetű homlokzati üvegezett nyílászáró (>0,5m ²)	1,15
10	Fém keretszerkezetű homlokzati üvegezett nyílászáró	1,4

II. A hőveszteség tényező követelményértékei:

(az A/V érték a külső lehűlő falfelületek m²-ben és a belső fűtött légtér fogat aránya)

$$\begin{aligned}
 A/V \leq 0,3 & \quad q_m = 0,16 \text{ [W/m}^3\text{K]} \\
 0,3 \leq A/V \leq 1,3 & \quad q_m = 0,079 + 0,27 (A/V) \text{ [W/m}^3\text{K]} \\
 A/V \geq 1,3 & \quad q_m = 0,43 \text{ [W/m}^3\text{K]}
 \end{aligned}$$

A fenti összefüggéssel megadott értékek a 1. ábrából is leolvashatók.



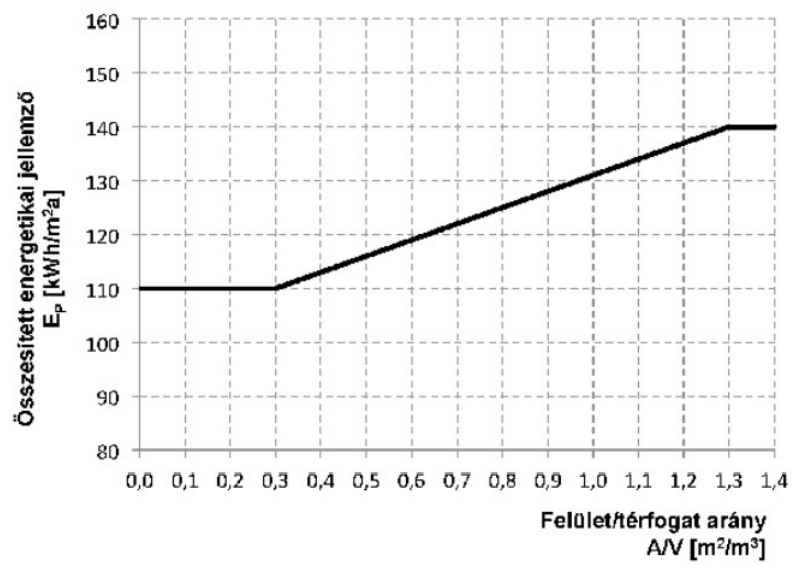
III. Összesített energetikai jellemző követelményértékek

1. Az összesített energetikai jellemző számértéke az épület rendeltetésétől, valamint a felület/térfogat aránytól függ, értéke az alábbiakban közölt összefüggésekkel számítható, illetve az ábrából leolvasható. Az épületek összesített energetikai jellemzőjének számértéke nem haladhatja meg az épület felület-térfogat aránya és rendeltetészerű használati módja függvényében a számítási összefüggéssel és diagram formájában is megadott értéket.

2. lakó, és szállásjellegű épületek esetén

$$\begin{aligned}
 A/V \leq 0,3 & \quad E P = 110 \text{ [kWh/m}^2 \text{ a]} \\
 0,3 \leq A/V \leq 1,3 & \quad E P = 30 (A/V) + 101 \text{ [kWh/m}^2 \text{ a]} \\
 A/V \geq 1,3 & \quad E P = 140 \text{ [kWh/m}^2 \text{ a]}
 \end{aligned}$$

A fenti összefüggéssel megadott értékek az 1. ábrából is leolvashatók.



6. melléklet a 7/2006. (V. 24.) TNM rendelethez

A közel nulla energiaigényű épületek követelményszintje

I. A határoló- és nyílászáró szerkezetek hőátbocsátási tényezőire vonatkozó követelmények A közel nulla energiaigényű épületeknek meg kell felelnie az 5. melléklet I. részében meghatározott követelményeknek. Meglévő épület önkéntes közel nulla energiaigényűvé minősítéséhez szükséges átalakítása során csak a felújítással érintett szerkezetre vonatkozik a követelmény.

II. A fajlagos hőveszteség tényező követelményértékei

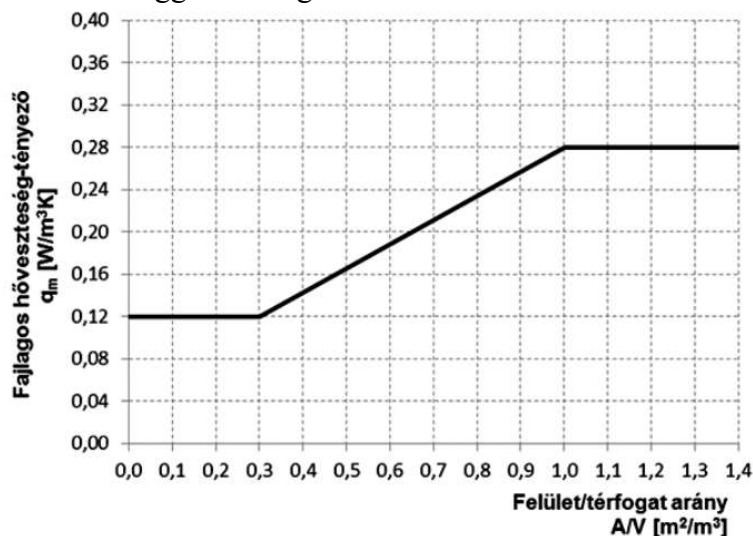
A 2. és 3. pont kivételével a fajlagos hőveszteség tényező megengedett legnagyobb értéke az épület lehűlő felület (A) és fűtött terek levegő térfogat (V) arány függvényében a következő összefüggéssel számítandó:

$$A/V \leq 0,3 \quad q_m = 0,12 \text{ [W/m}^3\text{K]}$$

$$0,3 \leq A/V \leq 1,0 \quad q_m = 0,05143 + 0,2296 (A/V) \text{ [W/m}^3\text{K]}$$

$$A/V \geq 1,0 \quad q_m = 0,28 \text{ [W/m}^3\text{K]}$$

A fenti összefüggéssel megadott értékek a 1. ábrából is leolvashatók.



III. Összesített energetikai jellemző követelményértékek

1. Általános esetben összesített energetikai jellemző követelményértéke az 1. táblázat szerint határozható meg. 1. táblázat: Általános esetben összesített energetikai jellemző követelményértéke

Sorszám	1. Rendeltetés	2. E _p Összesített energetikai jellemző követelményérték (kWh/m ² a)
1.	Lakó- és szállás jellegű épületek (nem tartalmazza a világítási energiaigényt)	100
2.	Iroda és legfeljebb 1000 m ² hasznos alapterületű helységet magukba foglaló kereskedelmi épületek (világítási energiaigényt is beleértve)1)	90
3.	Oktatási épületek és előadótermet, kiállítótermet jellemzően magukba foglaló épületek (világítási energiaigényt is beleértve)	85

IV. Felhasznált minimális megújuló energia részaránya

1.1.1 Lásd: 64/2019. (III. 27.) Korm. rendelet 13. §. Az épület energiaigényét az összesített energetikai jellemző méretezett értékéhez viszonyítva **legalább 25%-os mennyiségben olyan megújuló energiaforrásból kell biztosítani, amely az épületben keletkezik, az ingatlanról származik vagy a közelben előállított.** A III. rész 2. pontjában meghatározott egyéb rendeltetésű épületeknél minimálisan alkalmazandó megújuló részarányának nem kell meghaladnia a 25 kWh/m²-évet.

A minimálisan alkalmazandó megújuló energiaigény mértéke a következő képlettel határozható meg: $E_{\text{us min}} = 0,25 \cdot EP$ méretezett ahol

$E_{\text{us min}}$: a minimálisan alkalmazandó megújuló energiaigény mértéke,

EP méretezett: a 2. melléklet XII. része szerint meghatározott az épület számított összesített energetikai jellemzője.

Felhasznált irodalom

- Korbacska Ákos: Hűtőtechnika I-II, középiskolai oktatási jegyzet, 2014
- H.-J. Ullrich: Kältetechnik (ford. Korbacska Ákos)
- H.-J. Ullrich: Klimatechnik
- HKVSZ Szervizkonferencia, Alternatív alacsony GWP-jű hűtőközegek konferenciaelőadás anyaga, 2019
- Danfoss Optyma Slim Pack és Optyma Plus aggregátok termékismertető és „Gyorskiválasztó katalógus”
- Galletti „Telepítési, használati és karbantartási útmutató”
- MSZ EN 378-2:2017 szabvány egyes fejezetei kivonatolva
- BME Építészet és energia: A kürtőhatás, 2013 TDK konferencia kiadvány
- 7/2006 (V. 24.) TNM „Épületek energetikai jellemzőinek meghatározása” c. rendelet
- Hoval cég HomeVent comfort termékleírás
- Siemens AG.: Regeln und Steuern von Lüftungs- und Klimaanlageanlagen
- Siemens AG.: Kältetechnik 2017
- Siemens AG.: h-x diagram Aufbau und Anwendung
- Viessmann: Szellőztető berendezések komplett tervezési segédlet
- Baumann Mihály Dr. Csoknyai Tamás Dr. Kalmár Ferenc Dr. Magyar Zoltán Dr. Majoros András Dr. Osztrólczy Miklós Szalay Zsuzsa Prof. Zöld András: Épületenergetika Segédlet (Pécsi Tudományegyetem kiadása)
- Dr. Nemes József: Irányítástechnika, 2012 Nyugat-magyarországi Egyetem kiadmánya
- Gábor István: A tervek egyeztetési eljárása, a munkafolyamat megtervezése, NSZFH kiadvány

Internetes oldalak

https://www.bitzer.de/shared_media/html/at-330/en-GB/387424651387444491.html

<https://reftools.danfoss.com/spa/tools/ref-slider>

<https://www.myvrvdrive.com/category/vrv/products/re>

https://www.daikin-ce.com/en_us/customers/software-downloads/daikin-psychometrics-diagram-viewer.html

