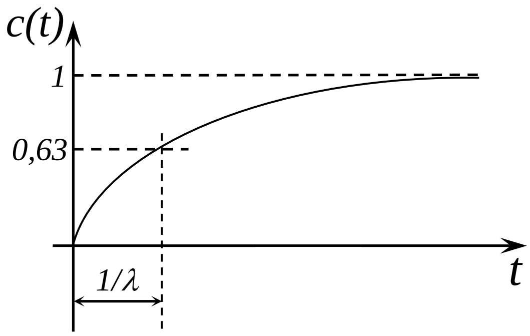
Primena Dalinovog proračuna na postupak sinteze regulatora

kada je objekat upravljanja tipa elementa prvog reda

Dalinov postupak proračuna regulatora predstavlja metodu koja koristi opisni pristup u određivanju željenog odziva regulacione petlje. Naime, zadaje se željena brzina odziva petlje – ako se zadata vrednost skokovito promeni, upravljana promenljiva, *c(t)*, će imati aperiodičan odziv čija je brzina promene određena parametrom λ [Hz]:



Slika 1. Zadati odskočni odziv upravljane promenljive

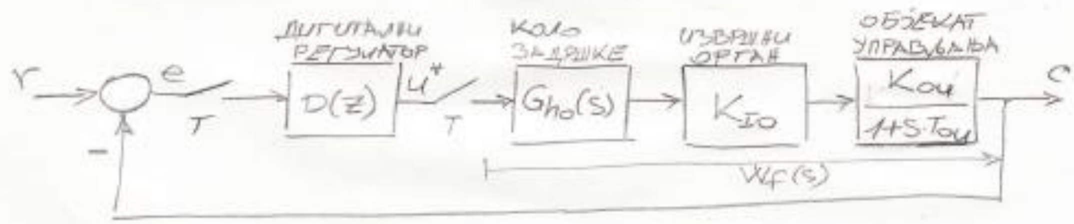
Na primer, ako je željena brzina odskočnog odziva takva da se 63% krajnje vrednosti dostigne za 1ms, parametar λ ima vrednost 1000 [Hz].

Ovu metodu primenjujemo za sintezu regulatora struje – kod pogona mašine jednosmerne struje to je regulator struje rotora, kod pogona sinhrone mašine sa stalnim magnetima to su regulatori *d* i *q* komponente struje statora predstavljenih u obrtnom *dq* koordinatnom sistemu (i_d i i_q), u kolu pretvarača povezanog na električnu mrežu to su *d* i *q* komponente struje mreže. U svim navedenim primerima pretvarač energetske elektronike, koji vrši ulogu izvršnog organa, se može predstaviti proporcionalnim elementom, a strujni podsklop mašine, koji predstavlja objekat upravljanja, se modeluje elementom prvog reda (RLE kolo).

U nastavku je data detaljan postupak proračuna parametara regulatora Dalinovom metodom kada u direktnoj grani postoji izvršni organ koji se modeluje proporcionalnim prenosnim elementom i objekat upravljanja je tipa elementa prvog reda.

– Примена Далиновог прорачуна на склоп са извршним органом типа пропорционалног елемента и објектом управљања типа елемента 1. реда –

* Изглед регулационе петље:



K_{IO} – појачање извршног органа

K_{ou} – појачање објекта управљања

T_{ou} – временска константа објекта управљања

* Прорачун дигиталног регулатора $D(z)$:

Према (41) преносна функција регулатора се рачуна као:

$$D(z) = \frac{1}{W_f(z)} \, \frac{\frac{C(z)}{R(z)}}{1-\frac{C(z)}{R(z)}}$$

где је $W_f(z)$ дискретизована функција преноса континуалног дела, а $\frac{C}{R}(z)$ функција спрегнутог дискретног преноса.

На основу изгледа дате петље следи:

$$W_f(z) = \mathcal{Z}\left\{ G_{ho}(s)\cdot K_{IO}\cdot \frac{K_{ou}}{1+S\cdot T_{ou}} \right\} = \mathcal{Z}\left\{ \frac{1-e^{-S\cdot T}}{S}\cdot K_{IO}\cdot \frac{K_{ou}}{1+S\cdot T_{ou}} \right\} =$$

$$\underset{e^{-ST}\to z^{-1}}{=} (1-z^{-1})\cdot K_{IO}\cdot K_{ou}\cdot \mathcal{Z}\left\{ \frac{1}{S\cdot(1+S\cdot T_{ou})} \right\} =$$

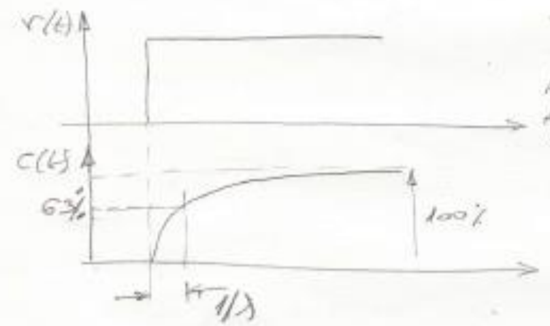
$$\mathcal{Z}\left\{ \frac{1}{S(1+S\cdot T_{ou})} \right\} \underset{\text{захтева се полином по S}}{=} \mathcal{Z}\left\{ \frac{1/T_{ou}}{S(S+\frac{1}{T_{ou}})} \right\} \overset{(14)}{=} \lim_{S\to 0}\left(\frac{\frac{1}{T_{ou}}}{S+\frac{1}{T_{ou}}}\cdot \frac{z}{z-e^{S\cdot T}} \right) + \lim_{S\to -\frac{1}{T_{ou}}}\left(\frac{\frac{1}{T_{ou}}}{S}\cdot \frac{z}{z-e^{S\cdot T}} \right) =$$

$$= \frac{z}{z-1} - \frac{z}{z-e^{-T/T_{ou}}} = \frac{z\left(z-e^{-T/T_{ou}}-z+1\right)}{(z-1)(z-e^{-T/T_{ou}})} = \frac{z\left(1-e^{-T/T_{ou}}\right)}{(z-1)(z-e^{-T/T_{ou}})}$$

$$W_f(z) = \cancel{(1-z^{-1})} \cdot K_{IO} \cdot K_{ou} \cdot \cancel{\frac{z}{z-1}} \cdot \frac{1-e^{-T/T_{ou}}}{z-e^{-T/T_{ou}}} = \frac{K_1}{z-e^{-T/T_{ou}}};$$

$$K_1 = K_{IO} \cdot K_{ou} \cdot (1-e^{-T/T_{ou}})$$

ПРОРАЧУН $\frac{C(z)}{R(z)}$ СЕ ИЗВОДИ НА ОСНОВУ ЖЕЉЕНОГ ОДСКОЧНОГ ОДЗИВА ПЕТЉЕ (КАДА ЈЕ $r(t) = h(t)$). АПЕРИОДИЧАН ОДЗИВ $c(t)$ СА ЖЕЉЕНОМ БРЗИНОМ ПРОМЕНЕ ИЗРАЖЕНОМ ПОМОЋУ ЕКВИВАЛЕНТНЕ ВРЕМЕНСКЕ КОНСТАНТЕ $1/\lambda$, ИЗГЛЕДА КАО НА СЛИЦИ 2.



СЛИКА 2.

АКО СЕ УЗМЕ ДА $r(t)$ ИМА СКОК У $t=0\,s$ $\Rightarrow$ СЛЕДИ

$$R(s) = \frac{1}{s}$$

$$C(s) = \underbrace{\frac{1}{1+s\cdot\frac{1}{\lambda}}}_{\text{ИМПУЛСНИ ОДЗИВ}} \cdot \underbrace{\frac{1}{s}}_{\text{ОДСКОЧНА ПОБУДА НА } r(t)}$$

$$R(z) = \mathcal{Z}\left\{\frac{1}{s}\right\} = \lim_{s\to 0} \frac{z}{z-e^{s\cdot T}} = \frac{z}{z-1}$$

$$C(z) = \mathcal{Z}\left\{\frac{\lambda}{(s+\lambda)\cdot s}\right\} = \lim_{s\to 0}\left(\frac{\lambda}{s+\lambda}\cdot\frac{z}{z-e^{s\cdot T}}\right) + \lim_{s\to -\lambda}\left(\frac{\lambda}{s}\cdot\frac{z}{z-e^{s\cdot T}}\right) =$$

$$= \frac{z}{z-1} - \frac{z}{z-e^{-\lambda\cdot T}} = \frac{z(z-e^{-\lambda T}-z+1)}{(z-1)(z-e^{-\lambda T})} = \frac{z(1-e^{-\lambda T})}{(z-1)(z-e^{-\lambda T})}$$

$$\Rightarrow \frac{C(z)}{R(z)} = \frac{1-e^{-\lambda\cdot T}}{z-e^{-\lambda\cdot T}}$$

КОНАЧНО $$D(z) = \frac{z-e^{-T/T_{ou}}}{K_1} \cdot \frac{\frac{1-e^{-\lambda T}}{z-e^{-\lambda T}}}{1-\frac{1-e^{-\lambda T}}{z-e^{-\lambda T}}} = \frac{1-e^{-\lambda T}}{K_1}\cdot\frac{z-e^{-T/T_{ou}}}{z-e^{-\lambda T}-1+e^{-\lambda T}} =$$

$$D(z) = \frac{1-e^{-\lambda T}}{K_1}\cdot\frac{z-e^{-T/T_{ou}}}{z-1} = \frac{1-e^{-\lambda T}}{K_1}\cdot\frac{1-z^{-1}e^{-T/T_{ou}}}{1-z^{-1}} = \frac{1-e^{-\lambda T}}{K_1}\cdot\frac{1-z^{-1}e^{-T/T_{ou}}+e^{-T/T_{ou}}-e^{-T/T_{ou}}}{1-z^{-1}}$$

$$= \frac{1-e^{-\lambda T}}{K_1}\cdot\frac{e^{-T/T_{ou}}(1-z^{-1})+(1-e^{-T/T_{ou}})}{1-z^{-1}} = \frac{1-e^{-\lambda T}}{K_1}\cdot\left[e^{-T/T_{ou}} + (1-e^{-T/T_{ou}})\cdot\overbrace{\frac{1}{1-z^{-1}}}^{\text{ДИГ. ИНТЕГРАТОР}}\right]$$

ДОБИЈЕНО ЈЕ ДА $D(z)$ ИМА ОБЛИК PI РЕГУЛАТОРА СА $K_P = \frac{(1-e^{-\lambda T})}{K_1}\cdot e^{-T/T_{ou}} = \frac{1-e^{-\lambda T}}{K_{IO}\cdot K_{ou}\cdot(e^{T/T_{ou}}-1)}$ И $K_I = \frac{1-e^{-\lambda T}}{K_1}\cdot(1-e^{-T/T_{ou}}) = \frac{1-e^{-\lambda T}}{K_{IO}\cdot K_{ou}}$