Véges beállási idejű (dead-beat) szabályozás

Diszkrétidejű rendszereknél megoldható, hogy a hiba ne csak exponenciálisan csökkenjen nullához, hanem VÉGES SZÁMÚ MINTAVÉTELI PERIODUS alatt!

A tervezés során feltételeztük, hogy az alapjel ugrásfüggvény jellegű (egységugrás).

A tervezés során a szabályozó struktúráját és paramétereit úgy keressük, hogy a ZÁRT RENDSZER impulzus átviteli függvénye FIR legyen.

$$\boxed{z = e^{T_0 \cdot s}}$$

$$D_{FIR}(z^{-1}) = a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + \dots + a_n z^{-n}$$

$$D_{FIR}(z) = \frac{a_0 z^n + a_1 z^{n-1} + \dots + a_n}{z^n}$$

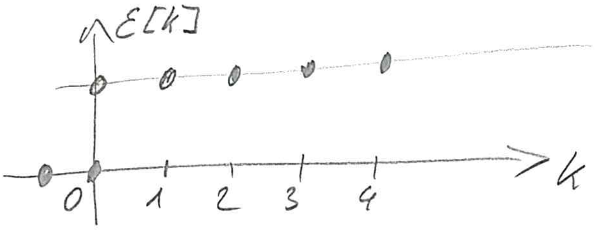
Látszik, hogy a rendszernek n darab $z_i = \emptyset$ pólusa van. Diszkrétidejű rendszerek esetén a zéróhoz közeli pólusok kis időállandókat jelentenek, vagyis gyors választ. A zérus értékű pólusokat abszolút gyors pólusoknak nevezzük.

A gyors válasz úgy érhető el, hogy a stabályozó kimenete, a beavatkozó jel az alapjel ugrásszerű változásakor nagy értékeket vesz fel. Tervezéskor célszerű figyelembe venni a beavatkozó jel megengedett maximumát.

Tekintsük az alábbi FIR rendszert:

$$D_{FIR}(z^{-1}) = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} z^{-1} + \frac{1}{4} z^{-2}$$

Határozzuk meg a rendszer válaszát egységugrás bemenetre.



$k=0 \qquad y[0] = \frac{1}{2}\cdot 1 + \frac{1}{4}\cdot 0 + \frac{1}{4}\cdot 0 = \frac{1}{2}$

$k=1 \qquad y[1] = \frac{1}{2}\cdot 1 + \frac{1}{4}\cdot 1 + \frac{1}{4}\cdot 0 = \frac{3}{4}$

$k=2 \qquad y[2] = \frac{1}{2}\cdot 1 + \frac{1}{4}\cdot 1 + \frac{1}{4}\cdot 1 = 1$

$k=3 \qquad y[3] = \frac{1}{2}\cdot 1 + \frac{1}{4}\cdot 1 + \frac{1}{4}\cdot 1 = \underline{1}$

$k=\infty \qquad y[\infty] = 1$

A példában a rendszer kimenete 3 lépésben eléri az állandósult állapotot.

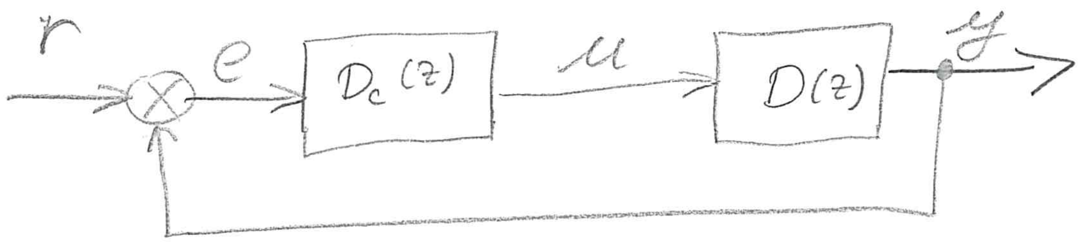
Tervezéskor cél az egységnyi átvitel, hogy az alapjel megjelenjen a kimeneten.

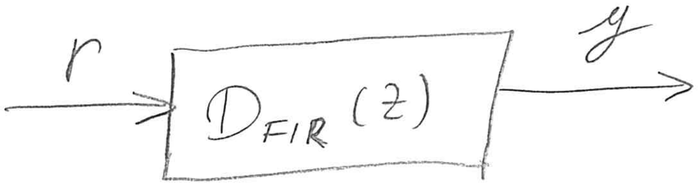
Feltétel, hogy a FIR rendszerre igaz legyen

$$\sum_{i=0}^{n} a_i = 1$$

Tervezéskor vegyük figyelembe a beavatkozó jel megengedett értékét.

$$|u[k]| \le U_{max} \quad \text{ha } k=0.$$





$$D(z^{-1}) = \frac{B(z^{-1})}{A(z^{-1})} = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + \dots + b_m z^{-m}}{a_0 + a_1 z^{-1} + \dots + a_n z^{-n}}$$

$$D_{FIR}(z^{-1}) = \frac{y[z^{-1}]}{r[z^{-1}]} = \frac{D_c(z^{-1}) \cdot D(z^{-1})}{1 + D_c(z^{-1}) \cdot D(z^{-1})} = K(z^{-1})$$

A és B ismert!!!

A rendszer DI LTI, ahhoz, hogy a zárt rendszer FIR legyen, vagyis konstans alapjelre a kimenet véges számú mintavétel után ne változzon, az szükséges, hogy a szabályozó kimenete se változzon. Megkövetelendő, hogy

$$D_{ur}(z^{-1}) = \frac{u[z^{-1}]}{r[z^{-1}]} = \frac{D_c[z^{-1}]}{1+D_c[z]\cdot D[z]} = M(z^{-1}) \text{ is FIR}$$

legyen.

$$M \cdot \frac{B}{A} = K \Rightarrow \frac{B}{A} = \frac{K}{M}$$

Ez az egyenlőség bármilyen nemzérus véges fokszámú ún. korrekciós polinom mellett teljesül, hogy

$$\frac{B}{A} \cdot \frac{L}{L} = \frac{K}{M} \Rightarrow \begin{matrix} K = B\cdot L \\ M = A\cdot L \end{matrix}$$

Állandósult állapotban $y_\infty = r$ ezért

$K(1) = 1$. és $\boxed{L(1) = \frac{1}{B(1)}}$

$$M = \frac{D_c}{1+D_c\cdot D} \Rightarrow D_c = M + D_c\cdot D\cdot M$$

$$D_c(1-D\cdot M) = M$$

$$D_c = \frac{M}{1-D\cdot M} = \frac{L\cdot A}{1-\frac{B}{A}\cdot L\cdot A} \Rightarrow \boxed{D_c = \frac{LA}{1-LB}}$$

Mivel két feltételünk van a tervezéshez, válasszuk az L polinomot elsőfokúnak

$$L(z^{-1}) = l_0 + l_1 z^{-1}$$

Első feltétel: $\quad L(1) = \frac{1}{B(1)} \Rightarrow l_0 + l_1 = \frac{1}{\sum_{i=0}^{m} b_i}$

Második feltétel: ugrás esetén a maximális bevatható jel u_{max}

$$u(z^{-1}) = M(z^{-1}) \cdot r(z^{-1})$$

$$u_k = m_0 r_k + m_1 r_{k-1} + m_2 r_{k-2} + \dots + m_r \cdot r_{k-r}$$

$$u_0 = m_0 \cdot \underset{\underset{1}{\uparrow}}{r_0} + m_1 \underset{\underset{0}{\uparrow}}{r_{k-1}} + \dots + m_r \cdot \underset{\underset{0}{\uparrow}}{r_{-r}}$$

$$M = L \cdot A = (l_0 + l_1 z^{-1})(a_0 + a_1 z^{-1} + \dots + a_n z^{-n}) =$$

$$= l_0 \cdot a_0 + (l_0 a_1 + l_1 a_0) z^{-1} + \dots =$$

$$= m_0 + m_1 z^{-1} + \dots ,$$

$$m_0 = l_0 \cdot a_0$$

$$m_0 = u_0 = u_{max} \Longrightarrow u_{max} = l_0 a_0$$

$$\boxed{l_0 = \frac{u_{max}}{a_0}} \qquad l_0 + l_1 = \frac{1}{b_0 + b_1 + \dots + b_m}$$

$$\boxed{L_1 = \frac{1}{b_0 + \dots + b_m} - l_0} \qquad K = B \cdot L$$

Tervezéskor az $U_0 = U_{max}$ -ot tételeztük fel.
Fontos a mintavételi periodus helyes meghatározása, ha túl kicsi periodust választunk, akkor a rendszer tehetetlensége miatt nem biztos, hogy a legnagyobb beavatkozás $k=0$-ban lest. A helyes mintavételt szimulációval tudjuk meghatározni. A mintavételi periodust addig kell növelni, míg nem $k=0$-ra kapjuk a legnagyobb beavatkozó jelet. Fontos, hogy A és B is függ a mintavételi időtől!

A tervezési módszer nem veszi figyelembe a stabilitási és robosztussági szempontokat. Amennyiben A és B nem felel meg a valóságnak, akkor nem kapunk véges beállású szabályozást és a stabilitás sem biztosított.
Egy másik módszer a tervezéshez, hogy pólus áthelyezés módszerével abszolút gyors pólusokat követelünk meg a visszacsatolt rendszertől.

Példa :

$$P(s) = \frac{1}{(1+5s)(1+10s)}$$

Matlab kód :

```
>> Ts=1;
>> s = zpk('s');
>> z= zpk('z',Ts);
>> Ps = 1/((1+5*s)*(1+10*s))
>> step(Ps)
>> Pz = c2d(Ps,Ts);
```

Próbáljuk meg a

$$T(z) = \frac{C(z)\,P(z)}{1+C(z)\,P(z)} = z^{-1}$$ Egy lépésen belüli beállás!

$$C(z) = \frac{T(z)}{P(z)\,(1-T(z))} = \frac{1}{P(z)\,(z-1)}$$

```
>> Tz=1/z;
>> Cz= Tz/(Pz*(1-Tz));
>> Cz= minreal(Cz);
>> step(Cz*Pz/(1+Cz*Pz)) <- kimenet
>> step(Cz/(1+Cz*Pz)) <- a beavatkozó jel
```

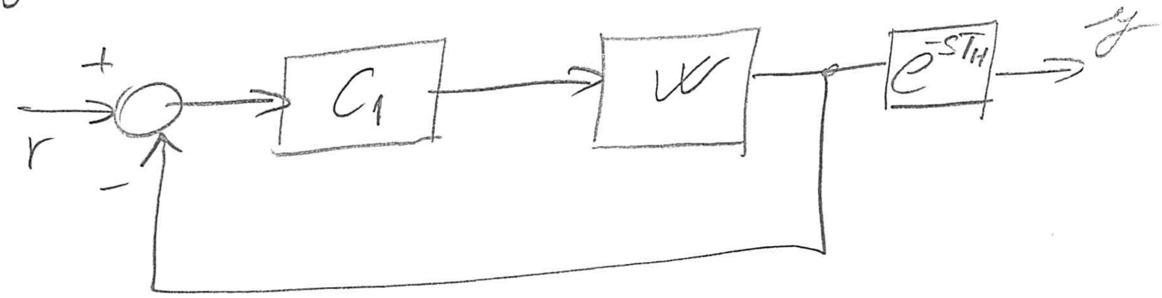
A beavatkozó jel lengése abból adódik, (109)

hogy a rendszer egyes nullái a szabályozónál pólusként jelennek meg. Az energia labdázik a két tároló között. Jelen esetben ez

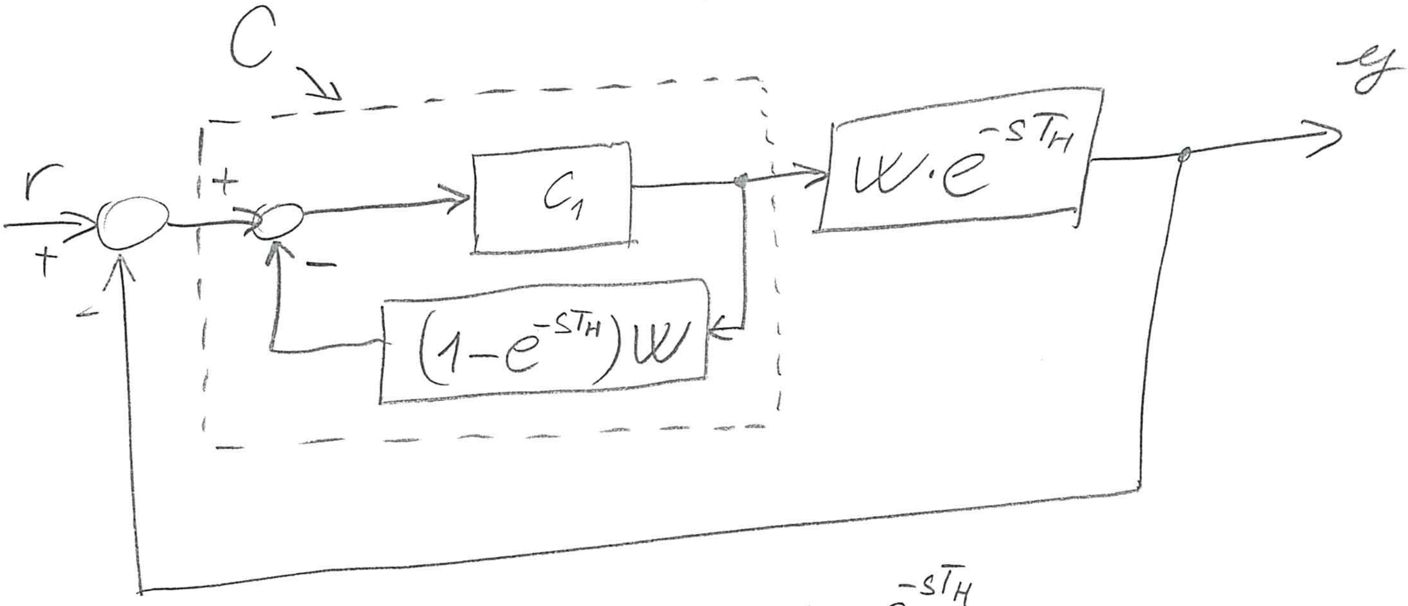
a $z_1 = -0{,}9048$

Holtidős rendszer szabályozása Smith-prediktorral

Holtidő esetén alapjelugrás esetén a hiba csak a holtidő eltelte után jelenik meg a kimeneten. Szabályozót a holtidő nélküli rendszer modellje alapján tervezünk. Tervezéshez bármely módszer használható. A megtervezett rendszert kiegészítjük egy extra holtidős taggal:



|||



$$\frac{W \cdot C_1}{1+W \cdot C_1} \cdot e^{-sT_H} = \frac{C \cdot W \cdot e^{-sT_H}}{1+W \cdot C \cdot e^{-sT_H}}$$

$$\frac{C_1}{1+WC_1} = \frac{C}{1+WCe^{-sT_H}}$$

$$C_1 + WC_1 \cdot Ce^{-sT_H} = C + W \cdot C_1 \cdot C$$

$$C_1 = \left[1 + WC_1\left(1-e^{-sT_H}\right)\right]C$$

$$\boxed{C = \frac{C_1}{1+C_1\left(1-e^{-sT_H}\right)W}}$$

A szabályozó holtidős tagot is tartalmaz, analóg módon nem valósítható meg. Diszkrét módon egyszerű megoldani.
A gyakorlatban a mintavételes Smith prediktor az elterjedt.
Tervezési eljárás d mintavételnyi késleltetés esetén:

① a rendszer modellje késleltetés nélkül $W(z^{-1})$

② megtervezzük $C_1(z^{-1})$-et valamely módszer alapján

③ Meghatározzuk a Smith prediktort:

$$C(z^{-1}) = \frac{C_1(z^{-1})}{1+C_1(z^{-1})\left(1-z^{-d}\right)W(z^{-1})}$$