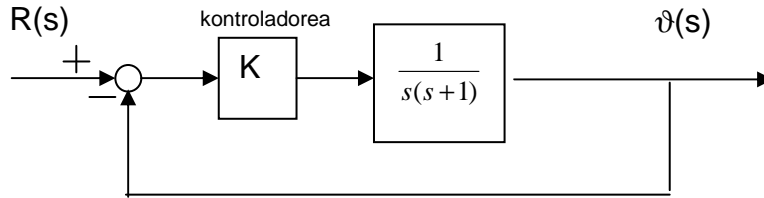


6. GAIA PID KONTROLADOREA

6.1 ARIKETA

Demagun ondoko bloke-diagrama.



Emitza:

- a) Kontrol proporzionala da, kontrol-legea errorearekiko proporzional baita.
- b) Sistemak oszilaziorik eduki ez dezan, indargetze koefizientea 1 baino handiagoa edo berdina izan behar da ($\zeta=1 \Rightarrow$ sistema kritikoki indargetua). Sistemaren Lazo itxiko T. F. kalkulatu eta 2. ordenako sistema batekin konparatu:

$$G_{LC}(s) = \frac{K}{s^2 + s + K} \Leftrightarrow \frac{k\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

Koefizienteka berdinduz:

$$\begin{aligned} \frac{2\zeta\omega_n}{\omega_n^2} = \frac{1}{K} &\Rightarrow \zeta = \frac{1}{2\sqrt{K}} \text{ eta } \zeta \geq 1 \text{ izan behar denez } \Rightarrow K \leq \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 0.25 \end{aligned}$$

- c) %30ko gaineza izateko:

$$0.3 = e^{-\frac{\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}} \Rightarrow \ln 0.3 = -\frac{\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}} \Rightarrow \zeta = 0.358$$

- b) atalean egin den bezala

$$\begin{aligned} \frac{2\zeta\omega_n}{\omega_n^2} = \frac{1}{K} &\Rightarrow \zeta = \frac{1}{2\sqrt{K}} \text{ eta } \zeta \text{ izan behar da } \geq 0.358 \Rightarrow K \leq \left(\frac{1}{2 \cdot 0.358}\right)^2 = 1.95 \\ &\text{(a } \uparrow \zeta \downarrow R) \end{aligned}$$

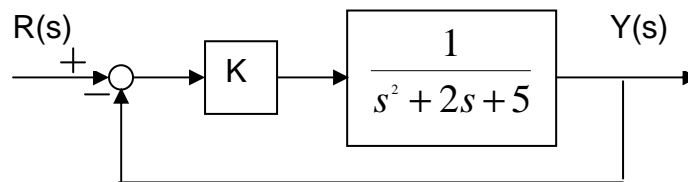
6.2 ARIKETA

Demagun ondoko lazo irekiko sistema baten T.F: $G(s) = \frac{1}{s^2 + 2s + 5}$

- Kontrol proporzional bat diseinatu erregimen iraunkorreko errorea ondokoa izateko: $e_{ss} = \frac{5}{7}$
- Gainea eta ezarpen-denbora (%2 ko irizpidearekin) kalkulatu sarrera maila unitatea denean.
- Sistemaren $y(t)$ irteera lortu sarrera inpultso funtzioa denean.

Emaitza:

- Kontrol proporzionalaren bloke-diagrama:



Maila unitate sarrerarentzako errorea (4. Gaia 4.2 atala):

$$e_{ss} = \frac{1}{1 + Kp} = \frac{5}{7} \Rightarrow Kp = \frac{2}{5}$$

$$kp = \lim_{s \rightarrow 0} G(s)H(s) = \lim_{s \rightarrow 0} G(s) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{K}{s^2 + 2s + 5} = \frac{K}{5} \Leftrightarrow \frac{2}{5} \Rightarrow K = 2$$

- R eta el t_s lortzeko, lehenago sistemaren ζ eta ω_n lortu behar dira:

Lazo itxiko transferentzia-funtzioa kalkulatu eta 2. ordenako sistema batekin konparatu:

$$G_{LC}(s) = \frac{2}{s^2 + 2s + 7} \Leftrightarrow \frac{k\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

Koefizienteka berdinduz:

$$\omega_n^2 = 7 \quad \Leftrightarrow \omega_n = 2.64 \text{ rad/s}$$

$$2\zeta\omega_n = 2 \quad \Leftrightarrow \zeta = 0.38$$

beraz:

$$R = e^{-\frac{\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}} = 0.275 \quad \Leftrightarrow \quad R = 27.5\% \quad \text{eta} \quad t_s = \frac{4}{\zeta\omega_n} = 4 \text{ s}$$

c) Sistemaren $y(t)$ irteera lortu sarrera inpultso funtzioa denean.

$$s_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{-2 \pm \sqrt{2^2 - 4 \cdot 7}}{2} = -1 \pm \sqrt{6}j$$

$$Y(s) = G_{LC}(s) L[\delta(t)] = G_{LC}(s) = \frac{2}{s^2 + 2s + 7} = \frac{2}{(s+1)^2 + \sqrt{6}^2} = \frac{2}{\sqrt{6}} \frac{\sqrt{6}}{(s+1)^2 + \sqrt{6}^2}$$

$$L[e^{-at} \sin \omega t] = \frac{\omega}{(s+a)^2 + \omega^2}$$

Tauletatik:

$$y(t) = \frac{2}{\sqrt{6}} e^{-t} \sin \sqrt{6}t$$

6.3 ARIKETA

Demagun atzerapena daukan 1. ordenako sistema simple bat, ondoko Transferentzia-funtzioarekin:

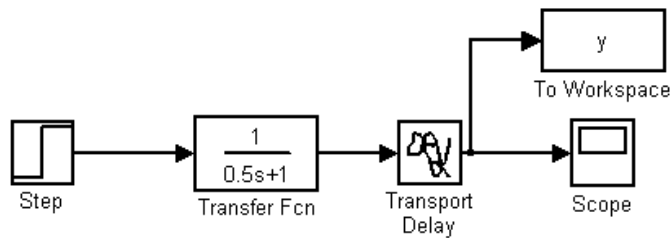
$$G(s) = \frac{k}{1 + \tau s} e^{-sL}$$

Non k sistemaren irabazpen estatikoa adierazten duen, τ bere denbora-konstantea eta L atzerapena, ondoko balioekin $k=1$, $\tau=0.5\text{seg}$ eta $L=0.8\text{seg}$.

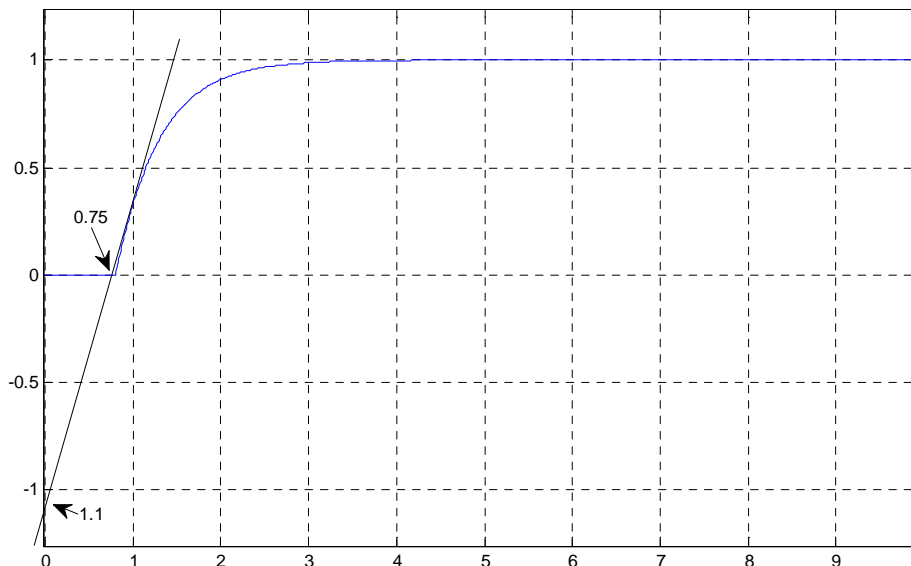
Transferentzia-funtzio mota hau, nahiz eta sinplea izan, sistema dinamiko mota asko adieraz dezake, batez ere, materia-garraioarekin erlazionatuta daudenak: kimikoak, termikoak eta beste hainbat.

Sistemari PID kontrol bat ezarri nahi da, Ziegler-Nichols metodoa erabiliz:

a) Z-N lehenengo metodoa erabiliz (Lazo irekia), sarrera maila unitatea izanik:



0.8 segundoko atzerapena daukan irudiko irteera lortuz. Konprobatu daiteke lehenengo ordenako sistema bati dagokion irteera dela:



Kontroladorearen parametroak lortu.

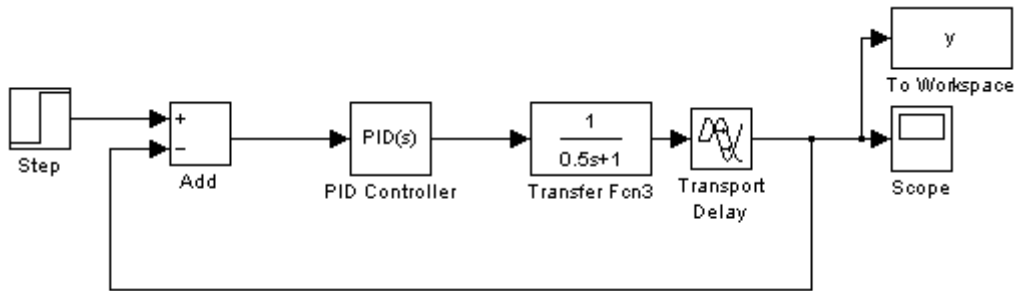
Emitza:

Z-N-en 1. metodoa PID zehazten du R atzerapenarekin eta D maldarekin (maila-erantzunetik).

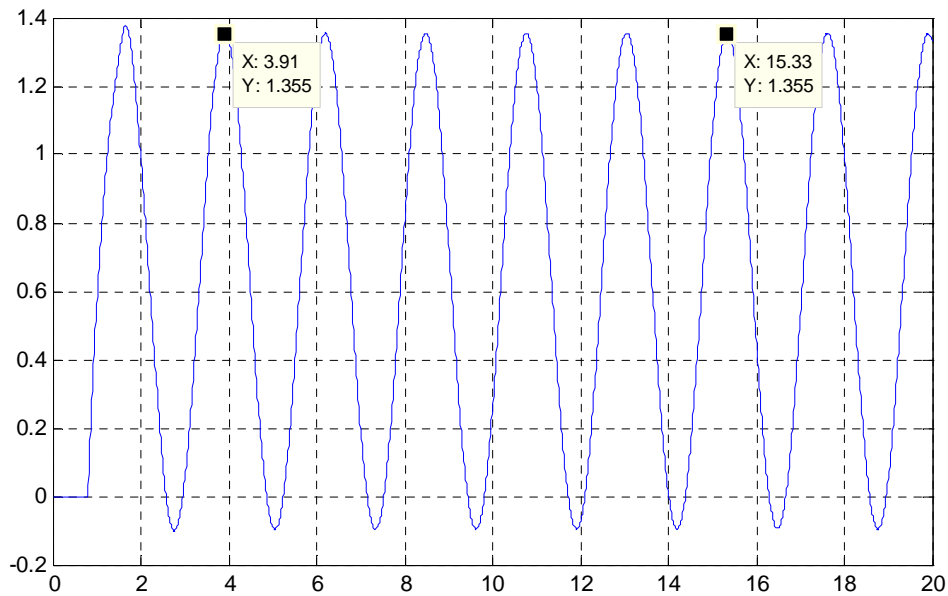
Grafikotik ondokoa lortzen da: $D=0.75$
 $R=1.1/0.75=1.47$

Z-Nen Lehenengo metodoaren taula erabiliz: $K_I=1.09$; $T_i=1.5$; $T_d=0.375$.

b) Emaitzak konparatzeko, Z-N-en bigarren metodoarekin kontroladorea doitzen da, horretarako lazo itxiko erantzuna aurkitzen da:



Akzio integrala eta deribatiboa zero eginez, erantzun oszilakor mantendua lortzen da $K=1.7$ balioarentzako, ondoko itxurarekin:



Kontroladorearen parametroak lortu.**Emitza:**

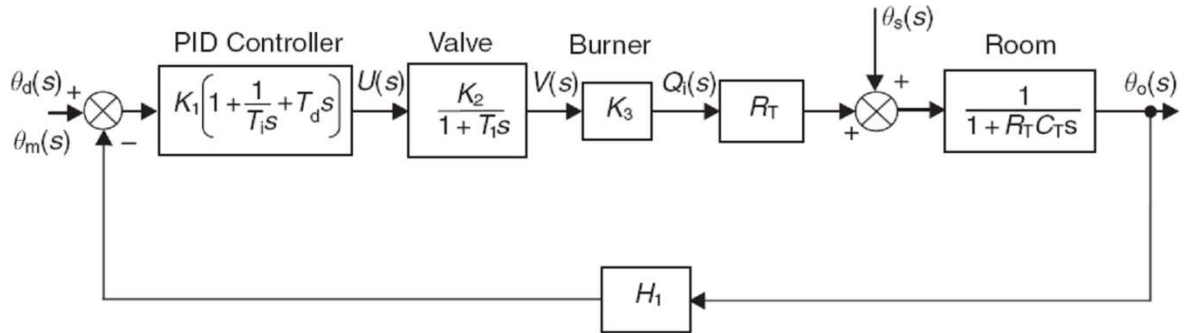
Beharrezkoa den beste parametroa, $K_u = 1.7$ aparte, irabazpen horretarako T_u sistemaren oszilazio periodoa da, grafikotik kalkulatzen dena

$$T_u = (15.33 - 3.91) / 5 = 2.28$$

Balio hauekin Z-Nen 2. metodoaren taula erabiliz PIDaren parametroak kalkulatu daitezke: $K_I = 1$; $T_i = 1.14$; $T_d = 0.285$

6.4 ARIKETA

Demagun ondoko tenperatura-kontrol sistema:



θ_o irteerako tenperatura θ_d eta θ_s sarreren menpe, honela adieraz daitekelerik:

$$\theta_o(s) = \frac{\frac{1}{H_1} (T_i T_d s^2 + T_i s + 1) \theta_d(s) + \frac{T_i s (1 + T_i s)}{K_F H_1} \theta_s(s)}{\left(\frac{T_i T_1 T_2}{K_F H_1}\right) s^3 + \left(\frac{T_i (T_1 + T_2)}{K_F H_1} + T_i T_d\right) s^2 + T_i \left(\frac{1}{K_F H_1} + 1\right) s + 1}$$

non $T_2 = R_T C_T$ eta $K_F = K_1 K_2 K_3 R_T$.

K_1 , T_i eta T_d kontroladorearen parametroak aurkitu nahi dira Z-N-en 1. metodoa erabiliz, 0-20°Cko maila sarrera jarraituz 15°Cko tenperaturaren inguruan. Sistemaren parametroak:

$$\begin{aligned} K_2 &= 1 \text{ m}^3/\text{sV} & K_3 &= 5 \text{ Ws/m}^3 \\ C_T &= 80 \text{ J/}^\circ\text{C} & R_T &= 0.1 \text{ }^\circ\text{Cs/J} \\ T_1 &= 4 \text{ s} & H_1 &= 1.0 \text{ V/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Z-N-en 1. metodoa erabiltzeko, sistemaren erreakzio-kurba lortu behar da.

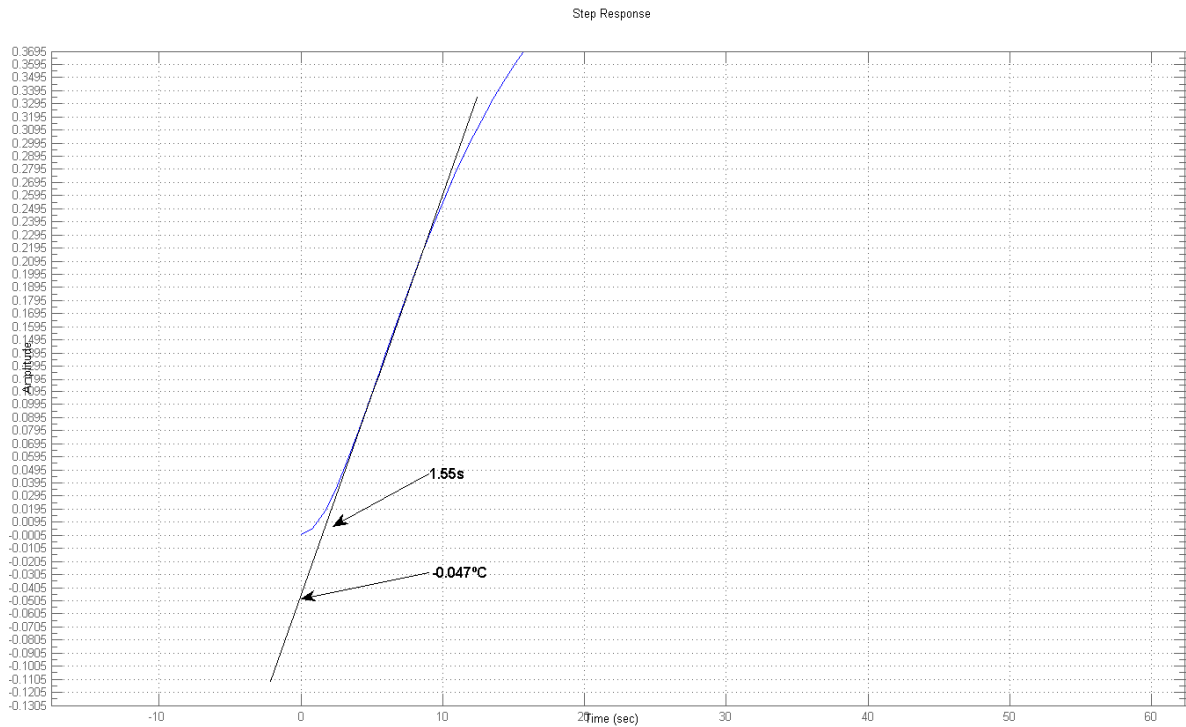
Horretarako bloke-diagramaren planta lortzen da (konturatu $\theta_s = 0$ dela kontroladorea doitzeko):

$$\frac{\theta_o}{U}(s) = \frac{K_2 K_3 R_T}{(1 + T_1 s)(1 + R_T C_T s)}$$

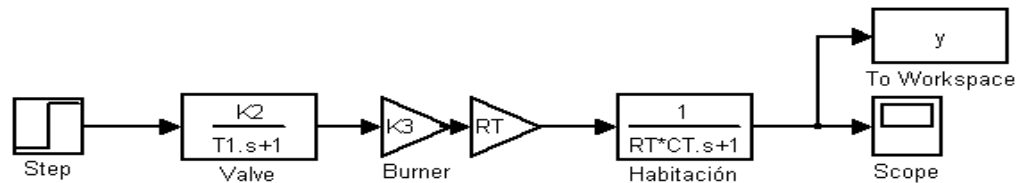
Sistemaren parametroak ordezkatzuz:

$$\frac{\theta_o}{U}(s) = \frac{0.5}{(1 + 4s)(1 + 8s)}$$

Maila unitatea aplikatuz::



Simulink-eko bloke-diagrama erabiliz:



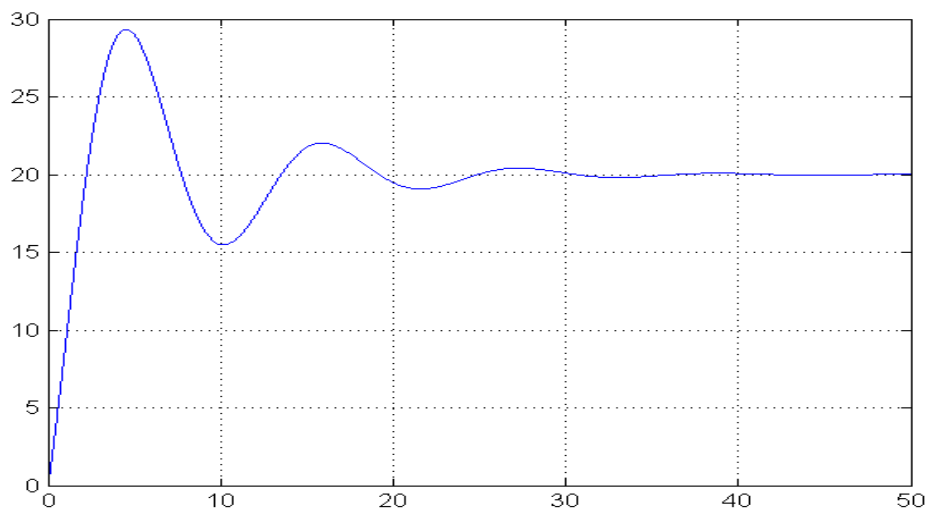
Kontroladorearen parametroak lortu.

Emaitza:

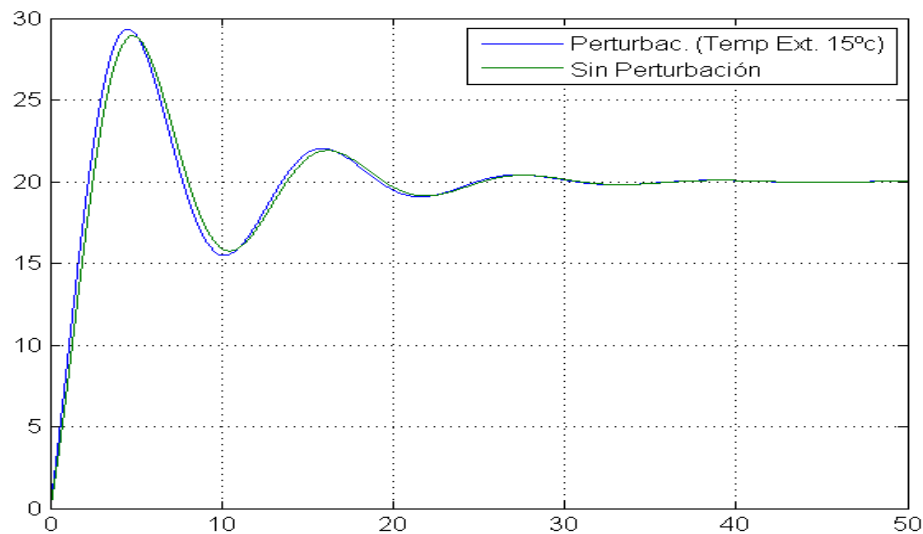
Grafikotik zuzenean: $D=1.55$
 $R=0.047/1.55=0.0303$

Beraz: $K_I=1.2/RD=25.55$; $T_i=2D=3.1$; $T_d=0.5D=0.775$

Parametro hauekin, kontrol-sistemaren erantzuna 0-20°C maila erreferentzia batentzako eta 15°Cko kanpoko tenperaturarekin ondokoa da:



Ikus daiteke 15°Cko kanpoko tenperaturak ez duela sistemaren portaera ia aladutzen. Hau da, egindako Z-N doiketa perturbazioa kontutan izan barik, baliogarria da kontutan hartzen badugu.



Z-N doiketak erantzun azkarragoa ematen du (igoera-denbora t_r , 2.5s) baina oso oszilakorra.

Aurkitu daiteke erantzun egonkorragoa baina sistema askoz motelagoa egiten du ($t_r = 11.3s$) $K_I=3.6$, $T_i=1/0.11$ eta $T_d=0.42$ direnean. Temperatura-kontrol sistema batean onargarriak izan daitezke baina beste sistema batzuetan doiketa berriak beharko lituzke. Bien kasuen arteko balioak hartuz: $K_I=20.86$; $T_i=1/0.09$; $T_d=2.16$, igoera-denbora berdina da, baina oszilazio barik:

