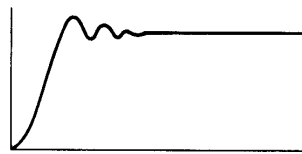


A hőmérsékletszabályozás

A stabil hőmérsékletszabályozáshoz szükséges idő függ a szabályozott rendszertől. A válaszidő megrövidítése rendszerint, túllövést vagy lengő rendszert fog eredményezni. Ha csökkentjük a hőmérséklet túllövését vagy lengését, akkor a válaszidő megnövekszik. Vannak alkalmazások, ahol a gyorsaságra van szükség, a túllövés ellenére, ilyen szabályozás látható az 1. ábrán. Vannak másfajta alkalmazások, ahol a túllövés elnyomására van szükség a hosszú idő alatt előálló stabil hőmérséklet ellenére, ezen szabályozás látható a 3. képen. Más szóval a hőmérsékletszabályozás típusa a kívánt alkalmazástól függ.

1. Kis idővel a túllövés után a hőmérséklet stabilizálódik



3. Lassú felfűtés



2. Megfelelő felfűtés



A szabályozott rendszer karakterisztikája

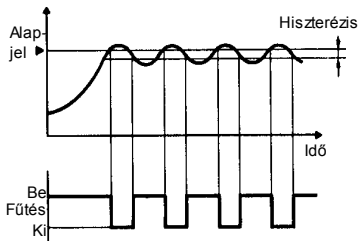
Mielőtt kiválasztjuk a hőmérsékletszabályozó és a hőmérsékletérzékelő típusát, nélkülözhetetlen megismernünk a szabályozott rendszer hőkarakterisztikáját a megfelelő hőmérsékletszabályozás érdekében.

A szabályozott rendszer karakterisztikája	Fűtési kapacitás	A rendszer hőtehetetlenségének mértékét leíró tényező. A kemence kapacitásától függő érték.
	Statikus karakterisztika	Ez mutatja a fűtési képességet. A fűtőberendezés kapacitásától függő érték.
	Dinamikus karakterisztika	A rendszer felfűtési karakterisztikájára jellemző érték. A kemence és a fűtőberendezés kapacitásától függő érték.
	Zavaró jellemzők	A hőmérséklet nem kívánt megváltozásának okai a zavaró jellemzők. Például az állandó hőmérsékletű kemence ajtajának kinyitása illetve becsukása egy zavaró jellemző, így módon hőmérsékletváltozást fog létrehozni.

ON/OFF szabályozás

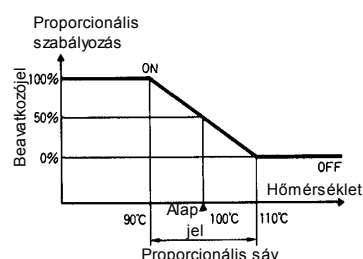
Az ON/OFF szabályozás idő-diagrammja az alsó ábrán látható, ha a mért érték alacsonyabb, mint az alapjel, akkor a kimenet bekapcsolt állapotba kerül, aminek keresztül a fűtőberendezés energiát kap. Ha a mért érték magasabb, mint az alapjel, akkor a kimenet kikapcsolt állapotba kerül, szüntelve meg a fűtőberendezés energiaellátását. Ezt a szabályozási módszert hívják ON/OFF szabályozásnak, amelyekben a kimenet be- illetve kikapcsol, hogy folyamatosan az alapjelen tartsa a hőmérsékletet. Ezen szabályozás esetében a hőmérsékletet két értékkel szabályozzuk (úgy mint 0% és 100%).

ON/OFF szabályozás karakterisztikája



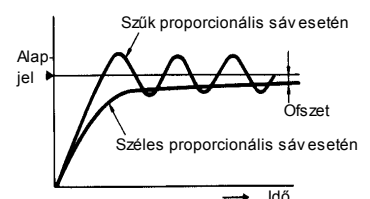
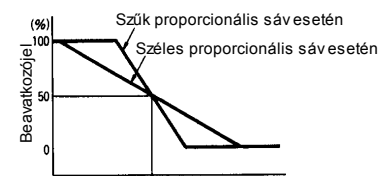
P szabályozás

P szabályozás (vagy proporcionális szabályozás) esetén a kimenet arányosan közelít a bemenethez. Ebben a szabályozásban a hőmérsékletszabályozó rendelkezik egy proporcionális sávval, a proporcionális sávon belül a beavatkozási értéke függ az alapjel értéktől való eltérés nagyságától. A fűtőberendezés méretezését úgy kell elvégezni, hogy a mért érték lehetőség szerint 50%-os beavatkozási érték mellett legyen az alapjel közvetlen közelében. 100%-os beavatkozási értéket kapunk abban az esetben, ha a mért érték alacsonyabb, mint a proporcionális sáv, illetve 0 %-osat, ha a mért érték magasabb, mint a proporcionális sáv. A beavatkozási fokozatosan csökken a proporcionális sávban az eltérés irányában. 50%-os beavatkozási érték mellett a kimenet aktív illetve inaktív állapotban töltött ideje megegyezik. Ez gondoskodik a folyamatos szabályozásról, az ON/OFF szabályozáshoz képesti minimális lengéssel.



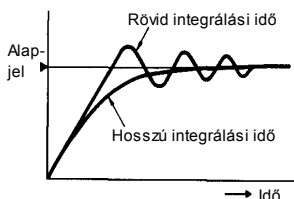
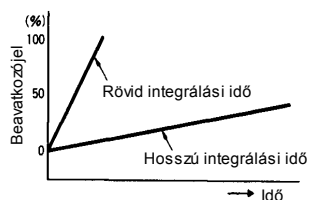
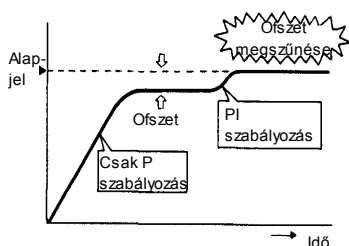
Például:

Ha a hőmérsékletszabályozó szabályozási tartománya 0-400 °C, és 5%-os proporcionális sávval rendelkezik, akkor a proporcionális sáv 20 °C-ra adódik. Ebben az esetben, ha az alapjel 100 °C, akkor a kimenet mindaddig aktív állapotban lesz, amíg a mért érték el nem éri a 90 °C-os értéket. Abban a pillanatban, amikor a mért érték 100 °C, nincs különbség az alapjel és a mért érték között, így a kimenet be illetve kikapcsolt állapotban töltött ideje megegyezik.

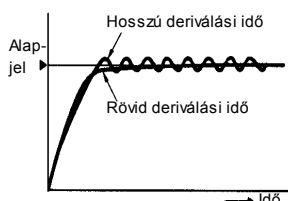
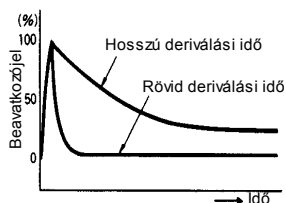
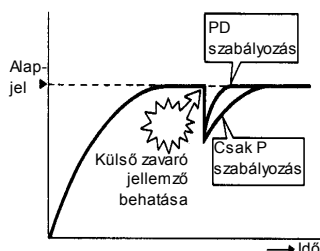


I szabályozás

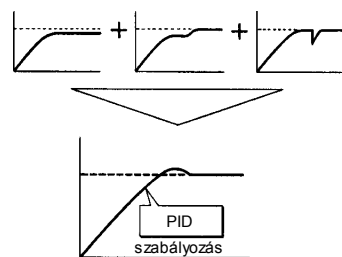
A P szabályozás ofszetet okoz. A proporcionális szabályozás és az integrál szabályozás együttes használatával az ofszet folyamatosan csökkenthető, míg végül a szabályozott hőmérséklet egybeesik az alapjellel és az ofszet teljesen megszűnik.

**D szabályozás**

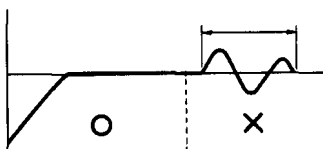
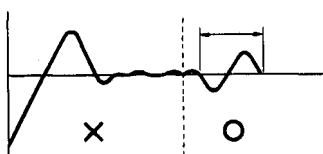
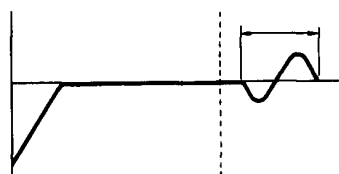
A proporcionális szabályozás javítja a szabályozás eredményét. A proporcionális és integrál szabályozás lassú hőmérsékletváltozást mutat, ezért van szükség derivál szabályozásra. Egy zavaró jellemző fellépése esetén a deriválási szabályozás nagymértékben megváltoztatja a beavatkozójel értékét, annak érdekében, hogy a szabályozott hőmérséklet gyorsan visszaálljon az alapjel értékre.

**PID szabályozás**

A PID szabályozás a proporcionális az integrál és a derivál szabályozások kombinációja, amelyben egyenletes, lengések nélküli hőmérsékletet kapunk a proporcionális szabályozásnak köszönhetően, automatikus ofszet kompenzációval az integrál szabályozásnak köszönhetően, és gyors reagálási időt a zavaró jellemzők kiküszöbölésére, melyet a derivál szabályozás tesz lehetővé.

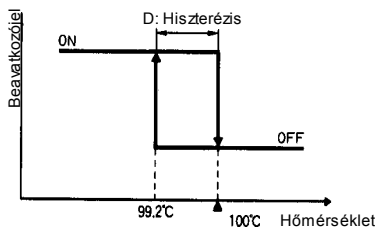
**2-PID szabályozás**

A megszokott PID szabályozás egy szimpla szabályozási blokkot használ az alapjel elérésére és a zavaró jellemzők kiküszöbölésére. Ha számunkra a zavaró jellemzők gyors kiküszöbölése a legfontosabb tényező, akkor a P és I paraméterek értékét kell kicsire állítanunk, míg a D paraméter értékét nagyra. Másrészt, ha az alapjel megfelelő, túllövés nélküli elérése a célunk, akkor a P és I paraméterek értékét kell megfelelően magasra állítanunk, viszont ebben az esetben a hőmérsékletszabályozó nem lesz képes a zavaró jellemzők megfelelően gyors lekezelésére. A 2-PID szabályozás kiküszöböli ezt a hiányosságot, míg megőrzi a PID szabályozás előnyeit, így módon teszi lehetővé a reakció javulását egyszerre mindkét esetben.

PID szabályozás**2-PID szabályozás**

Hiszterézis

Az ON/OFF szabályozás a vezérlő kimenetét aktív vagy inaktív állapotba billenti, attól függően, hogy a mért érték az alapjel alatt vagy felett van. Ez a művelet a kimenet gyakori megváltoztatását eredményezi, ami jelentősen megrövidíti a kimeneti relé élettartamát, illetve kedvezőtlen hatással van a hőmérsékletszabályozóhoz csatlakoztatott külső eszközre is. Ezért szoktak a ki-, illetve bekapcsolás között egy különbséget meghatározni. Ezt a különbséget nevezik hiszterézisnek.

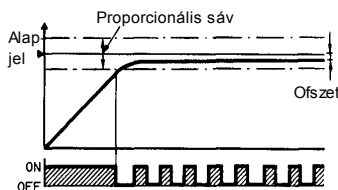


Például:

Ha a hőmérsékletszabályozó 0-400 °C-os szabályozási tartománnyal illetve 0,2 %-os hiszterézissel rendelkezik, akkor a D (kimenet hiszterézise) 0,8 °C-ra adódik. Így 100 °C-os alapjel esetén a vezérlő kimenet a 100 °C elérésénél fog kikapcsolni, viszont csak 99,2 °C-nál fog bekapcsolni.

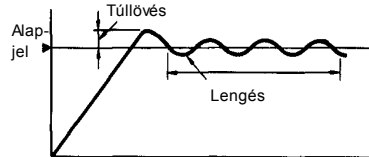
Ofszet

A fűtőberendezés és a szabályozott rendszer fűtési kapacitása következtében, a proporcionális szabályozás rendelkezik egy hibával ennek eredményeként mindig marad egy kis eltérés a mért érték és az alapjel között. Ezt a hibát hívják ofszetnek. Az ofszet lehet az alapjel felett, illetve alatt is.



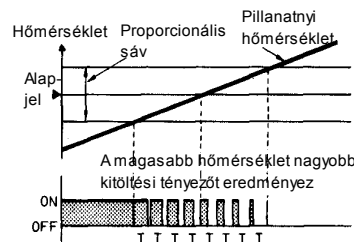
Lengés és túllövés

Az ON/OFF szabályozással mindig együtt jár az ábrán látható hullámforma. A hőmérsékletnek a szabályozás elindulása után közvetlenül, az alapjel fölé való túlzott emelkedését hívjuk túllövésnek. A hőmérsékletnek az alapjel körüli folyamatos ingadozását pedig lengésnek nevezzük.



Szabályozási ciklus és időproporcionális szabályozás

P szabályozás és relé vagy szilárdtestrelé kimenet használata esetén a vezérlő kimenet a beállított ciklushoz képest kapcsol időszakosan aktív, illetve inaktív állapotba. Ezt a beállított ciklust hívják szabályozási ciklusnak, és ezt a szabályozást időproporcionális szabályozásnak.



T: Szabályozási ciklus

$$\text{Beavatkozási jel} = (T_{\text{ON}} / (T_{\text{ON}} + T_{\text{OFF}})) * 100 (\%)$$

T_{ON} = kimenet aktív állapotának ideje

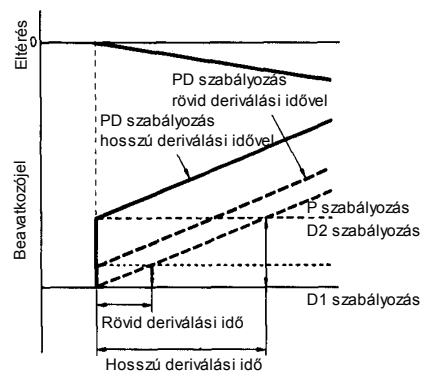
T_{OFF} = kimenet inaktív állapotának ideje

Példa

Ha a szabályozási ciklus 10 másodperc, a beavatkozási jel értéke pedig 80% akkor a szabályozó kimenet 8 másodpercig lesz aktív és 2 másodpercig lesz inaktív állapotban.

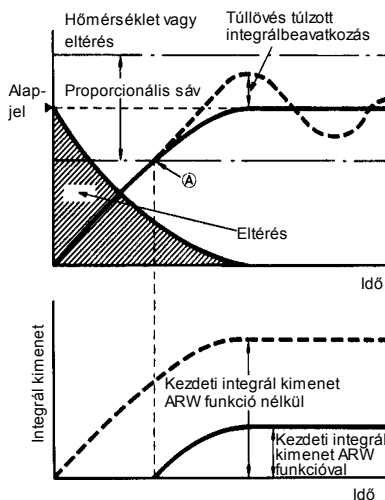
Deriválási idő

A deriválási idő az a növekvő eltérés miatt szükséges időtartam, ami ahhoz szükséges, hogy a beavatkozási jel értéke elérje a proporcionális szabályozás beavatkozási értékét. Amennyiben a mért érték változási sebessége nulla (állandósult állapot) a deriváló tag beavatkozása is nulla. Annál nagyobb a deriváló tag beavatkozása, minél nagyobb a változás sebessége. A hosszabb deriválási idő erősebb derivál beavatkozást eredményez.



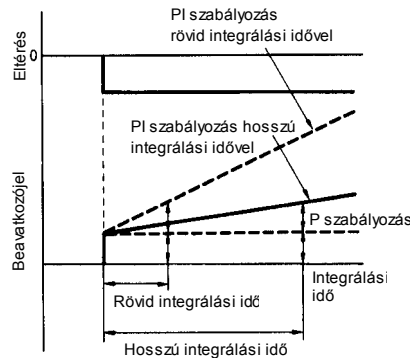
ARW (Anti-Reset Windup) funkció

A hőmérsékletszabályozó indulásakor rendszerint nagy az eltérés az alapjel és a mért érték között. A PID szabályozásban az integrál szabályozás mindaddig beavatkozik, amíg a hőmérséklet el nem éri az alapjelet. Egy rendkívül erős integrálási beavatkozásnak túllövés lesz az eredménye. Ezt a túllövést akadályozza meg az ARW funkció, úgy hogy korlátozza a beavatkozójel növekedését az integrál szabályozásban. Normál működés esetében az integrál szabályozás nem avatkozik be, amíg a mért érték el nem éri a proporcionális sávot.



Integrálási idő

Az integrálási idő az az egységugrás eltérés miatt szükséges időtartam, ami ahhoz szükséges, hogy a beavatkozójel értéke elérje a proporcionális szabályozás beavatkozójel értékét. Az integráló tag mindaddig beavatkozik a szabályozásba, amíg a mért érték és az alapjel közötti különbség meg nem szűnik. A rövidebb integrálási idő erősebb integrál szabályozási beavatkozást eredményez. Az integrálási idő túlzott rövidsége lengést eredményezhet.

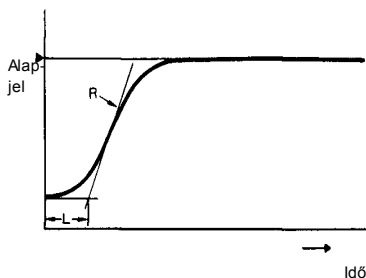


Auto-tuning funkció

Az auto-tuning funkció a szabályozott rendszer karakterisztikájához legmegfelelőbb PID paramétereket állítja be a hőmérsékletszabályozóban. Az auto-tuning funkció a paraméterek meghatározására a megszokott eljárásokat használja. Tehát az auto-tuning meghatározza az átviteli függvényt, elvégzi a Ziegler-Nichols, ill. a határciklus eljárást.

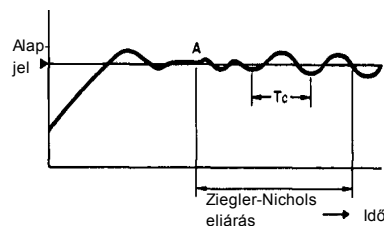
Átviteli függvény meghatározása

Alapjelnek a leggyakrabban használt értéket kell beállítani. Ezzel az eljárással meghatározható a maximális hőmérsékletemelkedés mértéke (R), és a rendszer holtideje (L) 100%-os beavatkozójel mellett, a szabályozó ezen értékekből számítja a PID értékeket.



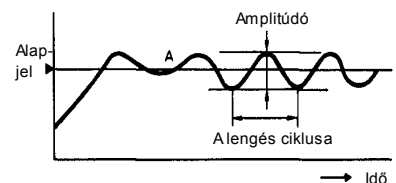
Ziegler-Nichols eljárás

Ennél az eljárásnál a proporcionális szabályozás az „A” pontból indul. A szabályozó addig szűkíti a proporcionális sávot, amíg a rendszer el nem kezd lengeni. A szabályozó a PID értékeket a lengés ciklusidejéből illetve, a proporcionális sávból (ahol lengeni kezdett a rendszer) számolja a szabályozó.



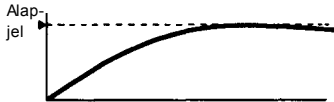
Határciklus eljárás

Az „A” pontból indít a szabályozó egy ON/OFF szabályozást. A szabályozó a lengés nagyságából illetve ciklusidejéből számolja a PID paramétereket.



A PID paraméterek újrhangolása

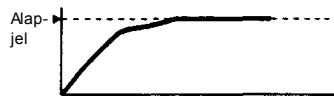
Az auto-tuning funkció a legtöbb esetben a legoptimálisabb PID paramétereket számolja ki, azonban előfordul néhány olyan egyedi alkalmazás, amelyknél szükség van a paraméterek kézzel történő finomítására az alábbiakban ismertett módon.

A proporcionális sáv változtatásának hatása:Szélesebb proporcionális sáv:

A proporcionális sáv szélesítésével lehetőségünk van a túllövés csökkentésére, viszont ebben az esetben nő az alapjel elérésének ideje.

Szűkebb proporcionális sáv:

A proporcionális sáv szűkítése esetén rövid idő alatt éri el a mért érték az alapjelet, azonban ez jelentős mértékű túllövés eredményez.

Az integrálási idő változtatásának hatása:Hosszabb integrálási idő:

Az integrálási idő növelésével lehet csökkenteni a rendszer lengését, a túllövést és az ofszet értékét, viszont ebben az esetben nő az alapjel elérésének ideje.

Rövidebb integrálási idő:

Az integrálási idő csökkentésével gyors felfűtést tudunk elérni, azonban ennek eredményeként túllövés, ofszet és lengést kapunk.

A deriválási idő változtatásának hatása:Hosszabb deriválási idő:

A deriválási idő növelése esetén az alapjel elérése viszonylag rövid idő alatt megvalósul aránylag kis túllövással, majd alullendüléssel, azonban a rendszer hajlamossá válik a kis amplitúdójú lengésekre.

Rövidebb deriválási idő:

A deriválási idő csökkentése esetén hosszú időre van szükség az alapjel eléréséig, erős túllövással, amit jelentős alullendülés követ.

Fuzzy Self-tuning funkció

A megfelelő hőmérsékletszabályozáshoz a PID paramétereket a szabályozott rendszer karakterisztikájához kell igazítani. Az auto-tuning funkciónak minden esetben szüksége van egy indító jelre (menüből el kell indítani), azonkívül magában foglalja a határciklus eljárást, ami nagymértékű hőmérsékletlengést eredményez. A hőmérsékletszabályozó fuzzy self-tuning üzemmódban, saját maga meghatározza a hangolás kezdetét, és gondoskodik a PID paraméterek hangolásáról a rendszer erős belengetése nélkül. Más szóval a Fuzzy Self-tuning lehetőséget nyújt a PID paraméterek beállítására a szabályozott rendszer karakterisztikájához igazítva.

A Fuzzy Self-tuning 3 módja

- PID paraméterek kiszámítása az alapjel változásakor
- PID paraméterek kiszámítása zavaró jellemző hatására fellépő hőmérsékletváltozás esetén
- Lengő rendszer esetén, a PID paraméterek hangolása, míg a lengés meg nem szűnik

Vezérlő kimenet

Vezérlő kimenet	Digitális kimenet	Relé kimenet	Alacsony kapcsolási frekvenciájú kimenetek esetén használandó
		Szilárdtestrelé kimenet	Kontakusmentes relékimenet maximum 1A terhelhetőséggel
		Feszültség kimenet	5, 12 vagy 24 VDC impulzuskimenet külső, nagy teljesítményű szilárdtestrelé csatlakoztatásához
	Analóg kimenet	Áram kimenet	Folyamatos 4 - 20 mA vagy 0 - 20 mA DC kimenet teljesítményszabályozók, ill. mágnesszelepek meghajtására. Ideális nagy pontosságú szabályozások megvalósításához.
		Feszültségkimenet	Folyamatos 0 - 5 vagy 0 - 10 VDC kimenet nyomásszabályozók meghajtására. Ideális nagy pontosságú szabályozások megvalósításához.