

2.3 A klímarendszerek egyes elemeinek illesztése, automatikus szabályozása



A légtechnikai rendszerek létesítése, üzemben tartása komplex átfogó stratégiát igényel. Az ezzel foglalkozó szakembereknek a termelőfolyamatot, a rendeltetésszerű üzemben tartást, a klímatechnikát, a közzelgélalános építési fizikát és az elektrotechnikát, irányítástechnikát rendszert.

A komplexitás miatt a létesítés és üzemben tartás műszaki-személyi feltételeit a tényezők befolyásolhatósága alapján — a teljességre való törekvés nélkül — célszerű vizsgálni.

1. *Nem befolyásolható tényezőként* kell figyelembe venni a külső klimatikus viszonyokat, amelyek az ember és irányítástechnikai rendszer által nem változtathatók.

Itt arra kell törekedni, hogy a statisztikai értékek minél pontosabban rendelkezésre álljanak és a rendszer funkcionális egységeinek megválasztásánál — dinamikus vizsgálattal — ez a tényező fontos szerepet kapjon.

Ennek a befolyásolhatatlan tényezőnek időbenisége determinálja a teljes légtechnikai rendszer felépítését, az illesztési módokat és az irányítástechnikai rendszer megválasztását.

2. Az építmények és ahhoz illesztet légtechnikai rendszerek létesítésével vagy utólagos módosításával *befolyásolható tényezők* nemcsak az energiafelhasználás alapszintjét, de az irányítástechnikai rendszer által megvalósítható funkcióit is behatárolják.

Tudomásul kell venni, hogy a légtechnikai rendszer létesítésének hiányosságait és üzemeltetési mód által megvont határokat az „intelligens” jelzővel ellátott irányítástechnikai rendszer sem tudja átlépni. Az irányítástechnikai berendezések felépítése alapját képező matematikai és fizikai alapelvek ismerete nélkül a légtechnikai rendszerekhez való illesztés és üzemmenet befolyásolása nem képzelhető el. Ezt azért kell hangsúlyozni, mert a laikusok, sőt a szakemberek is azt hiszik, hogy mindez már régen közismert. Az alapelvek ismertetése nélkül célszerű az irányítástechnikai berendezés és légtechnikai rendszer illesztésének gyakorlati megfontolásait áttekinteni. A tapasztalataink szerint előadódó hiányosságokkal foglalkozunk részletesebben (az ezek közötti összefüggésekre rámutatva) és érintve a műszaki, gazdasági és személyi feltételeket is.

Hidraulikai kiegyensúlyozottság

A termikus berendezések automatizálása feltételezi a rendszerek hidraulikus kiegyensúlyozottságát. Mivel ezzel a legkevésbé foglalkozunk a rendszer felépítése során, ebből arra lehet következtetni, hogy ez egy túlzott fontosság nélküli tárgykör vagy kevésbé ismert terület, amelyet néha többé-kevésbé szándékosan nem akarnak tudomásul venni.

A hidraulikai kiegyensúlyozatlanság és illesztés által felvetett problémák nem oldhatók meg azzal, hogy passzívan tudomásul vesszük az egyébként költséges komforthiányt azzal, hogy ezen hiányosságok kiküszöbölését helytelenül a szabályozó berendezéstől várjuk.

Emlékeztetni kell arra a körülményre, hogy 1 °C mértékű túlfűtés 6–12%-os energiafelhasználási többlettel jár.

A berendezések, rendszerek kiegyensúlyozása tehát elképzeléseinktől függetlenül szükséges és szabályozók működtetési feltételeit jelenti; a kérdés bonyolultsága a szokásos magyarázással, feltételezéssel nem oldható meg.

A hidraulikai kiegyensúlyozás és illesztés csak akkor lehetséges, ha rendelkezünk megfelelő beavatkozók (szabályozó szelep, fojtóelem stb.) és módszerrel.

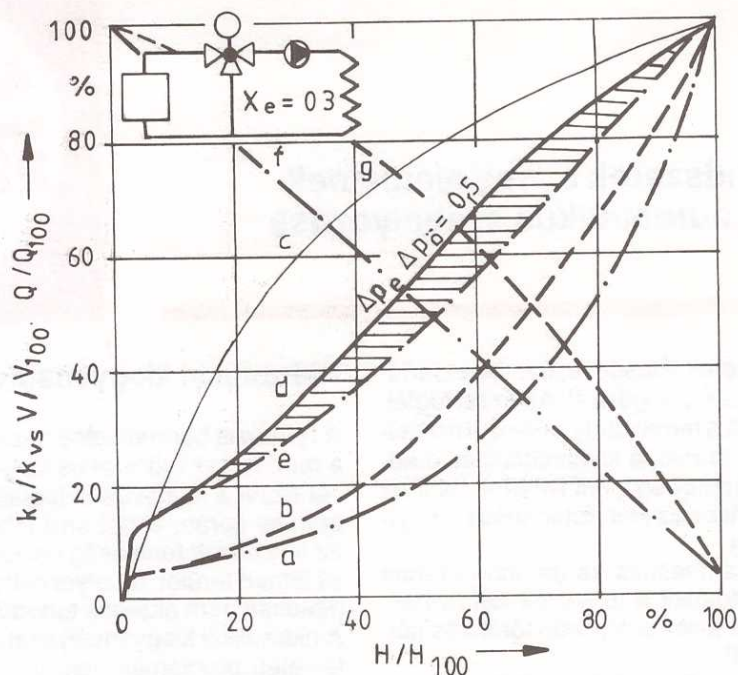
Az adott területen szerzett tapasztalat mutatja, hogy legtöbb berendezés nincs kiegyensúlyozva. Itt a kiigazítások is látványos eredményre vezetnek; az elérhető energiamegtakarítás 10–20% közötti és a megtérülési idő a tevékenységnek egy év.

Az ilyen berendezések lehetővé teszik más fejlett szabályozási és optimalizálási feladatokat.

A hidraulikai kiegyensúlyozás fontosságáról a meglevő vagy megvalósítható berendezésért felelős személy tudatában kell, hogy legyen.

A szelepkivitel megválasztása

Szellőzési szabályozási szakaszoknál a hőcserélő erősen nem lineáris jellege miatt egyenlő százaléku alapjelleg-görbéjű szabályozó szelepekre van szükség; kétútú szelepeknél (1. ábra) ehhez lineárisan profilozott túlfolyó kapu kívánatos. Ez az aszimmetrikus profilozás biztosítja a rendszerben az összarám



1. ábra

Kétutú szelep szabályozási jelleggörbéi

a – egyenlőszázalékú alapkarakterisztika, b – üzemi jelleggörbe, c – hőcserélő jelleggörbe ($x_w = 0,3$), d – szabályozási jelleggörbe, e – fiktív jelleggörbe ($\Delta p_s \Delta p_0 = 1$ -nél), f – lineáris kapu alapkarakterisztika, g – lineáris kapu üzemi jelleggörbe

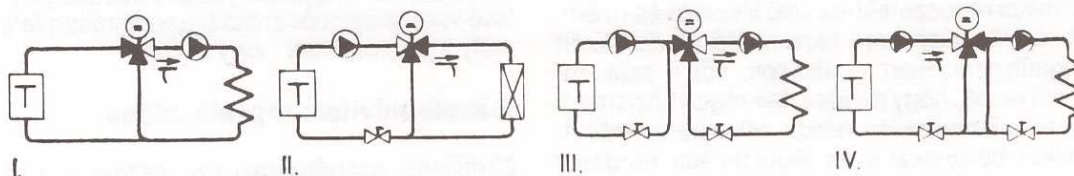
kívánt állandóságát. Az egyenlőszázalékú alapkarakteristikájú szelepek hátránya a tömegugrásuk, melynek következménye a hőcserélő jelleggörbe nagy kezdeti meredekségével kapcsolatos jelentős teljesítményugrás, ami nem ritkán nehézségekhez vezet, kis terhelési tartományban történő szabályozásnál. Ezek gyakran teljesítmény-megválasztással, vagy az előremenő hőmérséklet időjárásától függő előszabályozásával küszöbölhetők ki.

A nagy teljesítmény hátránya, hogy pl. egy P-szabályozó csak nagy arányossági tartomány beállítása esetén szabályoz stabilan, aminek következménye a

megfelelően nagy terhelésfüggőség. Egy optimálisan beállított PI-szabályozó viszont korrigálja a szabályozási jelleggörbe meredek részén fellépő szabályozási eltérést a kívánt sebességgel, a lapos részén viszont túlstabil lesz, úgy, hogy a kiegyenlítési folyamat igen lassan megy végbe.

Szelepméretezés

A szabályozó szelepeket a lehető legkedvezőbb szabályozási jelleggörbe elérése érdekében elméletileg olyan $\Delta p_{sz}/\Delta p_0$ nyomásviszonyokkal kellene kívá-



2. ábra

Hidraulikai alapkapcsolások, kétutú szeleppel

I – visszakeverő kapcsolás, II – túlfolyó-, vagy megkerülő kapcsolás, III – bekeverő kapcsolás, IV – befecskendező kapcsolás

lasztani, ami az alapkapsolásoknak és a szelepkivitelezésnek megfelelhet (2. ábra). Annak érdekében, hogy a szabályozó szelepek méretezésének irányelveit a lehető legegyszerűbben lehessen kialakítani, ajánlatos valamennyi szabályozó szelepet minden alapkapsolásban egységesen kb. 0,5-ös $\Delta p_{sz}/\Delta p_0$ nyomásviszonyra méretezni. Ez az érték minden esetben jó szabályozhatóságot tesz lehetővé és egyúttal megakadályozza a rendszerben a hibás keringéseket, melyek extrém nyomásviszonyok mellett kérdésessé tehetik a berendezés kifogástalan működését.

Az I. és a II. alapkapsolásban a szelep megkerülő ágát illeszteni kell a fogyasztóhoz, illetve a hőtermelőhöz. A III. és IV. alapkapsolás esetén a hibás keringések megakadályozására visszacsapó szelepet kell beépíteni a rövidrezáró csőben vagy a szeleppel ellentétes oldalú változó tömegáramú csőszakaszban és/vagy a kétszivattyús kör között megfelelő távolságot vagy etáztst kell figyelembe venni.

A szelepméretezés alapsabálya ezek után: a nyitott szelep Δp_{sz} nyomásesése azonos, vagy nagyobb legyen, mint a csőhálózat azon részének maximális nyomásvesztése, melynek átáramlását a szabályzó szelep állásváltozása közvetlenül befolyásolja. Ez az I. alapkapsolásnál a hőtermelő, a II. alapkapsolásnál a hőcserélőkör (léghevítő) és. a III. és a IV. alapkapsolásoknál a rövidre záró részek. Néhány gyakorlati példa alapján a következőkben ezzel közelebbről foglalkozunk.

A hidraulikai kör és a hőtermelők kapcsolatai

A hidraulikai illesztésnél egy egységnek tekinthetjük a hőcserélőket a szeleppel. A nyomásviszonyok és a hőcserélő-jellemzők meghatározzák a hőleadók szabályozási jelleggörbét. A jelleggörbe lineáris szakasza alkalmas a hőcserélő teljesítményének befolyásolására (az erősítés értékének változása $K_s \approx 5$).

Áttekintésként adjuk meg a hidraulikus alapkapsolások alkalmazásának összefoglaló 3-4. ábráját. A legjellemzőbb alapkapsolások gyakorlati megfontolásait csak az összefoglaló ábrákból kiemelve, de azzal összefüggésben vizsgálhatjuk.

I. alapkapsolás

A legegyszerűbb esetben csak egy fűtőcsoport van a hőtermelőhöz csatlakoztatva. Az a feltétel, hogy a fűtőkazán ellenállástényezője, mely alapvetően meghatározza a hőtermelő kör nyomásvesztését (rövid távolságra van a kazán és a szelep között), inkább valamivel kisebb legyen, mint a teljesen nyitott szelepé, általában teljesül, ha a szabályozószelep névleges átmérőjét azonosra választják a csővezeték, illetve a hőtermelő csőcsonkjának átmérőjével. Ezen egyszerű gyakorlati szabály szerint méretezik gyakran a szabályozó szelepeket, anélkül, hogy

a hőtermelő kör pontos nyomásvesztését egyáltalán ismernék. Esetenként ez a módszer lényeges eltérésekhez vezet ugyan a 0,5 értéktől, ami azonban ennél a kapcsolásnál nem befolyásolja túlzottan a szabályozás minőségét. Olyan berendezéseknél, melyeknél a csőelosztóra több fűtőcsoport van csatlakoztatva, a szabályozó szelepek ideiglenes méretezésére az előbbi gyakorlati szabály szintén alkalmazható. Ha a szabályozó szelepek névleges átmérőjét ugyanolyan nagynak választjuk meg, mint a cső névleges átmérőjét, akkor szokásos csőhálózat-számítás mellett a nyomásesés ($R = 100-200 \text{ Pa/m}$) 0,7-3,0 kPa értékeknek adódik.

Az egyetlen fűtőcsoportos berendezésekkel ellentétben azonban most a csőhálózat végleges számításánál felül kell vizsgálni, hogy a gyakorlati szabálynak megfelelően méretezett szabályozó szelepek egyikének ellenállása sem marad több, mint 10-20%-kal a hőtermelő kör maximális nyomásvesztése (nyomás-differencia az elosztón) alatt.

A főszivattyú nélküli kapcsolás alkalmazását — tétel-indoklás mellőzésével — olyan berendezésekre kell korlátozni, melyeknél a maximális nyomásvesztés a hőtermelőben a 2-2,5 kPa értéket nem haladja meg.

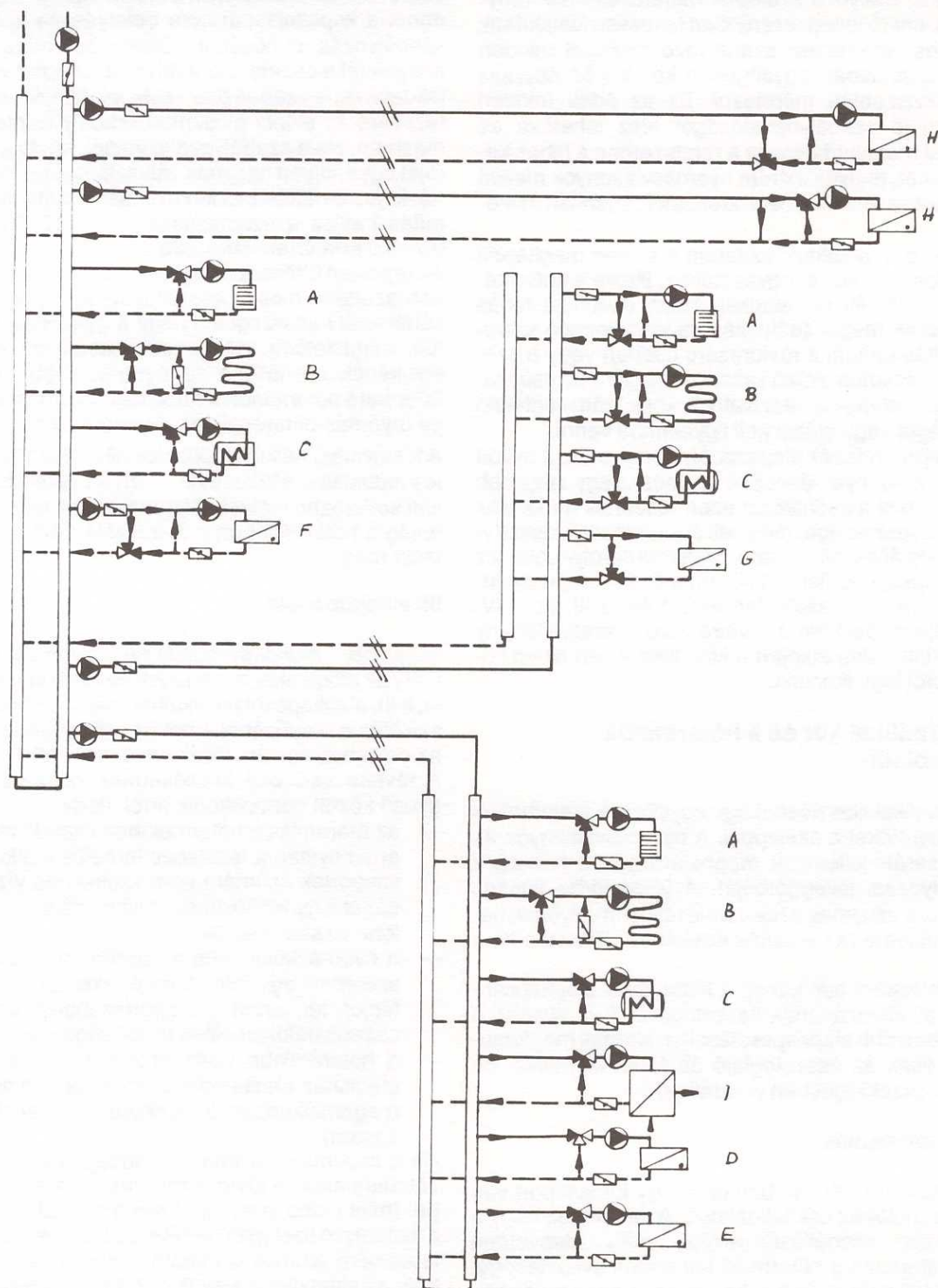
III. alapkapsolás

Nagyobb nyomásvesztésű berendezéseknél, mely az előbbiekből megadott határtéket meghaladja, a III. alapkapsolást alkalmazzák. A vízmennyiség szállítását a gyűjtőből a hőtermelő berendezésén át az osztóhoz egy ún. főszivattyú veszi át.

A rövidre záró cső (mellékáramkör) az osztó és a gyűjtő között gondoskodik arról, hogy

- az átáramlás a hőtermelőben állandó maradjon, amennyiben a részleges terhelés mellett a fűtőcsoportok számára nem szükséges vízmennyiséget a gyűjtőn keresztül közvetlenül a hőtermelőbe visszavezetjük,
- a nyomáskülönbség az osztón zárt szabályozó szelepnél egy maximális értéket (pl. 500 Pa) ne lépjen túl, ezzel a csoportszabályozásnak kölcsönös befolyásolása biztonsággal elkerülhető,
- a hőtermelőbe visszaérkező vízhőmérséklet a stationer részterhelési üzemben önműködően megemelkedjen (kazánkorrozio megakadályozására).

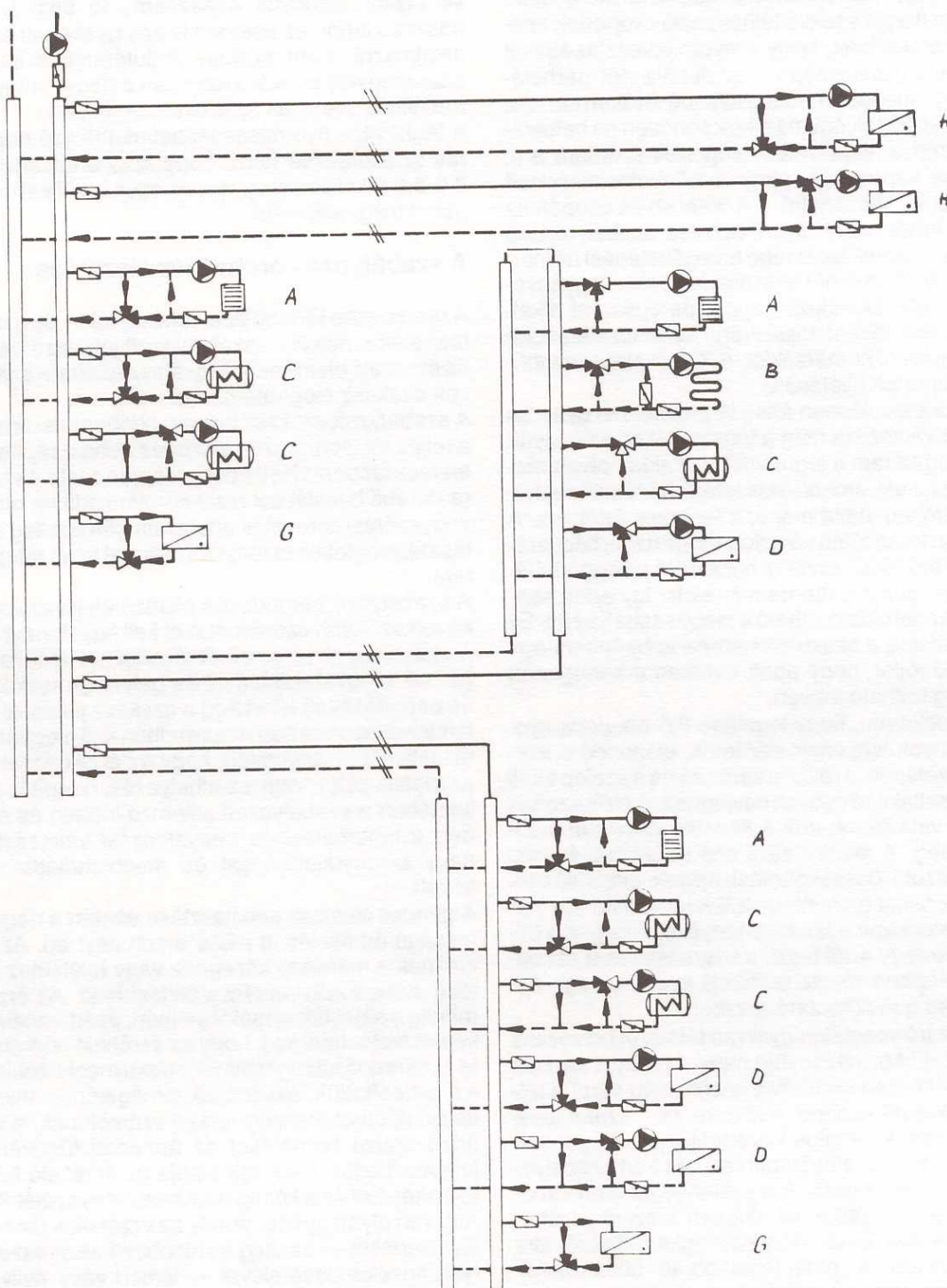
Ha a maximális nyomáskülönbség osztó-gyűjtő között megfelelő, a rövidre záró rész nyomásvesztése, (mint előbb jeleztük), kisebb mint 500 Pa, akkor a szabályzó szelepek méretezésére a „névleges szeleptátmérő azonos a csőátmérővel” gyakorlati szabály alkalmazható. Egy 0,7-3,0 kPa-ig terjedő Δp_{sz} mellett azután mindig a biztos oldalon vagyunk ($\Delta p_{sz}/\Delta p_0 = 0,5$). Az 500 Pa határértéket az osztón akkor tartjuk be, ha a rövidre záró cső számára olyan névleges átmérőt választunk, amely a főszivattyú teljes szállított mennyiségénél visszakeveredés nélkül, maximálisan 0,6 m/s vízsebességet eredményez.



3. ábra

Hidraulikus alapkioscsolások alkalmazása I.

A – radiátor, konvektor, B – padlófűtés, C – használati melegvíz, D – levegő-előfűtő, E – levegő-utófűtő, F – levegő-előfűtő, -utófűtő, G – levegő-előfűtő, -hűtő (hűtés és szárítás), H – levegő-előfűtés, I – hőcserélő



4. ábra

Hidraulikus alapkioscsolások alkalmazása II.

A – radiátor, konvektor, B – padlófűtés, C – használati melegvíz, D – levegő-előfűtő, E – levegő-utófűtő, F – levegő-előfűtő, -utófűtő, G – levegő-előfűtő, – hűtő (hűtés és szárítás), H – levegő előfűtés, I – hőcserélő

II. és IV. alapkapcsolás

Közepes nagyságú elosztóhálózatokban, különösen egymástól messze fekvő felhasználó csoportok esetén arra törekednek, hogy a nyomásvesztéseket minden rész-szakaszban a szeleppállástól (terheléssel) függetlenül, lehetőleg állandó értéken tartsák, ezáltal a csoportok egymást kölcsönösen ne befolyásolják. Ezért a felhasználó csoportok számára a II. megkerülő kapcsolást, vagy a IV. befecskendező kapcsolást kell használni. A II. kapcsolás csupán az utófűtés, hűtés vagy olyan előfűtés szabályozásra szolgálhat, melyek legkisebb levegőbelépési hőmérséklete a -5°C értékénél nem alacsonyabb (fagyásvesztély). A befecskendező kapcsolás egyaránt alkalmazható előfűtőként frisslevegő berendezésekben (levegőbelépési hőmérséklet -5°C -nál alacsonyabb) és fűtőcsoportok ellátására.

A IV. alapkapcsolásban főleg léghevítőknél gyakran túl nagyra választják meg a fogyasztókori szivattyút. A víz-térfogatáram a léghevítőkben ekkor olyan magas, hogy az előremenő-visszatérő hőmérséklet-különbség erősen alatta marad a tervezett értéknek. A túlságosan kis lehűlés következtében az X_h hőcserélő-együttható kicsi, ezzel a hőcserélő jelleggörbéjének jellege igen erősen nem-lineáris. Így adott esetekben már nem biztosítható a stabil szabályozás. Ez okból ajánlatos a szekunder körbe is beépíteni egy kiegyenlítő fojtót, hogy adott esetben a keringtetett mennyiség fojtható legyen.

Annak érdekében, hogy legalább $0,5 \Delta p_{sz}/\Delta p_0$ nyomásviszonyok legyenek elérhetők, elegendő a szabályozó szelepek, a rövidre záró cső és a szelepelőtti és utáni csatlakozó csövek névleges átmérőit azonos méretűre választani, ami a következőképpen indokolható meg: A rövidre záró cső és a csatlakozási csövek közötti összeköttetési helyek ellenállás-tényezőinek összege mintegy 3,5 lehet. Mivel egy nagyobb szelepkapu ellenállás-tényezője nagyobb (általában mintegy 4-től 5-ig), a nyomásesés a szabályozó szelepből megközelítőleg azonos, vagy nagyobb, mint a rövidre záró részben.

A rövidre záró vezetékét gyakran túl közel helyezik a szelephez. Ekkor viszonylag nagy vízsebességnél a szekunder körben kis fűtővíz-mennyiség kerül a túlfolyó-megkerülő kapuból a rövidre záró szakaszba, úgy hogy nem kívánatos keveredési jelenség keletkezik, melynek következtében a fűtés zárt szabályozó kapunál is melegszi. Ezt a jelenséget nem tömören záró keverőcsapoknál tévesen a szivárgó átfolyás terhére írják. Elhárítására a megkerülő és rövidre záró cső bekötése között legalább 40–50 cm távolságot kell betartani és gondoskodni kell a visszacsapó szelep megfelelő elhelyezéséről a két szivattyús kör szétválasztása érdekében.

A II. alapkapcsolás utófűtés, vagy utóhűtők számára használatos. A szelepméretezés alapszabályának megfelelően olyan szelepet kell választani, melynek Δp_{sz} nyomásesése legalább azonos, vagy magasabb, mint a maximális nyomásvesztés a légheví-

tőkörben. Ez feltételezi, hogy a vízdali nyomásesés a léghevítőben ismeretes legyen. Az adat beszerzése olykor bizonyos nehézségekbe ütközik, ezért hasznos lenne ez esetben is egy gyakorlati szabályt alkalmazni. Ilyen szabály légfűtés-hűtés esetén a Δp_{sz} megválasztására azonban a hagyományos háromállású szelepek számára nem ismert.

A léghevítők nyomásesésénél mutatkozó nagy szórássá szükségessé teszi, hogy Δp_{sz} értéktartománya 2,0–8,0 kPa között legyen, és ezen belül kell a szelepet megválasztani.

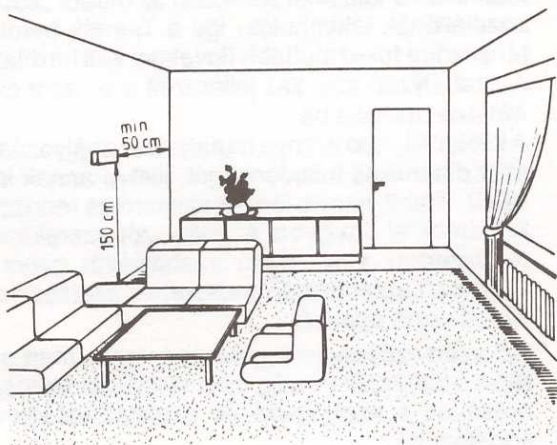
A szabályozó berendezés illesztése

A rendszerbe történő beavatkozástól — de a működető eleme nélkül — szabályozott jellemző helyének és érzékelő elemének megválasztásával a szabályozott szakasz meghatározottá válik.

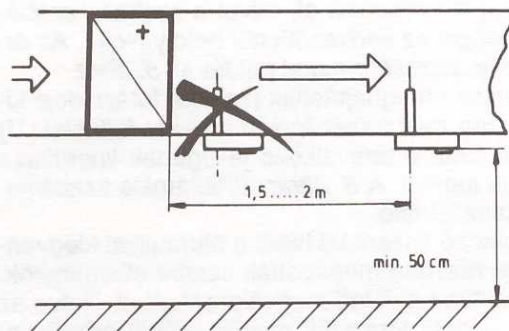
A szabályozott szakasz jellegét (időbeni viselkedését) a teljes légtechnikai rendszer és abba beépített főbb elemek időbeni viselkedése alapján a teljes szakaszra történő becsléssel (szakirodalmi adatok alapján), vagy mérési sorozatok adatai alapján esetleg számítással, megfelelő bizonytalansággal lehet megállapítani.

A szabályozó berendezés elemeinek illesztésénél a következő főbb szempontokat kell figyelembe venni: A szabályozott jellemző érzékelőjének időállandóját (annak megválasztásával és helyének kijelölésével és beépítésével) lehetőleg a szakasz jellemző időállandóival azonos nagyságrendben kell megválasztani. Jellemző hiányosság, hogy az érzékelőnek nagy az időállandója, vagy az elhelyezés, beépítés következtében a szabályozott jellemző időben és értékben a hőterhelési és beavatkozási változást csak nagy bizonytalansággal és megbízhatatlansággal követi.

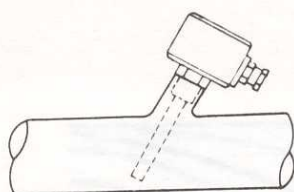
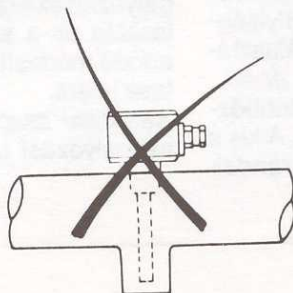
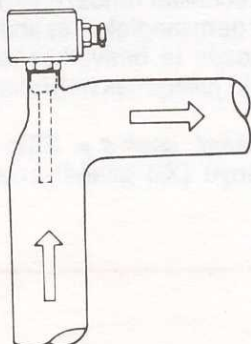
A gondos illesztés elmulasztása esetén a nagy pontosságú érzékelés itt hibás eredményt ad. Az érzékelőnek a mérendő közeghez vagy felülethez illesztése *szoros hőcsatolással* biztosítható. Az érzékelő mindig a saját hőmérsékletét méri, ezért ennek érdekében biztosítani kell, hogy az érzékelő hőmérséklete a mérendő közegét minél jobban megközelítse. Ha ezt biztosítottuk, akkor csak tömegétől és anyagától függő hőtehetetlenséggel kell számolnunk. A különböző típusú hőmérőket az átmeneti függvényével jellemezhetjük, melynek alapja az érzékelő hőmérő felépítésétől és a közeg hőátadási tényezőjétől függ. Alig van olyan gyártó, amely az érzékelők dinamikus viselkedését — esetleg a különböző alkalmazási helyek figyelembevételével — ismeri vagy nyilvánosságra hozza. A gyakorlat az, hogy az érzékelők és mérőegységek (szabályozók) kapcsolatát a gyártók beépítési javaslattal jelzik, amitől nem célszerű eltérni. Tájékoztató adat, hogy ha a látszólagos holtidőket elhanyagolható kis értékeknek (3–10 s) tekinthetjük, akkor a felfutási időket az áramlási sebességtől és a közegtől függően a hőelem esetén: 90–200 s-mal; az ellenálláshőmérőket 30–150 s-os középtérrel ve-



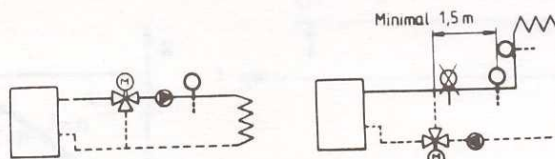
SZERELÉS HELYSÉGBEN



SZERELÉS CSATORNÁBAN



BEMERÜLŐ ÉRZÉKELŐ
BEÉPÍTÉSE



BEMERÜLŐ ÉRZÉKELŐ ELHELYEZÉSE

5. ábra
Az érzékelő elhelyezése

hetjük figyelembe. A gyártók az értékeiket a megadott közegre vonatkozóan adják meg, nyugvó levegőre, pl. egy teremérzékelővel 600 s értékben, míg 5 m/s sebességnél 65 s-ra, így a felhasználó csak interpolációval választhat egy közelítő jó értéket.

A rossz elhelyezés többszörösére növeli a holtidőt és kisebb mértékben a felfutási időt, ekkor már a holtidőtől nem tekinthetünk el, mivel a szakasz szabályozhatóságát ez kedvezőtlenül befolyásolja. Az érzékelő elhelyezésére mutat példát az 5. ábra.

A beavatkozó meghajtásnak (szelep) futási ideje kisebb legyen, mint a szabályzott szakasz felfutási (T_f) ideje, továbbá a beavatkozó jellegének linearitása biztosított legyen. A 6. ábrán többletárolás szabályozói szakasz látható.

A beavatkozó linearitási hibái a hidraulikai kiegyensúlyozási részben megadottak szerint elkerülhetők. A legtöbb hiba a T_f idő megválasztásából, illetve az azt befolyásoló tényezők megítéléséből adódik. Itt arra kell törekedni, hogy a szabályozhatóság nehézségi fokára jellemző $s = T_f/T_i$ értéket 0,1–0,3 között tartsuk.

A szabályozott szakasz kijelölésének megfelelő beavatkozási tartományt (teljesítményt) kell megválasztani, amit pl. a hőcserélőtől elvárt Δt jellemez (X_h). Tapasztalataink szerint a hőcserélők e tekintetben is túlméretezettek.

Amennyiben a szabályozott szakasz része (az esetek többségében így van) a helyiség, úgy a helyiségjellemzők, légcsereszám és átöblítés megválasztásával a T_h/T_s legkisebb értékét kell elérni (7. ábra).

A szabályzott szakaszok két csoportja megkülönböztethető: a *lomha* (lassú) és *gyors* szakaszok. A kis $s = T_f/T_i$ értékkel és a felfutási idővel (25 perc) rendel-

kező szakaszok a lomha szakaszok. A gyors szakaszok csoportja kis felfutási idővel (10 perc) rendelkeznek és kedvezőtlen nagy s -értékkel. Mivel a légtechnikai rendszerek zömében az utóbbi csoporthoz közelállónak tekinthetők, így a T_f -érték befolyásoló tényezőire fokozottabb figyelmet kell fordítani.

A szabályzott szakasz jellemzőit a 8. ábra és az 1. táblázat mutatja be.

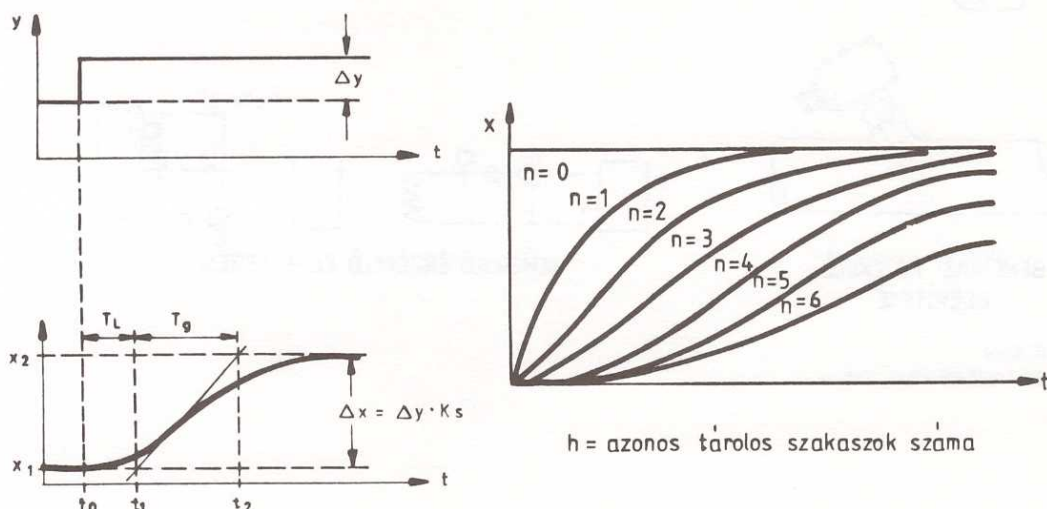
A két időállandó aránya mutatja a szabályozási rendszer dinamikus tulajdonságát, illetve annak ingadozását. Stabil, vagyis ingadozásmentes rendszert akkor érünk el, ha gyors szabályozót szerelünk lassú rendszerhez vagy lassú szabályozót gyors rendszerhez. Légtechnikai rendszerhez általában a gyors szabályozót ajánljuk.

Ezt azért szükséges figyelembe venni, mert a zavarásra való érzékenység és a stabilitást biztosító kör erősítése a szabályozó és szakasz időállandóival korlátozott.

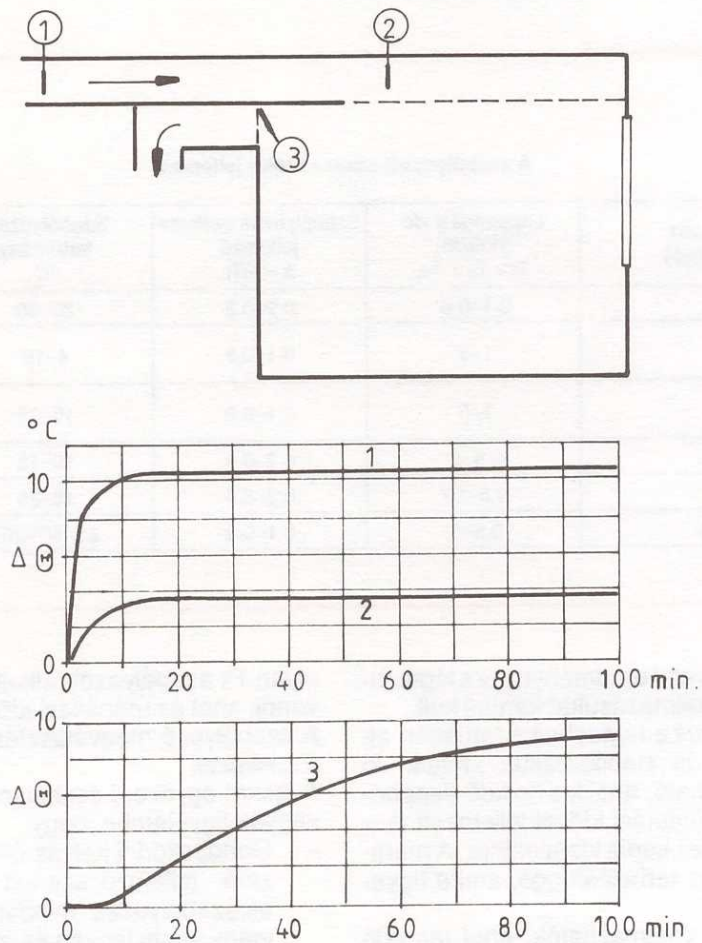
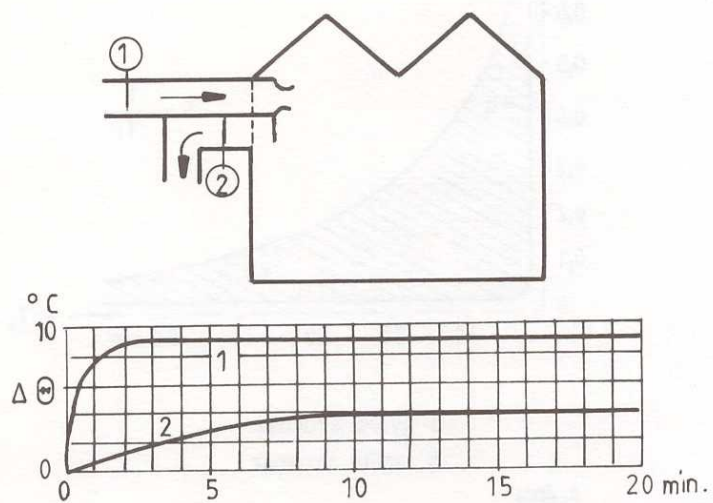
A szabályozók alkalmazási területe és beállítása

A leggyakrabban alkalmazott szabályozók a *kétállású*, *arányos* és *arányos-integráló* jellegű szabályozók. Problémát a légtechnikai rendszerekben a szabályozott szakaszhoz nem megfelelő szabályozó választás és a szabályozás (a beavatkozási módból adódó módosítás miatt) jellegének helytelen megítélése jelent.

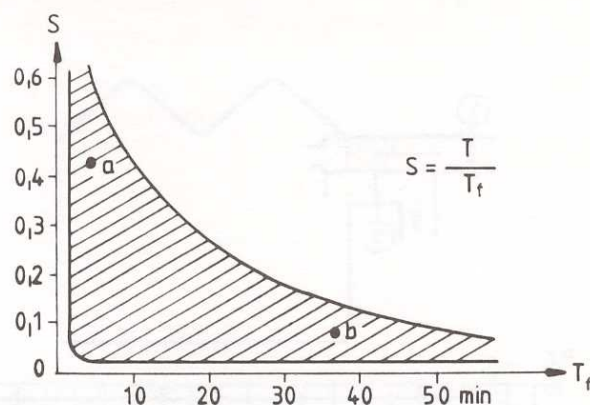
Kétállású szabályozókkal csak $s = T_f/T_i \approx 0$ és kis szabályozási tartományú (X_h) szabályozott szaka-



6. ábra
Többletárolás szabályozási szakasz



7. ábra
Terem-hőmérsékletszabályozás szabályozási szakasza



a. gyors szakasz
b. lomha szakasz

8. ábra
Szabályozott szakaszjellemző

1. táblázat

A szabályozott szakasz főbb jellemzői

Szabályozott szakasz (szabályozott jellemző)	Lappangási idő (holtidő) $T_l = T_h + T_m$	Szabályozott szakasz jellemző $s = T_l T_f$	Szabályozási tartomány °C	Közepes átviteli tényező K_s °C (%)
Befűvott léghőmérséklet	0.1–0.6'	0.2–0.3	20–40	0.2–0.5
Elszívott léghőmérséklet visszakeveréssel	1–5'	0.1–0.3	4–10	0.15–0.3
Elszívott léghőmérséklet visszakeverés nélkül	1–5'	0.1–0.2	10–25	0.1–0.2
Harmatponti hőmérséklet	0.5–2'	0.2–0.4	10–15	0.2–0.3
Helyiség hőmérséklet	0.5–10'	0.2–0.4	15–25	0.2–0.5
Helyiség relatív nedvesség	0.5–5'	0.1–0.3	20–50%KF	0.015–0.2

szoknál várhatunk kedvező eredményt, így a légtechnikai rendszereknél alkalmazásukat kerülni kell.

Az arányos szabályozók a légtechnika területén elterjedtek olcsóságuk és stabilizálásuk miatt. Jó eredmény csak ott várható, ahol kis holtidő (lappangási idő) mellett nagy felfutási idővel jellemzett ($s = T_l/T_f = 0,1-0,2$) szakasz került kialakításra. A maradó szabályozási eltérés terhelésfüggő, amire figyelemmel kell lenni.

A PI szabályozók ott alkalmazhatók, ahol maradó szabályozási eltérés nem engedhető meg, gyors zavarások nem lépnek fel és $s = 0,2-0,3$ a szabályozott szakaszok jellemző értékei. A légtechnikai rendszereknél a zavarások általában nagyon lassúak, így

olyan PI szabályozók alkalmazását kell figyelembe venni, ahol az utánállási idő 15 percre is állítható.

A szabályozó megválasztásához nyújt segítséget a 2. táblázat.

A jelzett egyszerű szabályozók alkalmazása mellett vegyük figyelembe, hogy:

- Gondoskodni kell az érkező vízhőmérséklet vezető jellemző szerinti előszabályozásáról. Az előszabályozás minden esetben a pillanatnyi igény feletti legyen és alsó korlátozású.
- A szabályozott jellemző — amennyiben nem követelmény az értéktartás — eltolása egy vezető jellemző függvényében szükséges. Harmatponti szabályozásnál és nagy nedvességtartalmú helyiségeknek ez legtöbbször elkerülhetetlen.

2. táblázat

A szabályozó megválasztása és a behangolási jellemző értékei

Szabályozott szakasz (szabályozott jellemző szerint)	A szabályozó jellege			A szabályozó beállítási értéke	
	P	I	PI	arányossági tartomány °C	utánállítási idő (perc)
	arányos	integráló	arányos integráló		
Befűvott léghőmérséklet	o	—	x	8	3
Elszívott léghőmérséklet visszakeveréssel	x	—	o	2	15
Elszívott léghőmérséklet visszakeverés nélkül	x	—	o	4	15
Harmatponti hőmérséklet	—	—	x	3	3
Helyiség hőmérséklet	x	—	—	4	—
Helyiség relatív nedvesség	x	—	—	10% (rF)	—

Megjegyzés:

x = ajánlott
o = megfelelő

- A helyiség vagy az elszívott levegő hőmérsékletének szabályozása során — az esetek többségében — előnyben kell részesíteni a kaszkád jellegű szabályozást és gondoskodni kell a befűvott levegő hőmérsékletének alsó határolásáról.
- A relatív nedvesség szabályozását csak a helyiségben vagy az elszívott levegőben elhelyezett szabályozott, jellemző paraméterek függvényében célszerű végezni. A felső határolásról a befűvott ágba elhelyezett érzékelővel gondoskodni kell.

A paraméterek beállítása, utánállítása a szabályozási kör pontos vizsgálata alapján mindenkor elvégezhető, de hosszadalmas és fáradtságos munka. Ezért érthető az a törekvés, hogy a szabályozók beállítása általános szabályok alapján legyen elvégezhető. Ilyen szabályt több szerző tett közzé a szakirodalomban.

Általános gyakorlat szerint *Ziegler-Nicols* javaslata az analóg szabályozók beállításánál fontos. Lényege, hogy az X_p (arányossági tartományt) addig csökkentjük, míg a lengés csillapítatlan lesz (f és D kiiktatásával), és stopperórával vagy regisztrálással az így beállított X_{pkrit} -hoz tartozó T_{krit} lengési időt felvesszük. A szabályozó beállítási értékei ezek alapján:

$$\begin{aligned} P \text{ szabályozónál} & X_p = 2 \cdot X_{pkrit} \\ PI \text{ szabályozónál} & X_p = 2,2 \cdot X_{pkrit} \\ & T_u = 0,85 \cdot T_{krit} \end{aligned}$$

A szabályozón beállított empirikus összefüggés alapján is a szabályozott szakasz $s = (T_l/T_f \cdot X_h)$ jellemző értékei alapján:

$$\begin{aligned} P \text{ szabályozás} & X_p = 1,1 \cdot X_h \cdot s \\ PI \text{ szabályozás} & X_p = 1,2 \cdot X_h \cdot s \\ & T_u = 3,4 \cdot (T_l/2) \end{aligned}$$

a DDC szabályozásnál a T_l látszólagos holtidőt növelni kell a ciklusidővel.

Ezen értékek csak az alapjel állandóságánál pontosak (tehát a szabályozásra a zavarójel változása hat). Ettől eltérő szabályozásoknál a T_u -t (utánállítási idő) kisebbre és a körerősítést nagyobbra kell állítani. A korrekciókra a szabályozott szakasz s értékének függvényében „ököl szabály” érvényes, melyre az irodalom ad útmutatást.

Személyi feltételek

A feltételrendszert befolyásolja a személyi adottság, amit a műszaki és gazdasági feltétel mellett harmadik feltételként kell figyelembe venni. A személyi feltétel azt jelenti, hogy a rendszer üzembiztonsága

- gyártásban és alkalmazásban,
- beépítésnél és üzemelésnél,
- kezelésnél, karbantartásnál

megfelelő képzett szakember nélkül nem biztosítható. A gyártásban és alkalmazásban rendszerorientált szabályozórendszer ajánlása, megválasztása és illesztése szakembert igényel.

A beépítésnél és az üzembe helyezésnél, a megfelelő rendszerek kialakítása során a szakszerűség mellett a rendeltetésszerű beépítés, üzembe helyezés közreműködőinek szakképzettségi szintjét kell biztosítani.

Kezelést és karbantartást a szakszerűségen túl, a gazdaságos üzemvitel és szervizhálózat — hibaelhárítók kiegészítve — létrehozása és a folyamatosan továbbképzett szakemberek közreműködése biztosítja.

A tapasztalatok szerint a több szakterületre (légtechnika, hűtés, fűtés, erőátviteli elektromos irányítás-technika stb.) tagozódó tervezés és kivitelezés, szervizkezelés a rendeltetésszerű üzemben tartást és így a rendszer állapotfenntartását szakmai szempontból nem segítheti elő. Az üzemeltetők, karbantartók többsége az adott szakterület szakmunkásaiból (lakatos, fűtésszerelő, villanyszerelő stb.) kerülnek ki, ismereteiket a gyakorlat alapján szerzik, speciális képzésben nem részesülnek, és a műszaki szakirányításuk is hiányzik.

A létesítmény átadása után — garanciaidő alatt — a rendszerek meghibásodásának elhárítása csak jogilag megoldott, valójában azonban a generálkivitelező, társgenerál, alvállalkozó, szubalvállalkozó, gyártó szervizelő vállalkozók hosszú láncja miatt a hibaelhárítás megoldhatatlanná válik.

A legtöbb e kérdésben érintett és a létesítésben részt vett vállalkozóról megállapítható, hogy a rendszerek hibaelhárítására a szakmai összetettségre figyelemmel

- a megfelelő létszámmal és mobilitással nem rendelkeznek,
- eszközellátásuk nem megfelelő színvonalú,
- alkatrész- és anyagellátottságuk hiányos, akadózó, szakképzettségük nem kielégítő.

Aklímaberendezések rendeltetésszerű üzemben tartása és a rendszerek állapotfenntartása biztosítására a hozzáértő beruházó, a generálkivitelező és az utóbbi időben az ezen tevékenységre vállalkozó tervező ún. *rendszergaranciát* vállal. E szervezetek műszaki-gazdasági és személyi feltételei ellenőrizhetetlenek, hiányosak; tevékenységük pusztán elvi, csak egy-egy részfeladatra korlátozódik, és a rendszergaranciához kapcsolódó konkrét munkát nem

tartalmazza sem a létesítés, sem az azt követő üzemben tartás, állapotfenntartás időszakára. A kérdések rendezése érdekében szükség van olyan vállalkozókra, akik a rendszergaranciát konkrét munkával, koordinációval vállalják a tervezéstől és az állapotfenntartásig közvetlen a beruházó megbízásából, és felkészültek a berendezések telepítésére, üzembe helyezésére, ugyanakkor tevékenységükkel biztosítják az állapotfenntartási munkákat is.

A légtechnikai rendszer állapot-fenntartási ismereteinek szakmai hiányát leginkább az üzemeltetés számítógépes ellenőrzésével lehet pótolni. A számítógépes módszer a hiba javítására, a tervszerű megelőző karbantartásra megfelelő színvonalú ajánlást ad a kezelő számára.

A leírt követelmények — különösen a technológiai kötöttségű légtechnikai rendszerek esetén — magas színvonalú együttműködést igényelnek a megvalósulásban részt vevő közreműködőktől.