

IRÁNYÍTÁSELMÉLET ÉS TECHNIKA

**Energetikai mérnökasszisztens
FSz Szak 4. félév**

Alapfogalmak/ szabályozás-beavatkozás (1)

- **Irányítás:** olyan művelet, amely valamilyen műszaki folyamatba annak elindítása, fenntartása, megváltoztatása vagy megállítása végett beavatkozik.
- **Működési elv tekintetében:** vezérlés
- szabályozás
- **Vezérlés:** a vezérlésbe beadagolt hatás (rendelkezés) nyitott hatáslánccá összekapcsolt hatásközvetítő szerveken jut az utolsó taghoz, ahol a beavatkozás történik, és ezzel a működés lezárul.
- **Szabályozás:** a vezérlésen túlmenően ellenőrizzük, megmérjük a beavatkozás eredményét, és az újabb rendelkezést és ezzel beavatkozást az előző eredmény figyelembe vételével alakítjuk ki.
- **Szabályozás tudomány:** (1) szabályozók szerkezetana, a szabályozást végző berendezések szerkezeti felépítésével foglalkozik, (2) szabályozáselmélet, amely a szabályozási folyamatok időbeli lefolyásának törvényeit vizsgálja.

Alapfogalmak/ szabályozás-beavatkozás (2)

- A szabályozás elsődleges feladata a folyamatok fenntartása, a folyamat bizonyos jellemzőinek – amelyek zavaró hatások következtében változnak - tervszerű értéken tartása. Ez a feladat a folyamat fizikai jellemzőinek folyamatos mérésével oldható meg.
- Azt a jellemzőt, amelyet előírt módon változtatni, vagy állandó értéken tartani akarunk, **szabályozott jellemzőnek** nevezzük.
- A szabályozott jellemző sok esetben közvetlenül nem befolyásolható, ezért valami olyan jellemzőt változtatunk, amely a szabályozott jellemző értékére hatással van, és értékét közvetlenül befolyásolni tudjuk. Az ilyen jellemzőt **beavatkozó jellemzőnek** nevezzük.
- Ahol a beavatkozás történik, az a **beavatkozási hely**, a beavatkozás eszköze pedig a **beavatkozó szerv**.
- **Szabályozott berendezés**: a szabályozástól függetlenül meglévő műszaki létesítmény, amely a szabályozás tárgyát képezi.
- **A szabályozott szakasz**: a beavatkozás helyén kezdődik, és a szabályozott jellemző mérési helyén ér véget.
- A szabályozott szakaszon anyag vagy energiaáram halad.

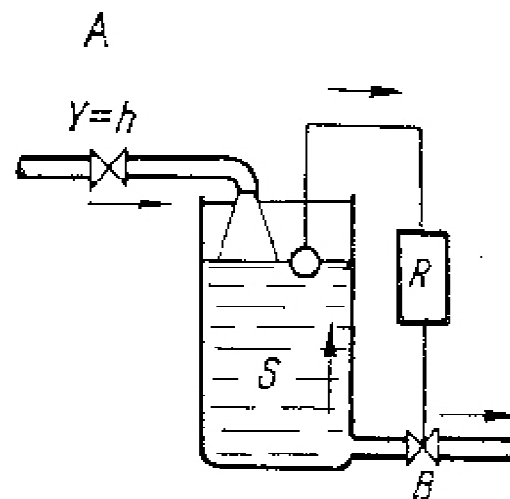
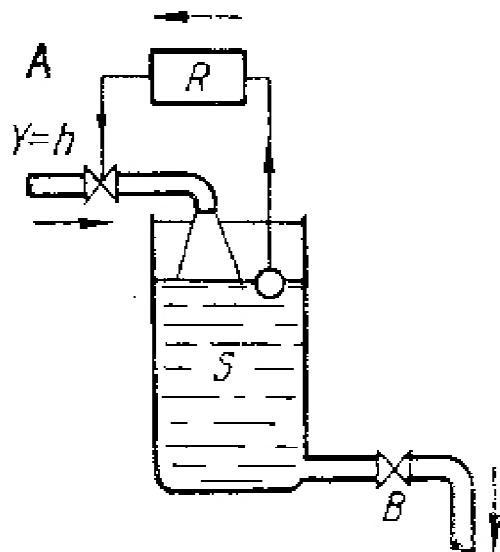
Alapfogalmak/ a szabályozás működési elve

- Minden szabályozás a szabályozott jellemző érzékelésén alapul. Az érzékelés a jellemző érték megállapításából (méréséből) áll.
- A szabályozott jellemző mérésének helye az **érezékelési hely**, az érzékelést végrehajtó szerv az **érezékelő szerv**.
- A szabályozás folyamata:
 - Rögzítjük a szabályozott jellemzőnek azt az értékét, amit tartani akarunk
 - Megmérjük a szabályozott jellemző pillanatnyi értékét
 - Összehasonlítjuk a mért értéket a rögzített értékkel
 - A két érték különbsége alapján úgy változtatjuk a beavatkozó jellemző értékét, hogy a két érték különbsége egy hibahatár alá csökkenjen.
- A szabályozási folyamat lehet
 - Kézi
 - Önműködő
- Az önműködő szabályozó berendezés az érzékelőből, a szabályozóból, és a beavatkozó szervből áll. Ez az érzékelési helyen kezdődik, és a beavatkozás helyén ér véget.
- A szabályozás önmagában zárt folyamat, **szabályozási kör**.

Alapfogalmak/ a szabályozás kör

- A szabályozási körnek két része van:
 - Szabályozott szakasz
 - Szabályozó (regulátor)
- A kör két szakasza egymással a beavatkozás és az érzékelés helyén érintkeznek.
- A szabályozott szakasznak (S) és a szabályozónak (R) közös jellemzői a beavatkozó jellemző és a szabályozott jellemző.
- A beavatkozás helyén a beavatkozó jellemző kimegy a szabályozóból, és bemegy a szabályozott szakaszba.
- Az érzékelés helyén a szabályozott jellemző kimegy a szabályozott szakból, és bemegy a szabályozóba.
- A szabályozási körben a hatásoknak meghatározott irányuk van.

Alapfogalmak / a szabályozás kör



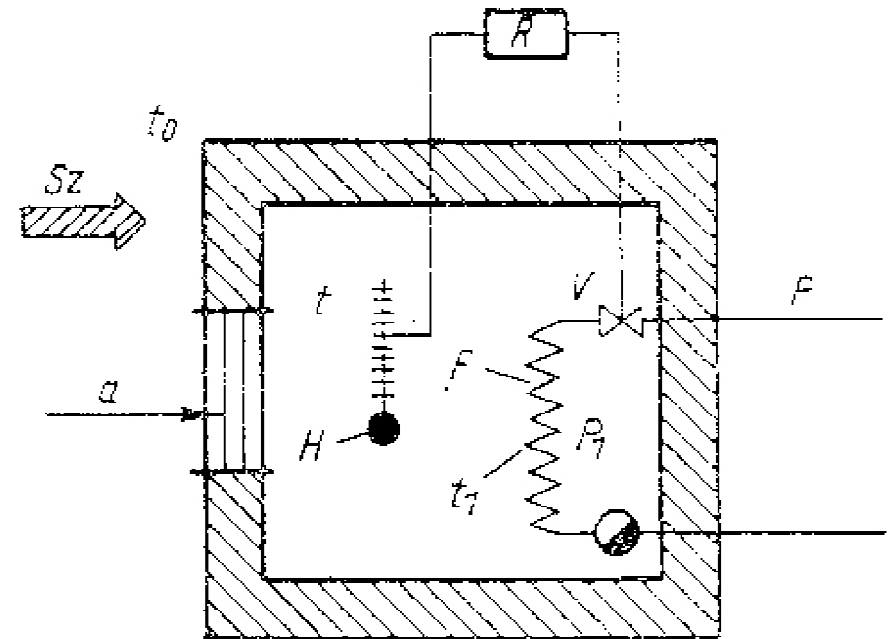
A szabályozási körben a hatásoknak meghatározott irányú láncja nem anyag- vagy energiaáram, hanem ezek nélküli jellemző változásoknak, jeleknek a közvetítésével alakul ki. A **jel** egy fizikai állapotváltozó adott értéke. **Jellemző** mindazon állapotváltozó, amely az irányított folyamat állapotát jellemzi.

Alapfogalmak/a szabályozás kör; általánosítás



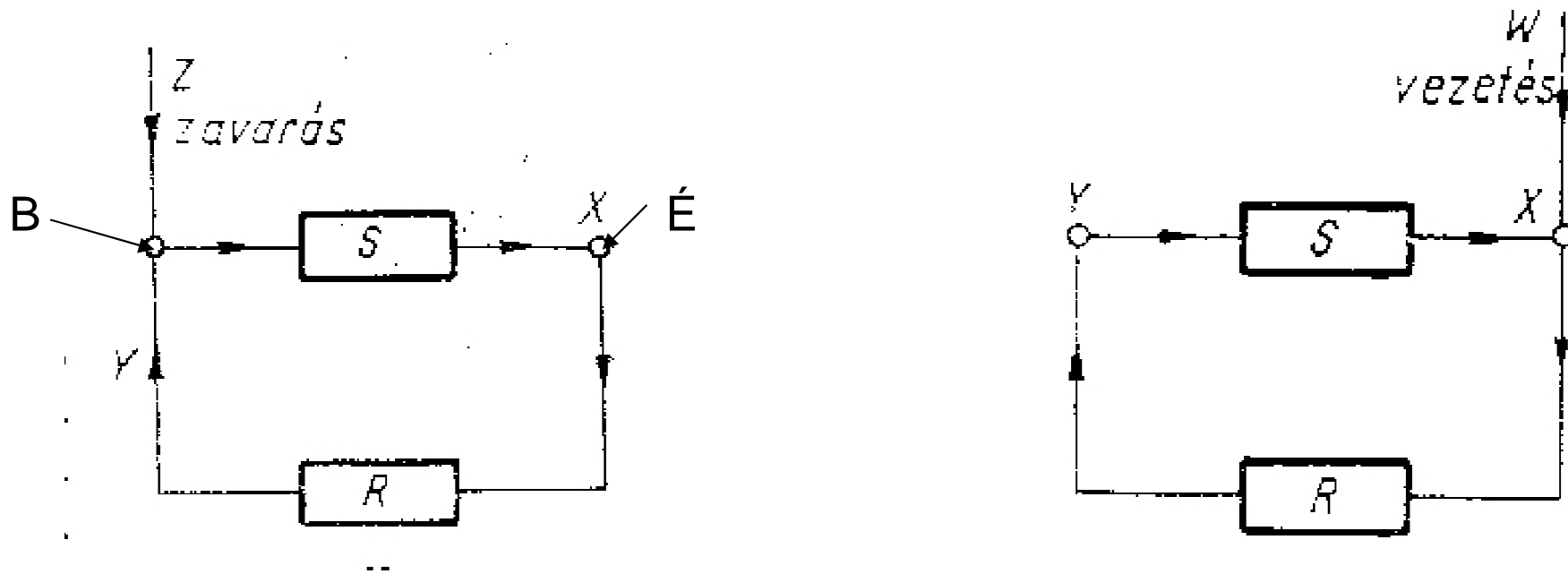
Alapfogalmak/külső hatások a szabályozási körre

- A t hőmérsékletet befolyásoló tényezők szabályozás hiányában:
- A t_0 külső hőmérséklet
- A szél (Sz)
- A szellőztetés és forgalom az ajtón keresztül (a)
- A szelep előtti p nyomás változása
- Azokat a hatásokat, amelyek a szabályozástól függetlenül és előre nem látható módon befolyásolják a szabályozott jellemző értékét, **zavarásnak**, azokat a jellemzőket, melyek változása a zavarást létrehozza, **zavaró jellemzőknek** nevezzük.



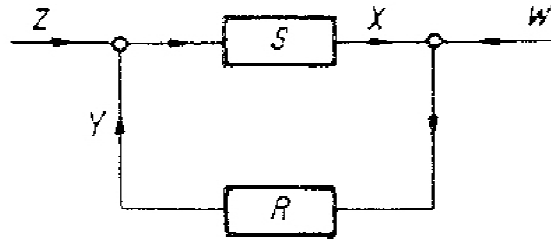
A zavaró jellemzők a szabályozott jellemzőt a beavatkozó jellemzőhöz hasonlóan befolyásolják, ezért a zavaró jellemző körbe való belépését a beavatkozó jellemzőével azonos helyre tehetjük

Alapfogalmak/külső hatások a szabályozási körre



A zárt hatásfolyamot a zavaráson kívül akaratunktól függő külső behatások is érhetik. Ennek célja, hogy a szabályozott jellemző rögzített értékét megváltoztassuk. Az ilyen szándékolt beavatkozást **vezetésnek** nevezzük.

Alapfogalmak/külső hatások a szabályozási körre



- Az elállítást létrehozó berendezést a szabályozóra kell kapcsolni, ennél fogva a szabályozóra hat. Az egyszerűsített ábrázolásban a vezetésnek a körbe való belépést az érzékelés helyére tehetjük.
- Jelölések:
 - x: szabályozott jellemző (érzékelés)
 - b: beavatkozó jellemző
 - y: módosuló jellemző
 - z (z_1, z_2, \dots): zavaró jellemző
 - w (w_1, w_2, \dots): vezető jellemző
 - Sokszor a beavatkozó és a módosuló jellemzőt egyaránt y-nal jelöljük.

Alapfogalmak/ a szabályozás alkalmazásának feltételei

- Szükséges, hogy valamely folyamat egyik jellemzőjét tervszerű értéken tartsuk.
- Zavaró jellemzőnek kell lenni, amelyek a szabályozott jellemző értékét nem kívánatos mértékben befolyásolják.
- A tartani kívánt szabályozott jellemzőnek mérhetőnek kell lenni.
- Kell lenni egy olyan jellemzőnek, amelynek változása a szabályozott jellemző értékét befolyásolja, és amelyet tetszés szerint változtathatunk.
- Ha e feltételek bármelyike nem teljesül, a szabályozási kört megvalósítani nem lehet.

A szabályozási kör fő jellemzői/ a szabályozott jellemző

- **Milyensége:**
 - Mechanikai: tartályok folyadék szintje, fordulatszám, sebesség (folyadék vagy gáz áramlási sebessége), térfogat, vagy tömegáram, nyomás, erő, irány, magasság, stb
 - Villamosak: feszültség, áramerősség, fázisszög, teljesítmény, frekvencia
 - Termikusak: hőmérséklet, fűtőérték, levegő páratartalma,
 - Anyagi jellemzők: tömeg, sűrűség, koncentráció, elektromos vezetés, pH
- **A szabályozott jellemző értékei**
 - Névleges érték: amelyre a szabályozást tervezték
 - Alapérték: amelyet a szabályozás útján a szabályozott jellemzőnek el kell érni
 - Alapértékek tartománya: az az értéktartomány, amelyen belül az alapértékek beállíthatók
- **A szabályozók osztályozása az alapérték alakulása szerint**
 - Ha az alapértéket kézzel állítjuk be, és azon nem változtatunk, **értéktartó szabályozásról** beszélünk
 - Ha az alapérték előre meghatározott időfüggvény szerint változik, **menetrend szabályozásról** beszélünk
 - Ha az alapérték valamely másik jellemző értékének függvénye, **értékkövető szabályozásról** beszélünk. Azt a jellemzőt, amelynek értékéhez az alapérték igazodik, irányító jellemzőnek nevezzük

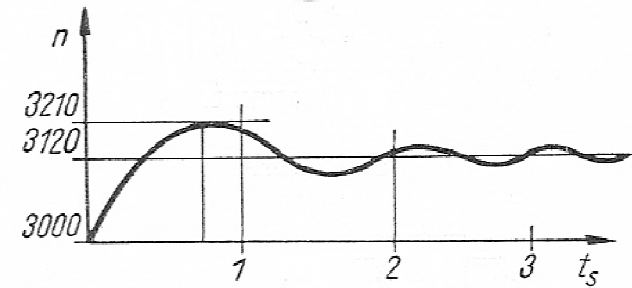
A szabályozási kör fő jellemzői/ a szabályozott jellemző (folytatás)

- **Szabályozási eltérések**

- A pillanatnyi érték eltérése az alapértéktől a szabályozási eltérés
 - Ha az eltérés stacionárius állapotban is fennáll, maradós szabályozási eltérést beszélünk.
- A szabályozási kör hirtelen megzavarása után a szabályozott jellemző új állandósult értékét – amely az eredetitől eltérő is lehet – nem azonnal veszi fel. Ez az átmeneti szabályozási eltérés.

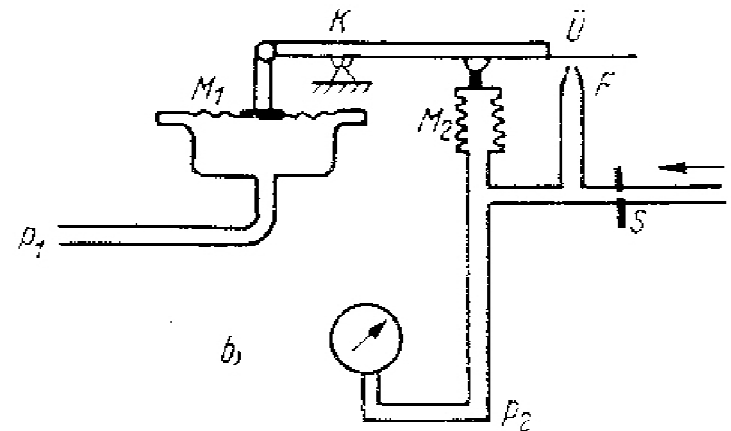
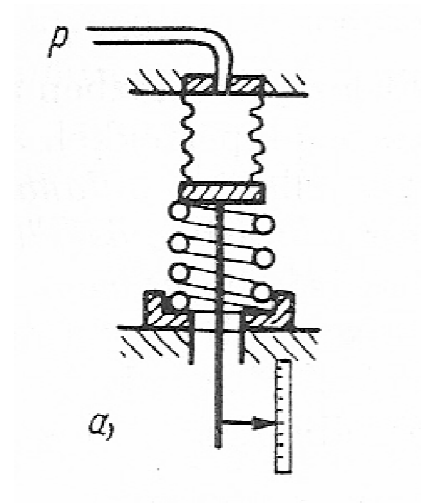
Érzékelés

- Kitérés mérés
- Kompensációs mérés



Érzékelés (folytatás)

- 1. kitérés mérés
 - A mérendő jellemző hoz létre közvetlen leolvasásra alkalmas változást
- 2. kompenzációs mérés
 - A mérendő jellemző értékét egy másikkal tartjuk egyensúlyban, és ennek értékét mérjük



A szabályozási kör fő jellemzői/ a beavatkozó jellemző

Módosuló folyam	Beavatkozó szerv	Beavatkozó jellemző
Anyagáram	Csap	Szögelfordulás
Anyagáram	Szelep, tolattyú	Emelkedés
Villamos áram	Változtatható ellenállás	Érintkező helyzete
Kollektoráram	Tranzisztor	Bázisfeszültség
Kazán szénfogyasztás	Rostély hajtómű	Rostélysebesség

A szabályozási kör fő jellemzői/ a beavatkozó jellemző (folytatás)

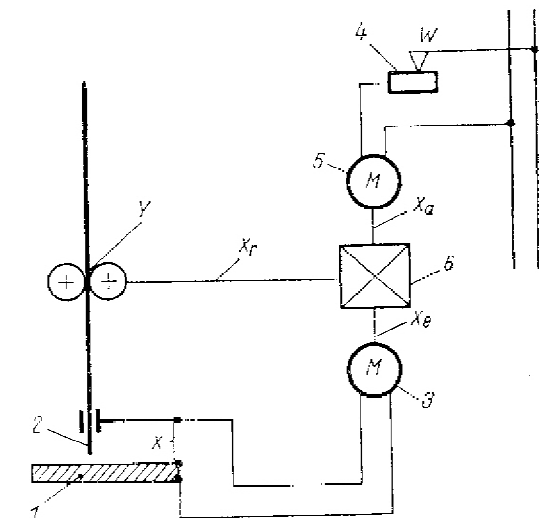
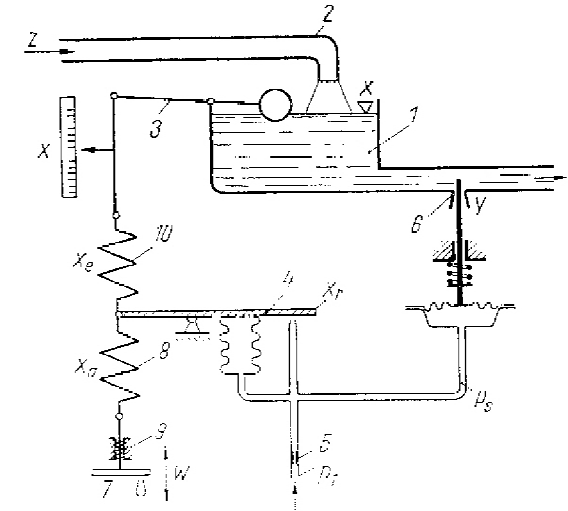
- A beavatkozás tartománya: az az értéktartomány, amelyen belül a szabályozó a beavatkozó jellemző értékét beállítja. Az alsó határ sokszor nulla, de lehet más érték is.
- Folytonos jellemzők: a beavatkozó egy jellemző egy tartományon belül bármilyen értéket felvehet
- Állásos jellemzők: Beavatkozó jellemzője csak bizonyos értékeket vehet fel.
- A beavatkozó szerv működtetéséhez energiára van szükség. Ha az érzékelő képes a szükséges energia szolgáltatására, akkor segédenergia nélküli szabályozónak nevezzük. Ellenkező esetben segédenergiát kell alkalmazni.
- A zavaró jellemzőnek az az értéktartomány, amelyen belüli változást a beavatkozó jellemző ki tud egyenlíteni, a zavarás tartománya.

A szabályozási körök felépítése

- A szabályozási körben előforduló jelek fajtái általában
 - Folytonosak (tartományukon belül bármilyen értéket felvehetnek)
 - Folyamatosak (minden időpontban léteznek)
 - Analógok
 - Determinisztikusak (értékük az idő függvényében határozott)
- Szakaszos a jel a tartományában nem vehet fel minden értéket.
- Szabályozásban a szakaszosság többnyire a beavatkozás helyén jelentkezik, úgy, hogy a beavatkozó szervnek csak korlátozott számú állása lehetséges.
- Időszakos a jel, ha értéke nem minden időpillanatban jelentkezik.
- Időszakos működésű a szabályozás, ha időnként üzemszerűen megszakad.
- Digitális jelek
- Sztochasztikus jel

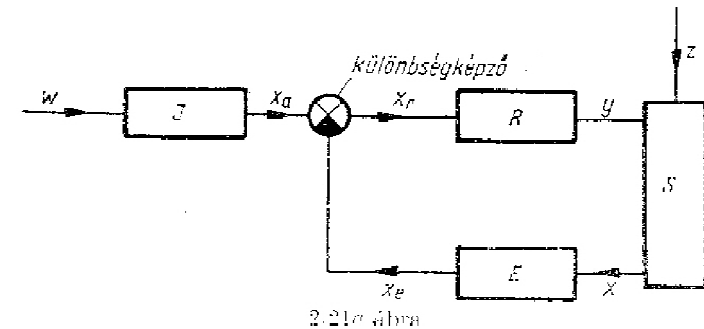
Az egyhurkos szabályozási kör és működése

- Érzékelés, alapjel képzés, különbségképzés
 - Meg adni a szabályozott jellemző alapértékét
 - Meg kell mérni a szabályozott jellemző pillanatnyi értékét
 - A pillanatnyi és az alapértéket össze kell hasonlítani
 - Az összehasonlítás alapján be kell avatkozni.
- Alapérték beállítás során a w vezető jellemzőt az alapjel képző szervre visszük. Az alapjel x_a
- Az érzékelő a szabályozott jellemző pillanatnyi értékéből x_c ellenőrző jelet képezi
- Az alapjel és az ellenőrző jel különbsége az x_r rendelkező jel
- A szabályozók nagy részében a rendelkező jel különböző célú jelátalakításon, erősítésen megy keresztül. Így keletkezik a végrehajtó jel

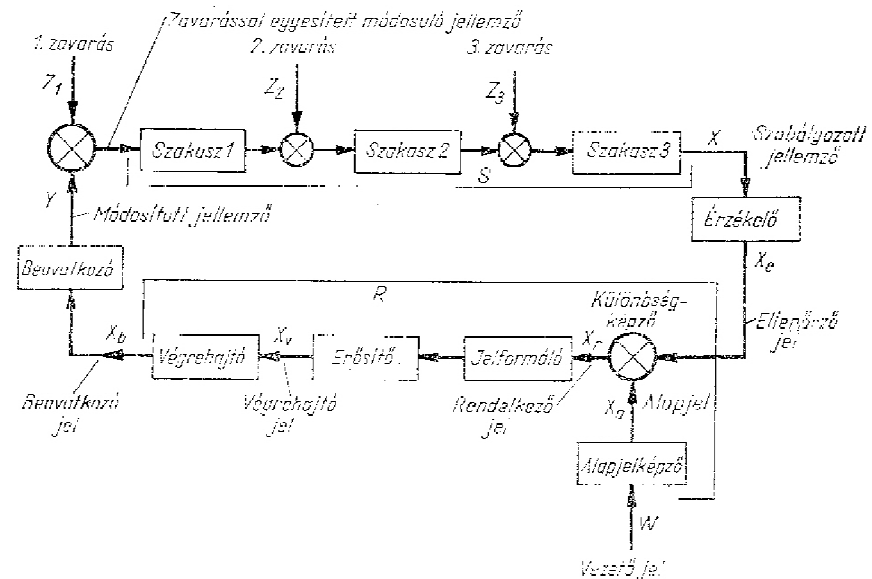


Az egyhurkos szabályozási kör és működése

- A szabályozási kör jelképes ábrázolása,
- És részletezése

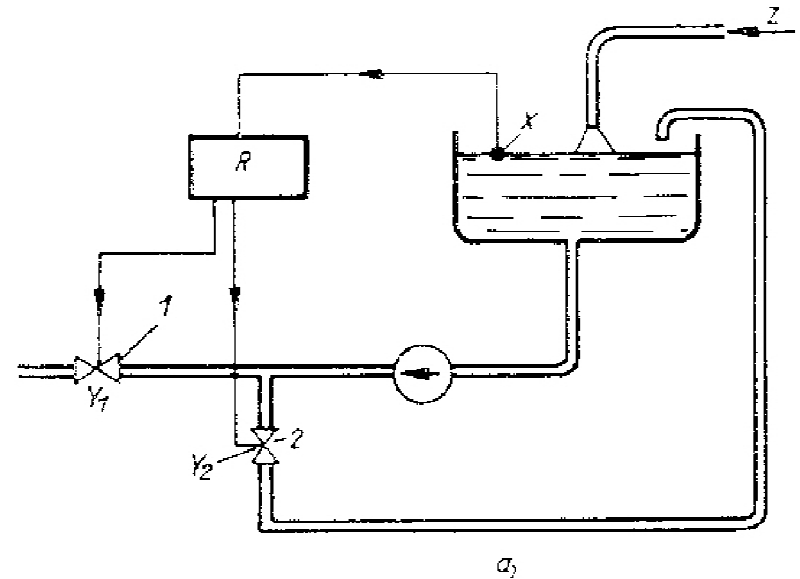


- Többszörös beavatkozás: szabályozási feladatokban előfordulhat, hogy a működés más – más tartományában más – más beavatkozást kell használni.



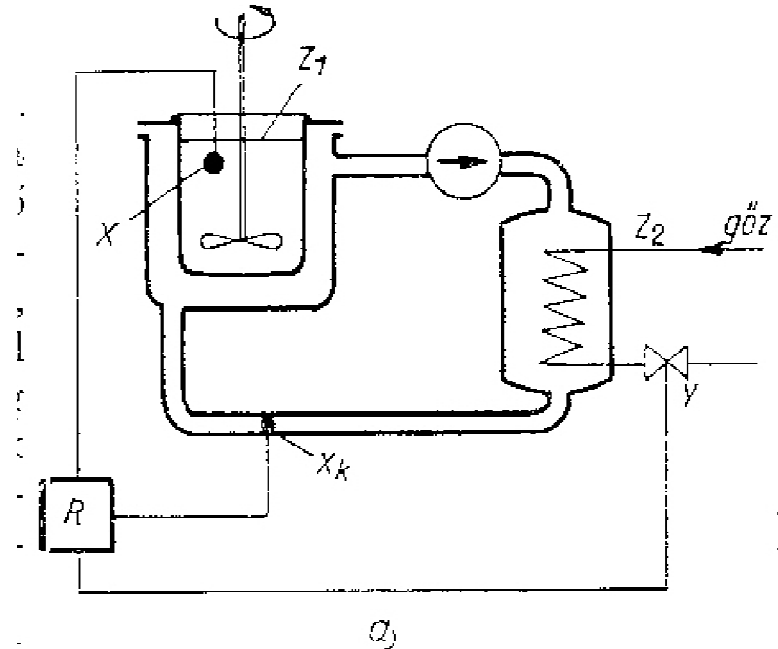
Többszörös beavatkozás

- Ha elég nagy a z hozzáfolyás, akkor a beavatkozás az 1 szeleppel történik
- Ha a hozzáfolyás nagyon lecsökken, akkor az 1 szelep zárásával párhuzamosan nyitjuk a 2 szelepet



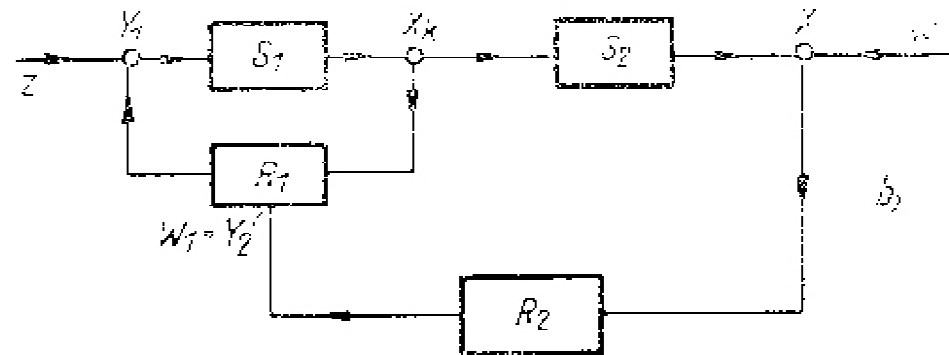
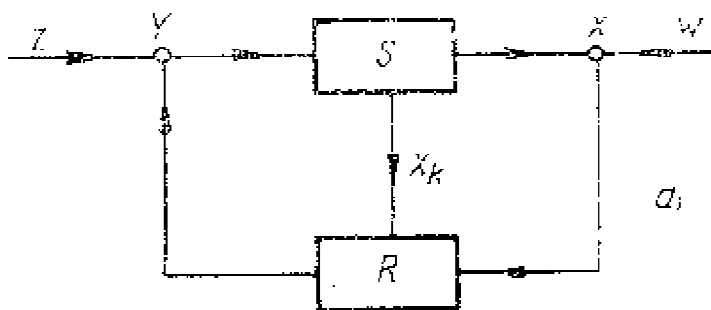
Többhurkos szabályozási körök

- Kisegítő szabályozott jellemző x_k
- Alkalmazása akkor lehet szükséges, ha a beavatkozás hatása a szabályozott jellemző változásában csak nagy időbeli késéssel jelentkezik. Ez túlszabályozást eredményezhet.
- Ilyenkor még egy, olyan jellemzőt mérünk, és viszünk be a szabályozóba, melynek változása a szabályozott jellemzőéhez hasonló, de késedelme kisebb.
- Hőmérséklet szabályozás a vízfürdőben
- A hőmérséklet a vízfürdőben az y fűtőszelep állítását csak nagy késéssel követi.
- A szabályozóra rákapcsoljuk a vízfürdő vizének a hőmérsékletét is.



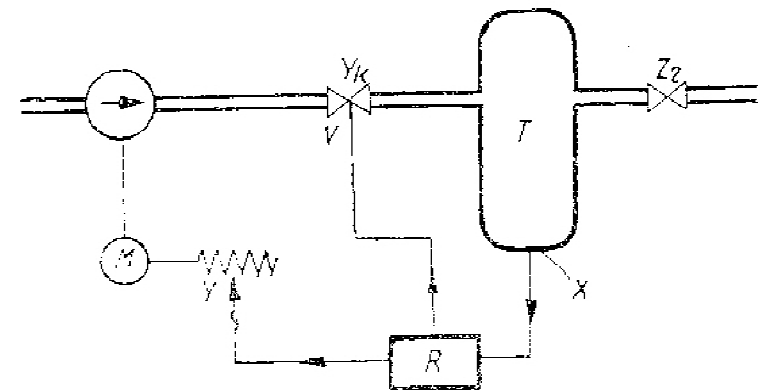
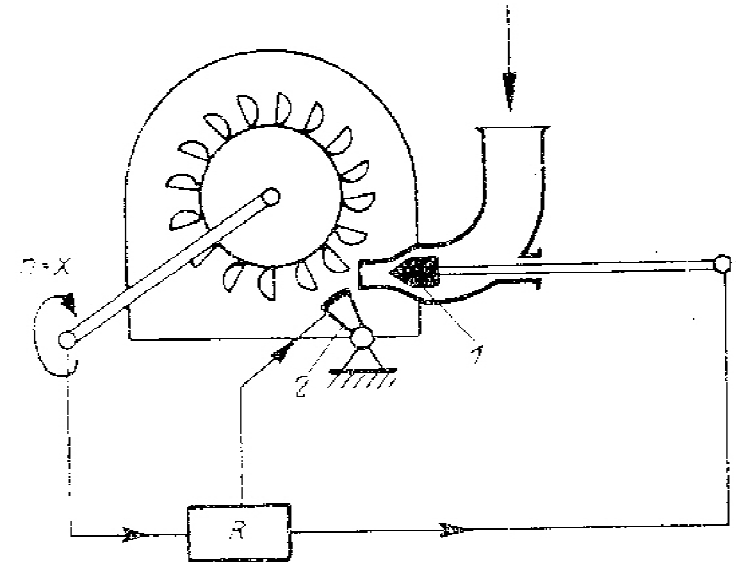
Kisegítő szabályozott jellemző sémája

- Az x_k közbelső jellemzőt mérve a változások hamarabb érzékelhetők, a beavatkozás is korábban indulhat meg. Ez megakadályozza az x szabályozott jellemző túlzott változását, s ezzel a túlszabályozást
- **Kaszád szabályozás:** A kisegítő szabályozott jellemzővel külön szabályozási kört készítenek (S_1 - R_1). Az x fő szabályozott jellemző az R_2 szabályozó révén befolyásolt y_2 beavatkozás pedig az x_k szabályozóját vezeti



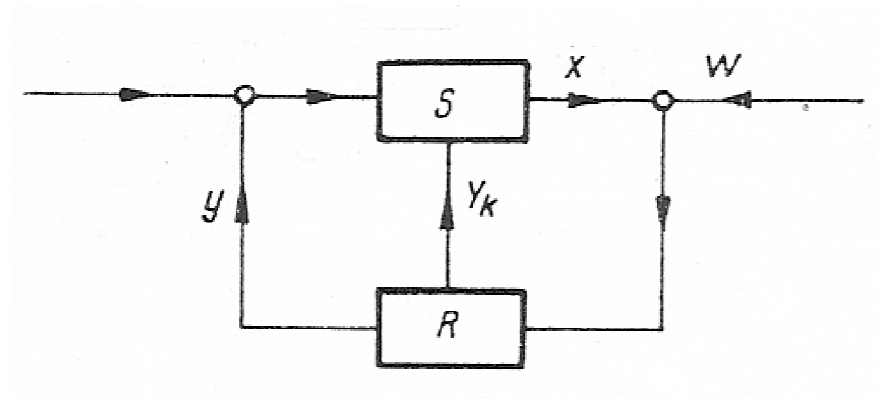
Többszörös szabályozási körök (folytatás)

- Kisegítő beavatkozó jellemző y_k
- Alkalmazása akkor indokolt, ha segítségével jobb időbeli lefolyással, vagyis gyorsabban hathatunk a szabályozott jellemzőre.
- A Pelton turbina fordulatszám szabályozása az 1 szabályozó tű helyzetével lehetséges. Hirtelen terhelés csökkenéskor a 2 terelő a vízszög egy részét eltereli a lapátokról.
- A T tartályban az x nyomást szabályozzuk. A fő beavatkozás az M motor fordulatszámának szabályozása. A beavatkozás gyorsabb, ha a V szelepet is tudjuk állítani.



Többhurkos szabályozási körök (folytatás)

- A kisegítő beavatkozó jellemzővel készült szabályozás sémája

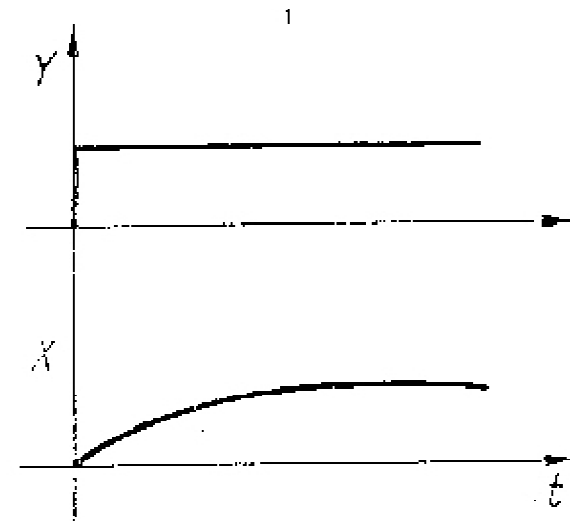
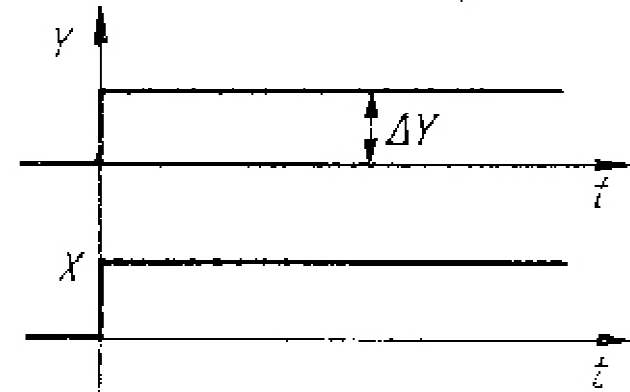


Kapcsolt (többváltozós) szabályozási rendszerek

- Ha két vagy több szabályozási kör úgy kapcsolódik egymáshoz, hogy az egyik kör jellemzői befolyásolják a másikat, akkor a körök által alkotott szabályozó rendszernek két vagy több szabályozott jellemzője, s ugyanannyi beavatkozó jellemzője van.
- Kazán nyomás és vízállás szabályozása: a nyomásszabályozás beavatkozó jellemzője (tüzelés intenzitás) hatással van a vízállásra is, a vízállás szabályozás beavatkozó jellemzője (táp szelep állása viszont a nyomást befolyásolja.

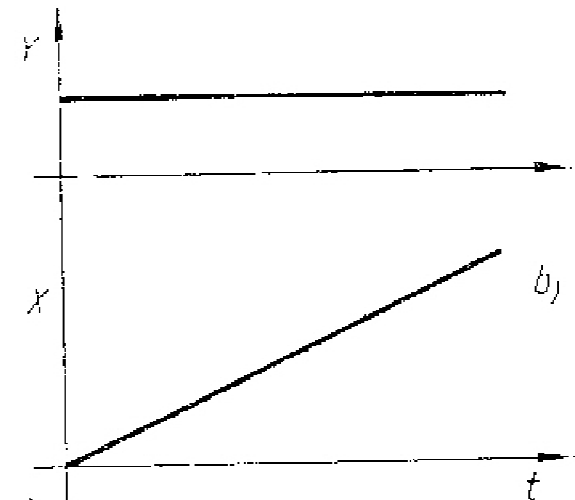
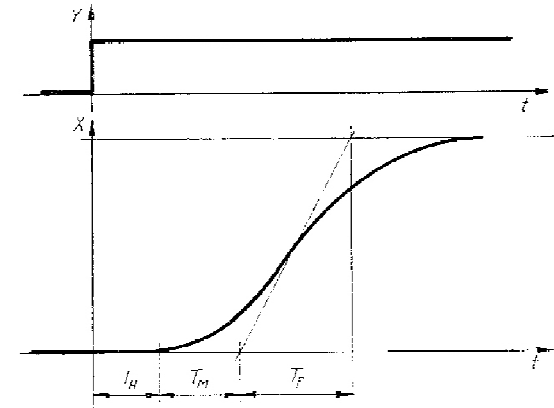
A szabályozások törvényei

- A szabályozás tagjainak, részeinek és az egész szabályozási kör időbeli működésének vizsgálata.
- A szabályozás szempontjából sem a berendezés szerkezete, sem a jellemzők minemősége nem lényeges, csak a szabályozott szakasz időbeli viselkedése az érdekes.
- Időkésleltetés nélküli arányos szakaszok (feszültség szabályozás, nyomásszabályozás)
- Időbeli késés (turbina fordulatszám szabályozása a gőzmennyiség változtatásával).



A szabályozások törvényei (folyt.)

- Holtidős szabályozás (helyiség hőmérséklet szabályozás)
- A bemenő beavatkozás a kimenő szabályozott jellemző változási sebességét szabja meg, vagyis a szabályozott jellemző a beavatkozónak idő szerinti integráljával függ össze. Az ilyen szabályozási szakasz az integráló.
(gőzturbinába vezetett gőz mennyiségének növelése, a terhelés növekedése nélkül; fordulatszám növekedés).
- A szabályozott jellemző összefügghet a beavatkozó deriváltjával.

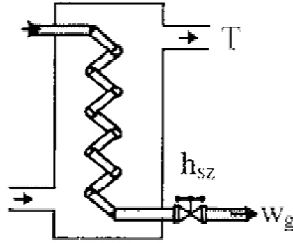
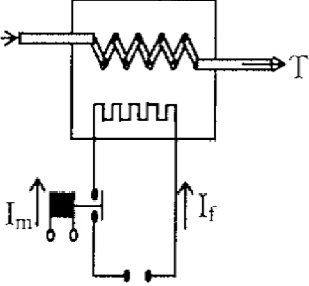


Tipikus szabályozási feladatok (1)

- Tipikus szabályozási feladatok a műszaki gyakorlatban
 - Hőcserélő
 - Áramló közeg előmelegítése
 - Gőzhőmérséklet szabályozás
 - Abszorpciós berendezés
 - Gőzturbina
 - Nyújtó henger
 - Ívkemence

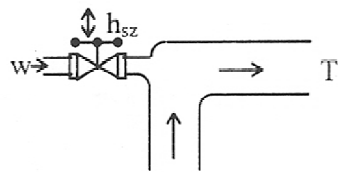
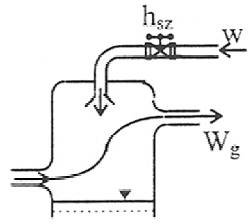
Tipikus szabályozási feladatok (2)

3.1-1. táblázat Tipikus szabályozási feladatok főbb jellemzői

Szabályozott berendezés	A berendezés vázlata	Lehetséges szabályozott jellemző	Egy lehetséges módosított jellemző	Lehetséges zavaró jellemző	Lehetséges beavatkozó jel	Beavatkozó szerv
Hőcserélő		A távozó levegő hőmérséklete T	A fűtőgőz mennyisége w_g	A fűtőgőz nyomása, a külső hőmérséklet, a belépő közeg hőmérséklete és mennyisége	A szelepszár elmozdulása h_{sz}	Szelep
Áramló közeg előmelegítés		A csőkiyóban távozó közeg hőmérséklete T	A fűtőáram I_f	A csőkiyóban távozó közeg nyomása, a tápfeszültség, a külső hőmérséklet	A mágneskapcsoló behúzó tekercsének árama I_m	Mágneskapcsoló

Tipikus szabályozási feladatok (3)

3.1-2. táblázat Tipikus szabályozási feladatok főbb jellemzői

Szabályozott berendezés	A berendezés vázlata	Lehetséges szabályozott jellemző	Egy lehetséges módosított jellemző	Lehetséges zavaró jellemző	Lehetséges beavatkozó jel	Beavatkozó szerv
Gőzhőmérséklet szabályozás		A távozó gőz hőmérséklete T	A befecskendezett víz mennyisége w	A beömlő gőz mennyisége, hőmérséklete, külső hőmérséklet, elvételi nyomás	A szelepszár elmozdulása h _{sz}	Szelep
Abszorpciós berendezés		A távozó gáz összetétele W _g	A mosóvíz fajlagos mennyisége w	A belépő gáz összetétele, hőmérséklete, mennyisége	A szelepszár elmozdulása h _{sz}	Szelep

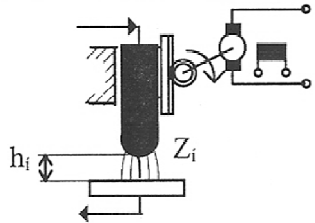
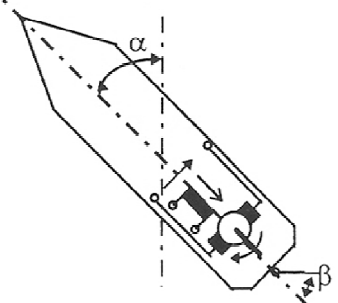
Tipikus szabályozási feladatok (4)

3.1-3. táblázat Tipikus szabályozási feladatok főbb jellemzői

Szabályozott berendezés	A berendezés vázlata	Lehetséges szabályozott jellemző	Egy lehetséges módosított jellemző	Lehetséges zavaró jellemző	Lehetséges beavatkozó jel	Beavatkozó szerv
Gőzturbína		A turbína fordulatszáma n_t	A tápgőz mennyisége w_g	A terhelő nyomaték, a tápnyomás, az ellennyomás	A szelepszár elmozdulása h_{sz}	Szelep
Nyújtó hengerson		Az anyag nyúlásának mértéke	Az M_B motor gerjesztőárama I_{gB}	A főgenerátor fordulatszáma, az M_A motor és generátor gerjesztőárama	A nyújtódobot hajtó motor gerjesztőkörében levő ellenállás csuszájának helyzete L	Az M_B motor gerjesztőellenállása

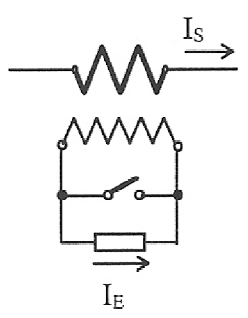
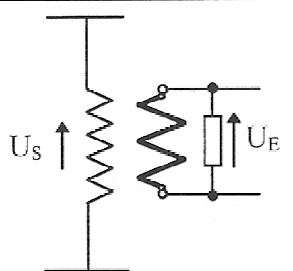
Tipikus szabályozási feladatok (5)

3.1-4. táblázat Tipikus szabályozási feladatok főbb jellemzői

Szabályozott berendezés	A berendezés vázlata	Lehetséges szabályozott jellemző	Egy lehetséges módosított jellemző	Lehetséges zavaró jellemző	Lehetséges beavatkozó jel	Beavatkozó szerv
Ívkemence		A villamos ív impedanciája Z_i	A villamos ív hossza h_i	Az ív árama, feszültsége	A elektródát mozgató hajtómű bemenő tengelyének szögelfordulása	Az elektródát mozgató hajtómű
Hajó		A hajó tengelyének iránya α	A kormánylapát helyzete β	A szél- és hullámnyomás nagysága és iránya	A kormánylapátot mozgató hajtómű bemenő tengelyének szögelfordulása	A kormánylapátot mozgató hajtómű

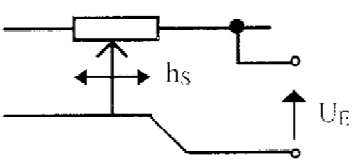
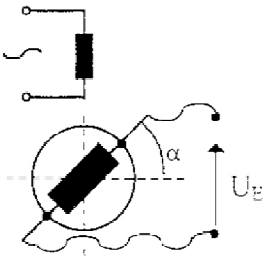
Tipikus érzékelők főbb jellemzői (1)

3.2-1. táblázat Tipikus érzékelők főbb jellemzői

Érzékelő szerv megnevezése	Az érzékelő szerv vázlata	Érzékelt jellemző	Ellenőrzőjel	Segédenergia
Áramváltó		Villamos áram I_s	Áram $I_E=f(I_s)$	Nincs
Feszültség váltó		Villamos feszültség U_s	Feszültség $U_E=f(U_s)$	Nincs

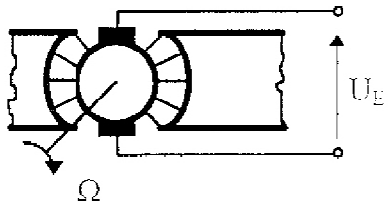
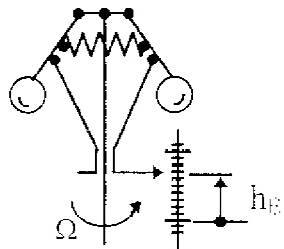
Tipikus érzékelők főbb jellemzői (2)

3.2-2. táblázat Tipikus érzékelők főbb jellemzői

Érzékelő szerv megnevezése	Az érzékelő szerv vázlata	Érzékelt jellemző	Ellenőrzőjel	Segédenergia
Potenciométer		Elmozdulás h_s	Villamos feszültség $U_E=f(h_s)$	Villamos
Kontroll-transzformátor		Szögelfordulás α	Villamos feszültség $U_E=f(\alpha)$	Villamos

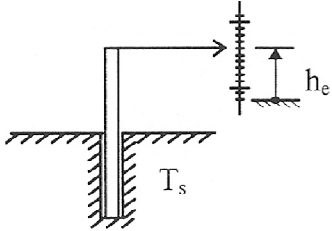
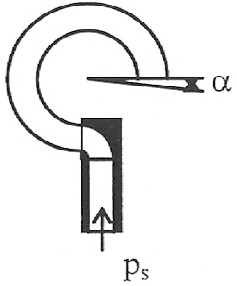
Tipikus érzékelők főbb jellemzői (3)

3.2-3. táblázat Tipikus érzékelők főbb jellemzői

Érzékelő szerv megnevezése	Az érzékelő szerv vázlatja	Érzékelt jellemző	Ellenőrzőjel	Segédenergia
Tachométer dinamó		<p>Szögsebesség</p> <p>Ω</p>	<p>Villamos feszültség</p> <p>$U_E=f(\Omega)$</p>	Nincs
Centrifugális inga		<p>Szögsebesség</p> <p>Ω</p>	<p>Elmozdulás</p> <p>$h_E=f(\Omega)$</p>	Nincs

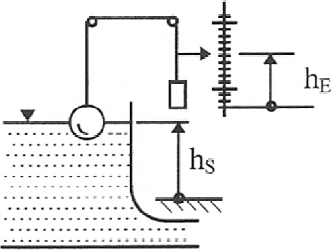
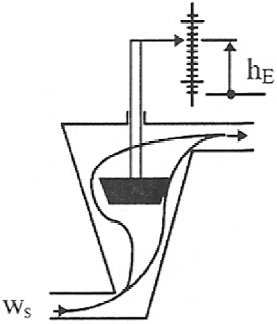
Tipikus érzékelők főbb jellemzői (4)

3.2-4. táblázat Tipikus érzékelők főbb jellemzői

Érzékelő szerv megnevezése	Az érzékelő szerv vázlata	Érzékelt jellemző	Ellenőrzőjel	Segédenergia
Dilatációs rúd		Hőmérséklet T_s	Elmozdulás $h_e=f(T_s)$	Nincs
Bourdon cső		Nyomás p_s	Elfordulás $\alpha=f(p_s)$	Nincs

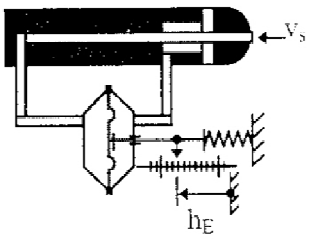
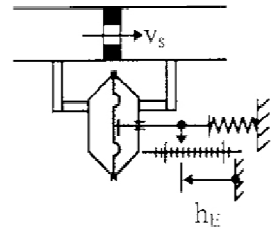
Tipikus érzékelők főbb jellemzői (5)

3.2-5. táblázat Tipikus érzékelők főbb jellemzői

Érzékelő szerv megnevezése	Az érzékelő szerv vázlata	Érzékelt jellemző	Ellenőrzőjel	Segédenergia
Szintmutató		A folyadékszint helyzete h_s	A szintmutató helyzete $h_E=f(h_s)$	Nincs
Rotaméter		Közegáramlás mennyisége w_s	Elmozdulás $h_E=f(w_s)$	Nincs

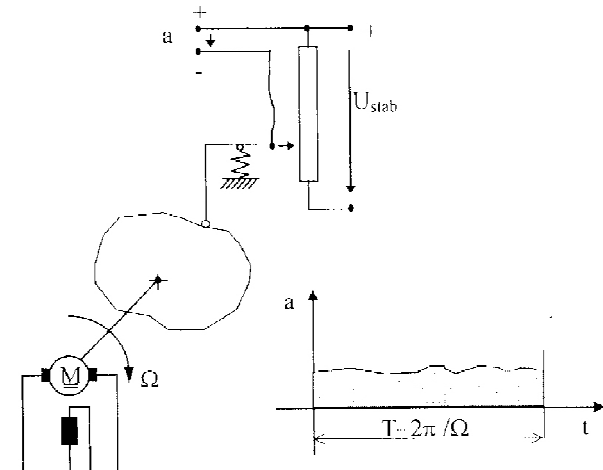
Tipikus érzékelők főbb jellemzői (6)

3.2-6. táblázat Tipikus érzékelők főbb jellemzői

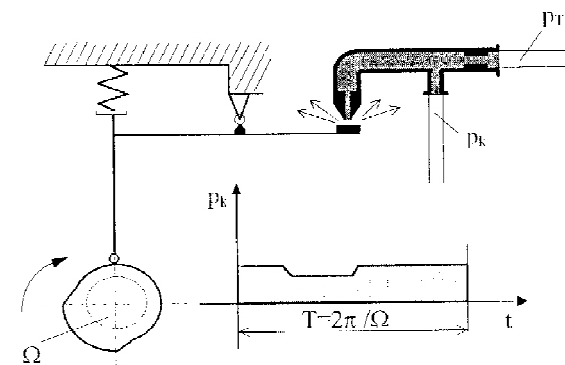
Érzékelő szerv megnevezése	Az érzékelő szerv vázlatja	Érzékelt jellemző	Ellenőrzőjel	Segédenergia
Pitot-cső		Közegáramlás sebessége v_s	Elmozdulás $h_E=f(v_s)$	Nincs
Mérőperemes mennyiségmérő		Közegáramlás sebessége v_s	Elmozdulás $h_E=f(v_s)$	Nincs

Alapjelképző szervek

- Az alapjelképző szerv bemente állandó alapérték esetén az ún. beállító jel. Ezt villamos, mechanikai vagy egyéb kapcsolással valósíthatjuk meg.
- Üzemszerűen változó alapértéknél a bemeneti jel (vezető jel) függhet az időtől, vagy a szabályozási rendszerben előforduló más jellemzőtől.



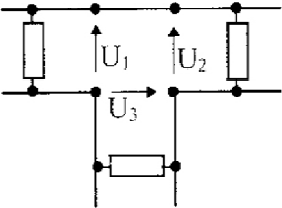
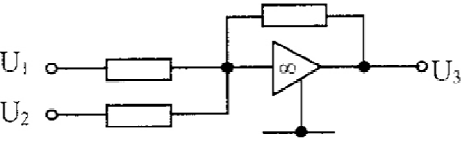
3.1. ábra Villamos alapjel programadó



3.2. ábra Pneumatikus alapjel programadó

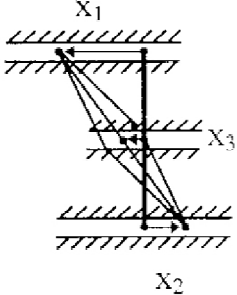
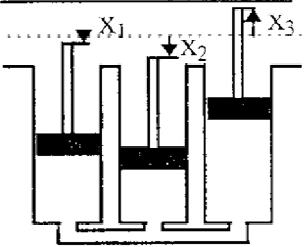
Különbségképző szervek (1)

3.3-1. táblázat Tipikus különbségképző szervek főbb jellemzői

A különbségképző szerv megnevezése	A különbségképző szerv vázlatja	Bemenő jelek	Kimenő jel	Segédenergia
Villamos áramkör		Villamos feszültség U_1, U_2	Villamos feszültség $U_3 = U_1 - U_2$	Nincs
Műveleti erősítő		Villamos feszültség U_1, U_2	Villamos feszültség $U_3 = c_1 U_1 - c_2 U_2$	Villamos

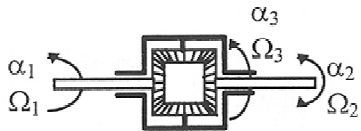
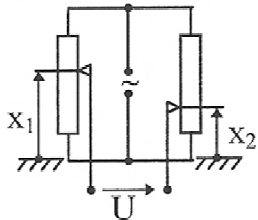
Különbségképző szervek (2)

3.3-2. táblázat Tipikus különbségképző szervek főbb jellemzői

A különbségképző szerv megnevezése	A különbségképző szerv vázlata	Bemenő jelek	Kimenő jel	Segédenergia
Himba		Elmozdulás x_1, x_2	Elmozdulás $x_3 = c(x_1 - x_2)$	Nincs
Közlekedő-edény		Elmozdulás x_1, x_2	Elmozdulás $x_3 = x_1 + x_2$	Nincs

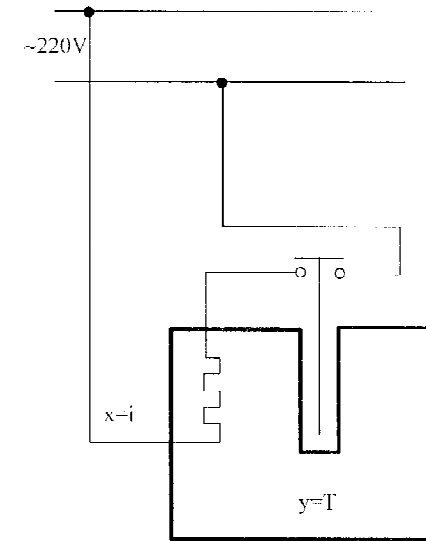
Különbségképző szervek (3)

3.3-3. táblázat Tipikus különbségképző szervek főbb jellemzői

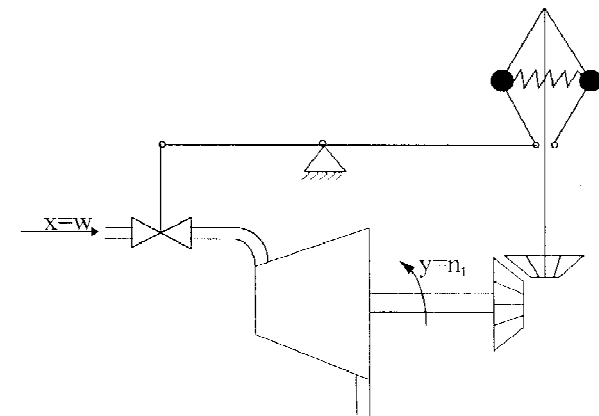
A különbségképző szerv megnevezése	A különbségképző szerv vázlata	Bemenő jelek	Kimenő jel	Segédenergia
Differenciálmű		Elfordulás, szögsebesség $\alpha_1, \alpha_2, \Omega_1, \Omega_2$	Elfordulás, szögsebesség $\alpha_3 = c(\alpha_1 - \alpha_2)$ $\Omega_3 = c(\Omega_1 - \Omega_2)$	Nincs
Wheatstone híd		Elmozdulás x_1, x_2	Villamos feszültség $U = c(x_1 - x_2)$	Villamos

Erősítő szervek(1)

- Segédenergia nélküli szabályozás: a különbségképző kimenetén kapott rendelkező jel közvetlenül felhasználható a szabályozó működtetésére.
- A rendelkező jel teljesítményszintjét a beavatkozó szerv működtetéséhez növelni kell, erősítő szervet kell közbeiktatni
 - Erősítő (tranzisztor, integrált áramkör)
 - Tirisztor
 - Egyenáramú generátor
 - Mágneskapcsoló
 - Pneumatikus fúvókás erősítő

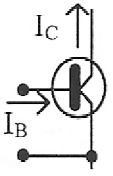
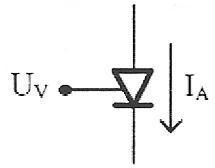
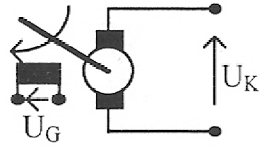


3.6. ábra. Segédenergia nélküli hőmérsékletszabályozás



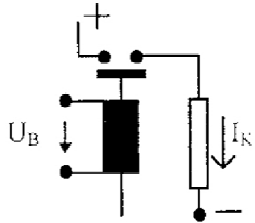
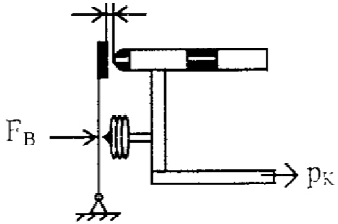
Erősítő szervek(2)

3.4-1. táblázat Tipikus teljesítményerősítők főbb jellemzői

Az erősítő megnevezése	Az erősítő vázlatja	Bemenő jel	Kimenő jel	Segédenergia
Tranzisztor		Bázisáram I_B	Kollektor áram I_C	Villamos
Tirisztor		Vezérlő feszültség U_V	Anódáram I_A	Villamos
Egyenáramú generátor		Gerjesztőköri feszültség U_G	Armatúraköri kapocsfeszültség U_K	Mechanikai

Erősítő szervek(3)

3.4-2. táblázat Tipikus teljesítményerősítők főbb jellemzői

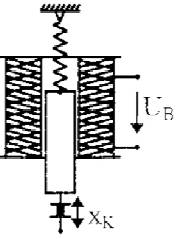
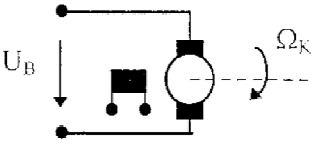
Az erősítő megnevezése	Az erősítő vázlatja	Bemenő jel	Kimenő jel	Segédenergia
Mágneskapcsoló		Feszültség U_B	Áram I_K	Villamos
Pneumatikus fűvókás erősítő		Erő F_B	Pneumatikus nyomás p_K	Pneumatikus

Beavatkozó (végrehajtó) szervek (1)

- A szabályozási lánc utolsó művelete a beavatkozás
- A beavatkozás legtöbbször egy elmozdulás vagy elfordulás. Ezekben az esetekben a beavatkozó szerv lehet szervomotor, amely lehet villamos, hidraulikus vagy pneumatikus.
- További tipikus beavatkozó szervek
 - Behúzó mágnes
 - Egyenáramú szervomotor
 - Egyoldalas hidraulikus szervomotor
 - Kétoldalas hidraulikus szervomotor

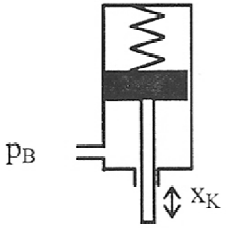
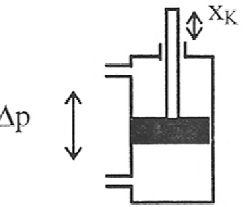
Beavatkozó (végrehajtó) szervek (2)

3.5-1. táblázat Tipikus beavatkozó szervek főbb jellemzői

A szervomotor megnevezése	A szervomotor vázlatja	Bemenő jel	Kimenő jel	Segédenergia
Behúzó mágnes		Feszültség U_B	Elmozdulás x_K	
Egyenáramú szervomotor		Feszültség U_B	Szögsebesség Ω_K	

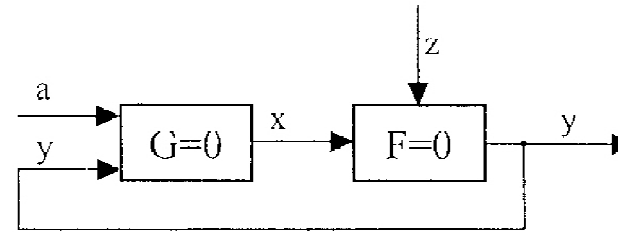
Beavatkozó (végrehajtó) szervek (3)

3.5-2. táblázat Tipikus beavatkozó szervek főbb jellemzői

A szervomotor megnevezése	A szervomotor vázlatja	Bemenő jel	Kimenő jel	Segédenergia
Egyoldalas hidraulikus munkahenger		Nyomás p_B	Elmozdulás x_K	
Kétoldalas hidraulikus munkahenger		Nyomáskülönbség Δp	Elmozdulás x_K	

A szabályozási feladat matematikai leírása

Általában $x=x(t)$, $y=y(t)$, $z=z(t)$
és $a=a(t)$



- Az x módosított jellemző, az y szabályozott jellemző és a z zavaró jellemző közt fennálló összefüggés általában egy n -ed rendű differenciál egyenlet

$$F(y, y', \dots, y^{(n)}, x, x', \dots, x^{(n)}, z, z', \dots, z^{(n)}) = 0$$

- A szabályozó szintén egy dinamikus rendszer, ennek megfelelően a leíró egyenlet egy m -ed rendű differenciál egyenlet

$$G(x, x', \dots, x^{(m)}, a, a', \dots, a^{(m)}, y, y', \dots, y^{(m)}) = 0$$

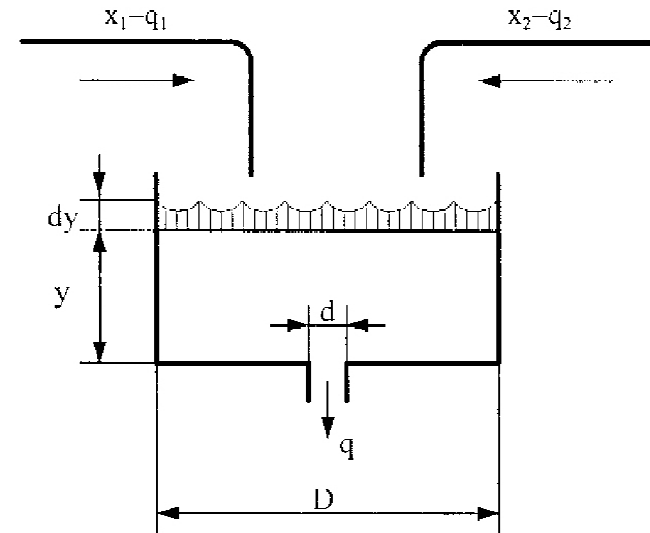
Az egyenletek a gyakorlatban a legtöbbször csak elsőrendű deriváltakat tartalmaznak.

Példa: szabadkifolyású tartály modellje

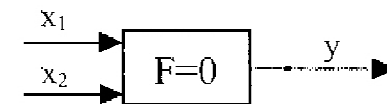
$$A \cdot \frac{dy(t)}{dt} = x_1(t) + x_2(t) - q(t)$$

$$q(t) = \mu \cdot A \sqrt{2 \cdot g \cdot y(t)}$$

$$F(y, y', x_1, x_2) = A \cdot \frac{dy(t)}{dt} + \mu \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot y(t)} - x_1(t) - x_2(t) = 0$$



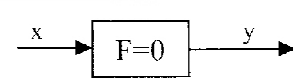
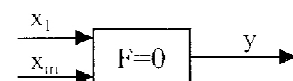
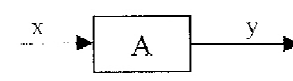
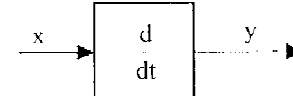
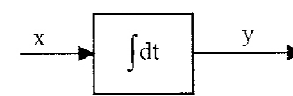
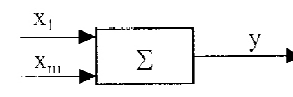
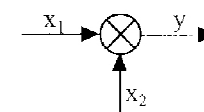
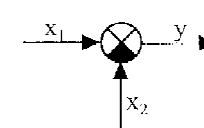
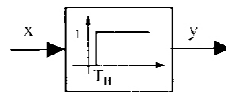
Működési vázlat




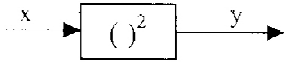
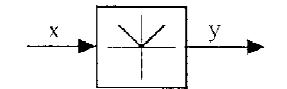
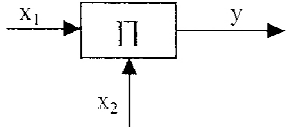
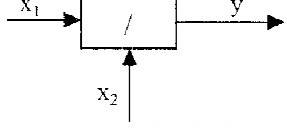
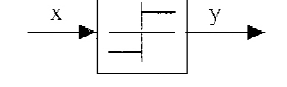
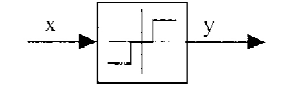


hatásvázlat

Jelátviteli alaptagok értelmezése

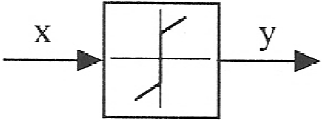
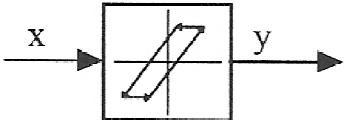
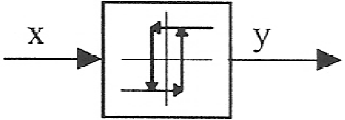
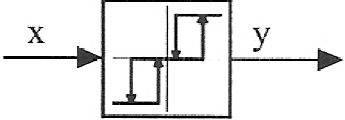
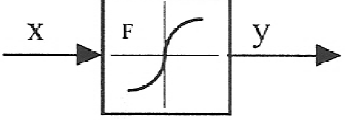
- A matematikai modell a szabályozott jellemző és a módosított jellemző közti függvénykapcsolat megadását jelenti
- Szokásos kezelési mód, hogy a jelátviteli modellt egyszerűbb viselkedésű alaptagok kombinációjaként adjuk meg.
- Tipikus alaptagok

Sorsz.	Jelkép	Megnevezés
1a		Egy bemenetű általános tag (SISO)
1b		Több bemenetű általános tag (MISO)
Lineáris tagok		
2		Arányos tag $y(t) = Ax(t)$
3		Differenciáló tag $y(t) = \frac{x(t)}{dt}$
4		Integráló tag $y(t) = \int x(t)dt$
5a		Általános összegző tag $y(t) = \sum_{i=1}^m x_i(t)$
5b		Két jel összege $y(t) = x_1(t) + x_2(t)$
5c		Két jel különbsége $y(t) = x_1(t) - x_2(t)$
6		Holtidős tag $y(t) = x(t - T_{II})$

Jelátviteli alaptagok értelmezése(2)

Sorsz.	Jelkép	Megnevezés
Nemlineáris tagok		
7		Gyökvonó tag $y(t) = \sqrt{x(t)}$
8		Négyzetecemelő tag $y(t) = x^2(t)$
9		Abszolútérték képző tag $y(t) = x(t) $
10		Szorzó tag $y(t) = x_1(t) \cdot x_2(t)$
11		Hányadosképző tag $y(t) = x_1(t) / x_2(t)$
12		Kétállású tag $y(t) = \begin{cases} \Delta, & \text{ha } x < 0 \\ A, & \text{ha } x \geq 0 \end{cases}$
13		Háromállású tag
14		Telítődő (határoló) tag
15		Érzéketlenségi sáv

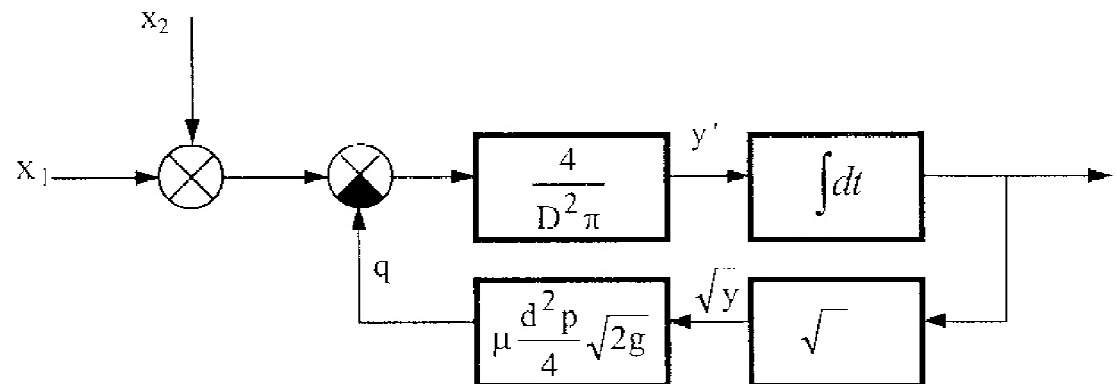
Jelátviteli alaptagok értelmezése(3)

Sorsz.	Jelkép	Megnevezés
Nemlineáris tagok		
16		Előfeszítés
17		Kotyogásos tag
18		Kétállású hiszterézises tag
19		Háromállású hiszterézises tag
20		Általános nemlineáris tag

Blokkorientált megoldás

- A blokkorientált rendszermodellezés általános módszere az ún. KELVIN-THOMPSON féle visszavezetési elv alkalmazása
- Ki kell fejezni a leíró egyenletben szereplő legmagasabb rendű tagot.
- A szükséges számú integrátor alkalmazásával rendelkezésre állnak a keresett változók és azok deriváltjai.
- Ezekből a legmagasabb rendű tag előállítható

$$\frac{dy(t)}{dt} = \frac{1}{A} \cdot \left(x_1(t) + x_2(t) - \mu \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot \sqrt{y(t)} \right)$$



Paraméter érzékenységi vizsgálat

- A szabályozási folyamat a szabályozott és a módosított jellemzők mellett különböző paramétereket is tartalmaz.
- Megvizsgálandó, hogy az egyes paraméterek milyen hatást gyakorolnak a rendszer kimenetére (gyakorlati szempontból fontos azoknak a paramétereknek az azonosítása, amelyekre a rendszer a legérzékenyebb)
- Egybementű rendszer paraméterei legyenek p_1, p_2, \dots, p_k .

$$s_i = \frac{\frac{\Delta y_i}{y}}{\frac{\Delta p_i}{p_i}}$$