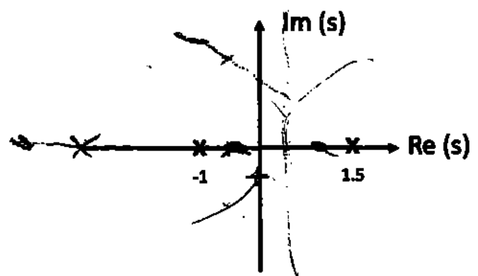
Universidad del país vasco / Euskal herriko unibertsitatea	[redacted] Nombre ____ Izena	Ikasturtea: 2013/2014 [redacted]
	1ºApellido ____ 1 Deitura	Iraupena: 2 ordu 45min
	2º Apellido ____ 2 Deitura	Taldea

ENERO

[redacted]

1. PROBLEMA - (20%) Sistema berrelikatu baten begizta irekiko transferentzi funtzioak ondorengo polo eta zeroak ditu.

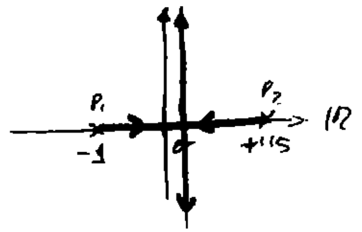


Erantzun ezazu, <u>arrazoituz</u>, ondorengo baieztapenak egiazkoak ala faltsuak diren:

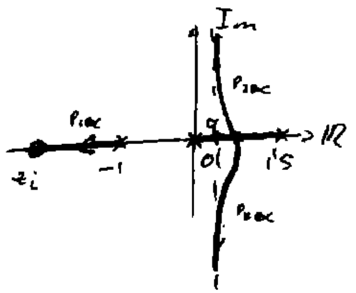
a. Sistema hau egonkortzea posible da, kontrol proportzionala erabiltzea nahikoa delarik.
b. PI kontrolagailu bidez sistema hau egonkortzea posible da.
c. Sistema hau egonkortzea posible da eta PD kontrolagailu bidez lor daiteke.

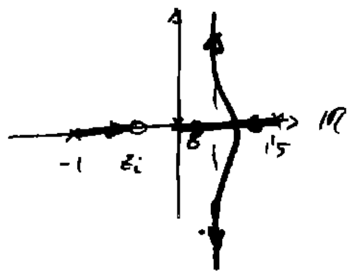
Atal hau gauzatzeko **ERROEN KOKAPEN GEOMETRIKOA** garatu behar da proposatutako hiru kontroladoreentzat:

➔ P Kontroladoreak ez du sistema egonkortzen, polo bat beti erdiplano positiboan baitago:

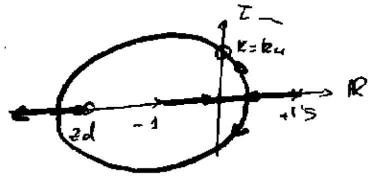


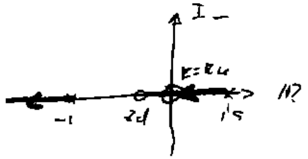
➔ PI Kontroladoreak ez du sistema egonkortzen, berriro ere polo bi beti erdiplano positiboan geratzen baita. PI-ak txertatzen duen zeroaren kasuistikak aztertu behar dira, hala ere, naiz eta zeroa mugitu, begizta itxiko sistemaren bi polo erdiplano positiboan jarraituko dute.





➔PD Kontroladoreak sistema egonkortu dezake kontroladorearen K_c balio batzuentzat. Berriro ere PD-ak txertatzen duen zeroaren kasuistika aztertu behar da. Hala ere, zeroa mugituz ikusi dezakegu betiere posiblea dela sistema egonkortzea.





Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea	[redacted] Nombre ____________ Izena 1ºApellido ____________ 1 Deitura 2º Apellido ____________ 2 Deitura	**Ikasturtea: 2013/2014** 2014/Urtarrila/13 **Iraupena:** 2 ordu 45min **Taldea**

[redacted]

2. PROBLEMA - (30%) Demagun sistema baten transferentzi funtzioa integratzaile bikoitz bidez osatua. Eskatzen dena zera da:

a. Posible da sistema egonkortzeko kontrolagailu proportzionala diseinatzea? Erabil ezazu erroen kokapen geometrikoa erantzuna arrazoitzeko.

Oraingoan diseinatu nahi dena zera da, K_c irabazpena duen kontrolagailu proportzionala (berrelikadura unitarioa eta negatiboa suposatuz) baina K_g irabazpena duen abiaduraren berrelikadura gehituz (P kontrola + abiaduraren berrelikadura) :

b. Marraz ezazu sistema kontrolatuaren erroen kokapen geometrikoa.

c. Kalkula ezazu K_c eta K_g irabazpenen balioa ondorengo eskakizunak bete daitezen: MF=45º eta $t_{ss(2\%)}$=4 segundo.

d. Zein da begizta itxiko sistemaren poloen kokapena?

SINTONIZAZIO TAULAK

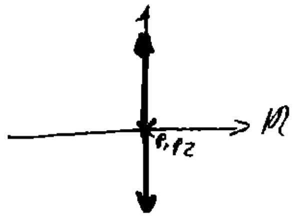
ZIEGLER-NICHOLS BEGIZTA IREKIAN

Kontrolagailu mota	K_c	T_i	T_d
P	$\frac{1}{K}\frac{\tau}{t_m}$	-	-
PI	$\frac{0.9}{K}\frac{\tau}{t_m}$	$3t_m$	-
PID	$\frac{1.2}{K}\frac{\tau}{t_m}$	$2t_m$	$0.5t_m$

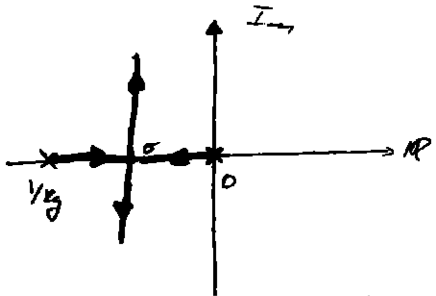
ZIEGLER-NICHOLS BEGIZTA ITXIAN

Kontrolagailu mota	K_c	T_i	T_d
P	$0.5K_u$	-	-
PI	$0.4K_u$	$0.8T_u$	-
PID	$0.6K_u$	$0.5T_u$	$0.125T_u$

a) Sistemaren erroen kokapen geometrikoa P kontroladorearekin: Sistema kritikoki egonkorra da



b) Sistemaren erroen kokapen geometrikoa P +abiadura berrelikadurarekin:



c) P+ abiadura berrelikaduraren K_c eta K_g : $K_g = 2, K_c = 4\sqrt{2}$ √

d) Poloak begizta itxian:$p_{1,2} = -1 \pm \sqrt{4\sqrt{2}-1}j$

$G_c = k_c = 10$

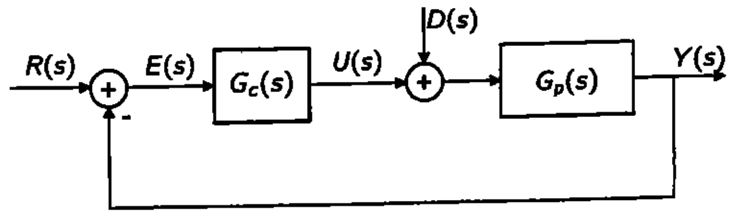
Sistema tipo 1 no error escalon

[redacted]

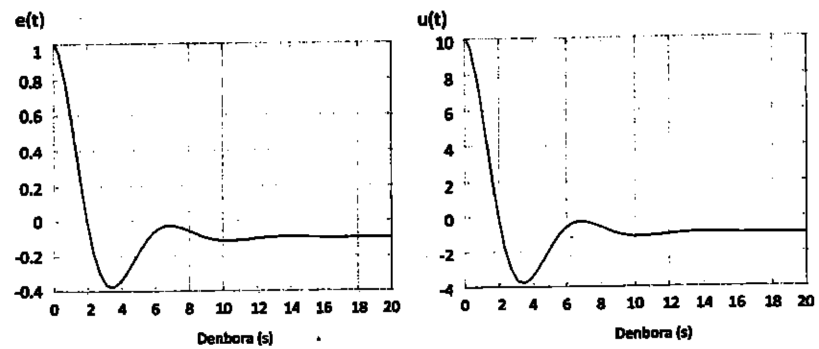
Universidad del país vasco / Euskal herriko unibertsitatea	Nombre ____ Izena 1ºApellido ____ 1 Deitura 2º Apellido ____ 2 Deitura	Ikasturtea: 2013/2014 2014/Urtarrila/13 Iraupena: 2 ordu 45min Taldea

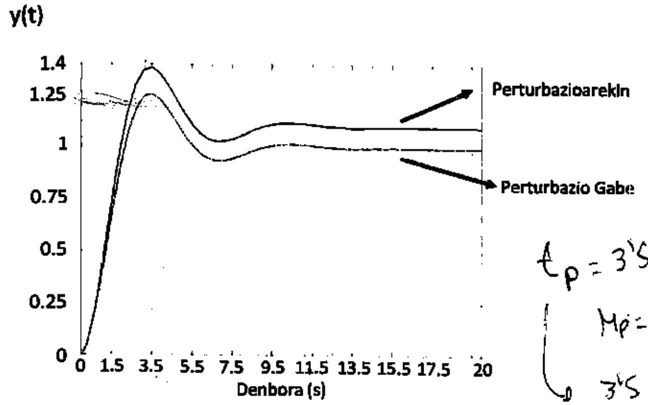
[redacted]

3. PROBLEMA - (30%) Demagun irudiko kontrol sistema, berrelikadura unitarioa duena:



Sarrera bietan, erreferentzia r(t) eta perturbazioa d(t), maila unitarioak ezartzean , ondorengo seinaleak lortzen dira:





$t_p = 3'5$

$M_p = 25\%$ $\delta = 0'4$

$3'5 = \frac{\pi}{\omega_n\sqrt{1-0'4^2}}$

$\omega_n = 0'98$

OHARRA: Irteerari (y(t)) dagokion irudian perturbaziorik ez dagoenean ematen duen erantzuna erakusten da ere.

$$\frac{k\omega_n^2}{s^2+2\delta\omega_n+\omega_n^2}$$

$$s^2+0'785+0'96$$

Eskatzen dena zera da:

a. Sistema mota zein den (0, 1 edo 2), arrazoiak emanez.
b. Lor itzazu $G_c(s)$ eta $G_p(s)$ transferentzi funtzioak.
c. Kalkula ezazu analitikoki egoera iraunkorreko errorea, bai erreferentzia-sarrerari dagokiona zein perturbazio sarrerari dagokiona.
d. Erreferentzia-sarrera arrapala unitarioa izatera pasatuko balitz perturbazio sarrera maila unitarioa izanik, erantzun ezazu, arrazoituz, ondorengo baieztapenak egiazkoak ala faltsuak diren:
   - d1-Sistema ezegonkortuko litzateke eta beraz egoera iraunkorreko erroreaz hitz egiteak ez luke zentzurik izango.
   - d2- Egoera iraunkorreko errorea denborarekin hazi egingo litzateke.
   - d3-K_v infinitu litzateke.
   - d4-Egoera iraunkorreko irteera ere arrapala bat izango litzateke.

a) Sistema mota: R(s) bakarrik dagoenean (maila sarrera unitarioa) (perturbaziorik ez) errorerik ez du aurkezten, hortaz sistemaren mota 1 da.

b) Transferentzi funtzioak:

$$G_c(s) = 10$$
$$G_p(s) = \frac{0.096}{s(s+0.784)}$$

c) Erroreak egonkortasunean:

$$e_{ss} = e_{ssr} + e_{ssd} = 0 - 0.1$$

d) d1) Gezurra / d2) gezurra / d3) Gezurra / d4) Egia

Polo en el origen

$20 \log k = 60$

$k = 1000$

$$\frac{1000 \cdot (\cancel{10}\,0'1s+1)}{s(10s+1)(s+1)^2} = \frac{\cancel{0}1000\,(s+10)}{s \cdot 10 (s+0'1)(s+1)^2}$$

$\frac{1}{\tau} = 0'1 \to \tau = 0$

$\frac{1}{\tau} = 10 \to \tau = 0'1$

Nombre / Izena	[redacted]	Ikasturtea: 2013/2014
1ºApellido / 1 Deitura		2014/Urtarrila/13
2º Apellido / 2 Deitura		Iraupena: 2 ordu 45min
		Taldea

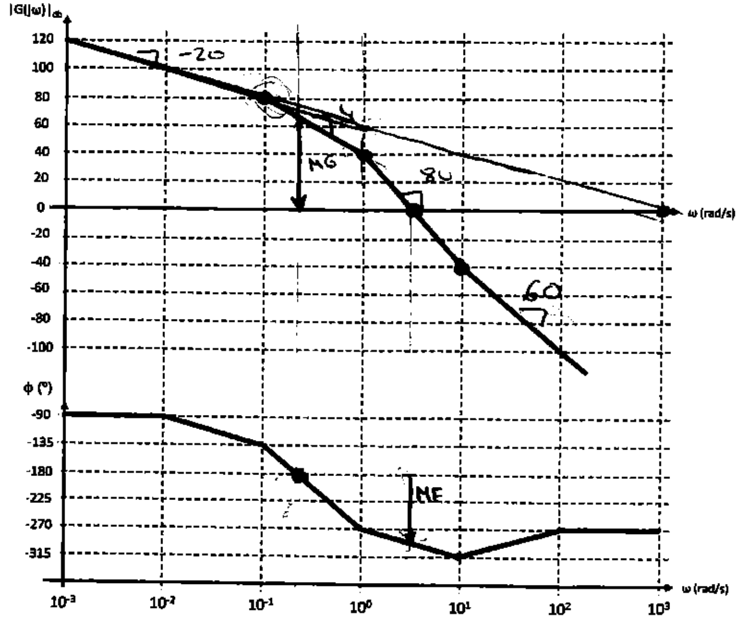
[redacted]

1. PROBLEMA - (20%) Planta baten ($G_p(s)$) maiztasun azterketa egin ondoren, irudiko Bode diagrama lortu da.

Eskatzen dena zera da:

a. Identifika ezazu $G_p(s)$ transferentzi funtzioa polo eta zero guztiak errealak direla jakinda.

b. Azter ezazu $G_p(s)$ eta berrelikadura unitarioz osatutako sistema berrelikatuaren egonkortasuna.



a) Transferentzi funtzioa

$$G(s) = \frac{1000\,(0.1s + 1)}{s(s + 1)^2 + (10s + 1)}$$

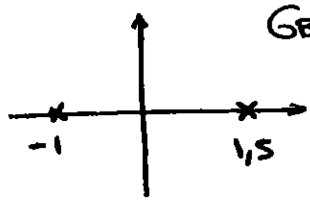
b) Egonkortasuna:

MF=-112º eta MG=-60dB, hortaz ezegonkorra da berrelikadura unitarioarekin.

2014 URT

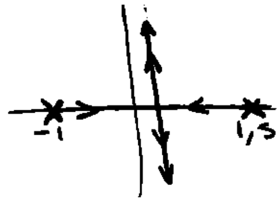
$G_{BA}(s) = \dfrac{Kte}{(s+1)(s-1,5)}$

[redacted] Sist berelik beq irekia →



EGIA / GEZURRA

F a) Egonkortzea posible da, (P) erabiltzea nahikoa delarik

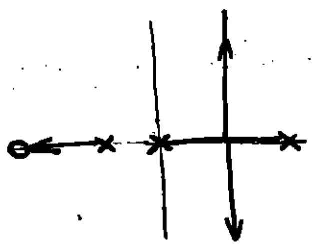


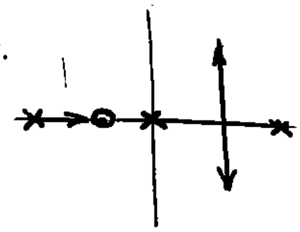
Ezin da egonkortu soilik P batekin, polo positiboa dueleko

F b) Egonkortzea posible, (PI) batekin.

$\begin{cases} 1 \text{ zero} \\ 1 \text{ integ} \end{cases}$

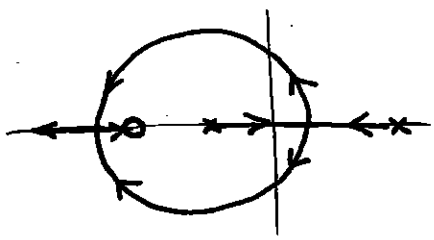
PI batekin beti gordetzen dira bi polo positibo. Txertatzen den zeroaren tokiaren arab, kasu ezberdinak daude. Baina, nahiz eta zeroa mugitu, polo ⊕ egongo dira.

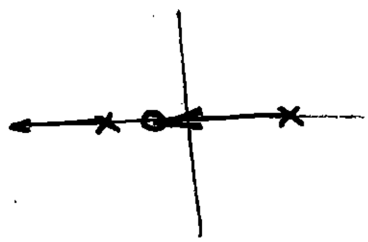




E c) Egonkortzea (PD) batekin → zero

PD batekin egonkortu daiteke. Hala ere, zeroa non txertatzen den aztertu behar da. Ikusten dugu beti dela posible egonkortzea.

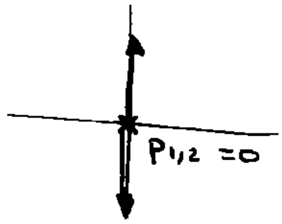




[redacted] Sist balen transf funtzioa bi integratzailez osatuta.

a) Posible da sist egonkortzeko (P) erabiltzea? Erroen tok geom

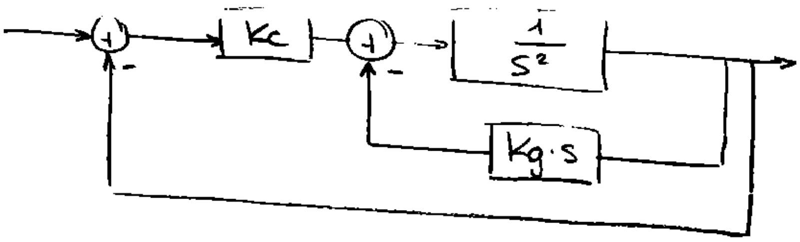
$$G(s) = \frac{KPE}{s^2}$$



Sistema kritikoki egonkorra da

P balekin soilik ez da egonkortuko.

Kc duen kontrolagailu proportz (berrelik unit eta reg) diseinatu, baina kg duena (P kontrola + Abiadura berrelik).



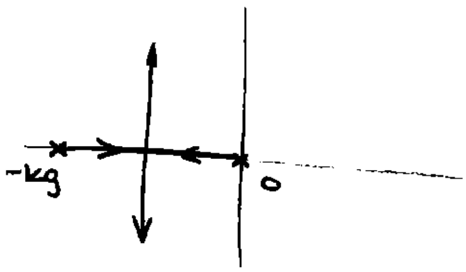
$$\frac{1/s^2}{1+\frac{kg}{s}} = \frac{1/s}{s+kg} = \frac{1}{s(s+kg)}$$

$$G_{BC}(s) = \frac{Kc/s(s+kg)}{1 + Kc/s(s+kg)} \quad G_{BA}$$

$$\boxed{G_{BC}(s) = \frac{Kc}{s(s+kg)+Kc}}$$

b) Sistemaren erroen toki geom? G_{BA}

$$G_{BA}(s) = \frac{Kc}{s(s+kg)}$$



Poloak $\begin{cases} s = 0 \\ s = -kg \end{cases}$

c) K_c, K_g? $\quad MF = 45^\circ$ eta $t_{ss}(\%2) \leq 4s$

$MF \to G_{BA}$ espec

$\cdot\ t_{ss} \to G_{BC}$

- $t_{ss}(\%2) \leq 4 \quad \to \quad G_{BC} = \dfrac{k_c}{s(s+k_g)+k_c} = \dfrac{}{s^2+2\xi w_n s + w_n^2}$

$4 \geq \dfrac{4}{\xi \cdot w_n} \to \xi \cdot w_n \geq 1 \quad \to \quad \boxed{k_g = 2\xi w_n = 2}$

- $HF = 45 \quad \to \quad G_{BA} = \dfrac{k_c}{s(s+k_g)} \quad \to \quad G_{BA}(jw) = \dfrac{\overset{\overset{0}{\uparrow}}{k_c}}{\underset{\downarrow 90}{jw}\,\underset{\downarrow \arctan\left(\frac{w}{k_g}\right)}{(jw+k_g)}} = \dfrac{k_c}{-w^2+k_g j w}$

$\underline{W_G} \quad |G(jw_G)| = 1 \quad \to \quad \dfrac{k_c}{\sqrt{W_G^4 + k_g W_G^2}} = 1 \quad \to \quad K_c^2 = W_G^4 + 2W_G^2 \quad ①$

$\operatorname{Arg}|G(jw_G)| + 180 = MF \qquad \operatorname{Arg}|G(jw)| = 45 - 180 = -135^\circ$

$0 - \operatorname{arctg}\left(\dfrac{-k_g w_G}{W_G^2}\right)$

$-135 \overset{eta}{=} 0 - 90 - \operatorname{arctg}\left(\dfrac{W_G}{2}\right) \to +45 = +\operatorname{arctg}\left(\dfrac{W_G}{2}\right) \to$

$tg 45 = \dfrac{W_G}{2} \quad \to \quad \boxed{W_G = 2 \text{ rad/s}}$

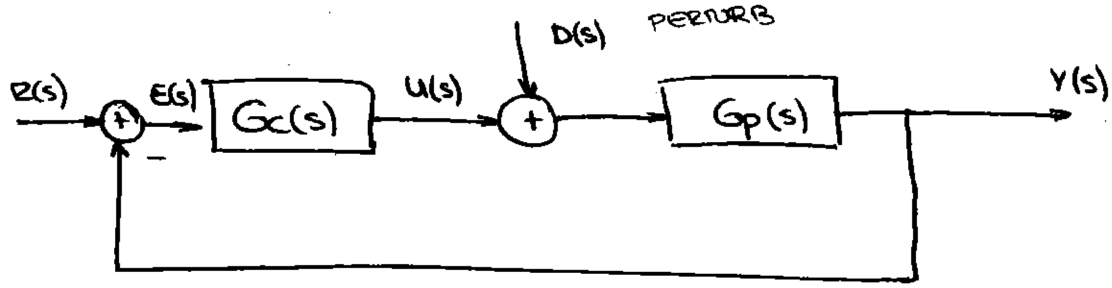
① $K_c^2 = W_G^4 + 4W_G^2 \to K_c^2 = 32 \quad \to \quad \boxed{K_c = 5{,}65}$

d) Begizta itxiko sistemaren poloen kokapena?

$G_{BC}(s) = \dfrac{k_c}{s^2 + k_g s + k_c} = \dfrac{5{,}65}{s^2 + 2s + 5{,}65}$

$s = \dfrac{-2 \pm \overset{4{,}31i}{\sqrt{4 - 22{,}6}}}{2} \Rightarrow \quad p_{1,2} = -1 \pm 2{,}16i$

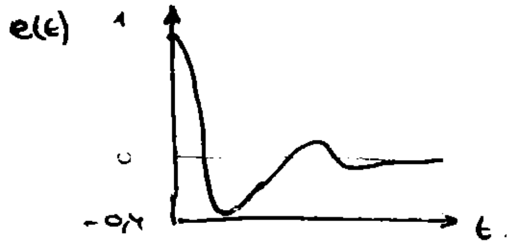
[redacted]

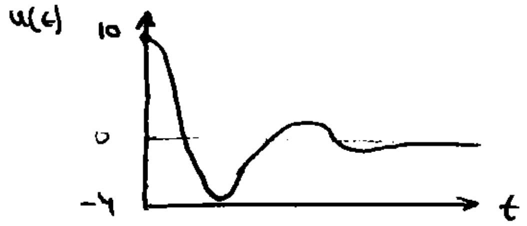


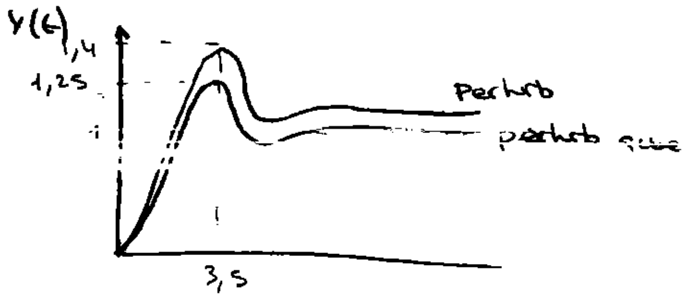
Bi sarreretan $r(t)$ eta $d(t)$ maila unitarioa ezartzean, hau lortu:

$d(t)=1 \rightarrow D(s)=1/s$

$r(t)=1 \rightarrow R(s)=1/s$ D(s) → PERTURBAZIO







a) Sistemaren mota?

Perturbaziorik ez dagoenean ($D(s)=0$, soilik $R(s)$),

ez dago errorerik → 1 MOTA

b) Lortu $G_c(s)$ eta $G_p(s)$ $G_p(s)$ → AZPIMOT

- $u(t)=10\ e(t) \xrightarrow{\mathcal{L}} U(s)=10\ E(s) \rightarrow \boxed{G_c(s)=\frac{U(s)}{E(s)}=10}$
- Perturb gabe → $Y(s)/R(s)\big|_{D(s)=0}$ → DENAK HARTU BERTATIK

$Y_{tp}=1{,}25$
$Y_{ss}=1$ → $M_p=\frac{Y_{tp}-Y_{ss}}{Y_{tp}}=\frac{1{,}25-1}{1{,}25}=0{,}25$ →

$$\boxed{\delta=\sqrt{\frac{\ln M_p^2}{\ln M_p^2+\pi^2}}=0{,}4}$$

$$t_p = 3,5 = \frac{\pi}{W_n\sqrt{1-\xi^2}} \rightarrow \boxed{W_n} = \frac{\pi}{3,5\sqrt{1-0,4^2}} = \boxed{0,98}$$

$$K = \frac{\Delta y}{\Delta u} = \frac{1}{\underset{\text{Maila sarrera}}{1}} = 1 \qquad G(s) = \left.\frac{Y(s)}{R(s)}\right|_{D(s)=0} = \frac{KW_n^2}{s^2+2\xi W_n s + W_n^2}$$

$$G(s) = \frac{1\cdot 0,98^2}{s^2+2\cdot 0,4\cdot 0,98 s + 0,98^2} = \frac{0,96}{s^2+0,784s+0,96} = \frac{Y(s)}{R(s)}$$

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{Gc\cdot Gp}{1+Gc\cdot Gp} = \frac{10\,Gp}{1+10\,Gp} = \frac{0,96}{s^2+0,784s+0,96} \rightarrow$$

$$0,96 + \cancel{9,6\,Gp} = 10Gp\,s^2 + 7,84\,Gp\,s + \cancel{9,6\,Gp} = Gp\,(10s^2+7,84s)$$

$$\boxed{Gp = \frac{0,96}{10s^2+7,84s}}$$

c) Egoera iraunkorreko errora, erref sarrerari dagokiona eta pertsb sarrerari.

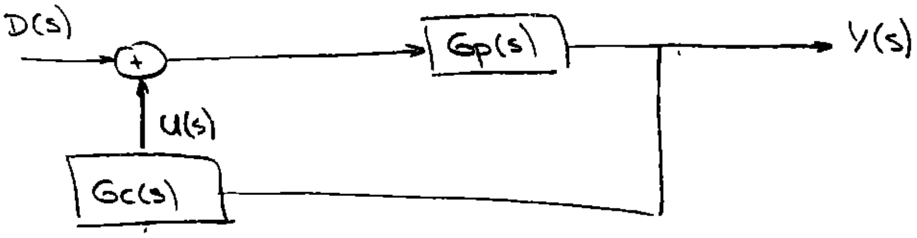
$$e_{ss} = e_{ssR} + e_{ssD}$$

- $e_{ssR} \rightarrow \quad G(s)\cdot \underset{1}{\underset{\shortparallel}{H(s)}} = Gc\cdot Gp = \frac{10\cdot 0,96}{10s^2+7,84s} = \frac{9,6}{s\,(10s+7,84)}$

$\downarrow$ 1 MOTA

Maila aurrean 1 mota $\rightarrow \boxed{e_{ssR}=0}$

- $e_{ssD} \rightarrow \quad E(s) = R(s) - Y(s)\cdot \overset{1}{\overset{\shortparallel}{H(s)}}\Big|_{R(s)=0} = -Y(s) = -G_D(s)\cdot D(s)$



$$G_D(s) = \frac{Y(s)}{D(s)} = \frac{G_p}{1 + G_p \cdot G_c} = \frac{0{,}96 / \cancel{10s^2+7{,}84s}}{\dfrac{10s^2+7{,}84s + 9{,}6}{\cancel{10s^2+7{,}84s}}} = \frac{0{,}96}{10s^2+7{,}84s+9{,}6}$$

$$E(s) = -G_D(s) \cdot D(s) = \frac{-0{,}96}{10s^2 + 7{,}84s + 9{,}6} \cdot \frac{1}{s}$$

$$\boxed{e_{ssD} = \lim_{s \to 0} s \cdot E(s) = \cancel{s}\, \frac{-0{,}96}{\cancel{10s^2} + \cancel{7{,}84s} + 9{,}6} \cdot \frac{1}{\cancel{s}} = -0{,}1}$$

$$\boxed{e_{ss} = 0 - 0{,}1 = -0{,}1}$$

d) r(t) arrapala unitarioa izatera pasatuko balitz, d(t) sarrera maila unitarioa izanik ...

- Sist ezegonkorluko litzateke eta ess-z hitz egiteak ez luke zentzurik izango.

  Gezurra → sarrerak arrapala/maila/parabola ez du zerikusirik ezegonkortzearekin

- ess denborarekin hazi egingo litzateke.

  Gezurra →

• Kv ∞?

Gezurra

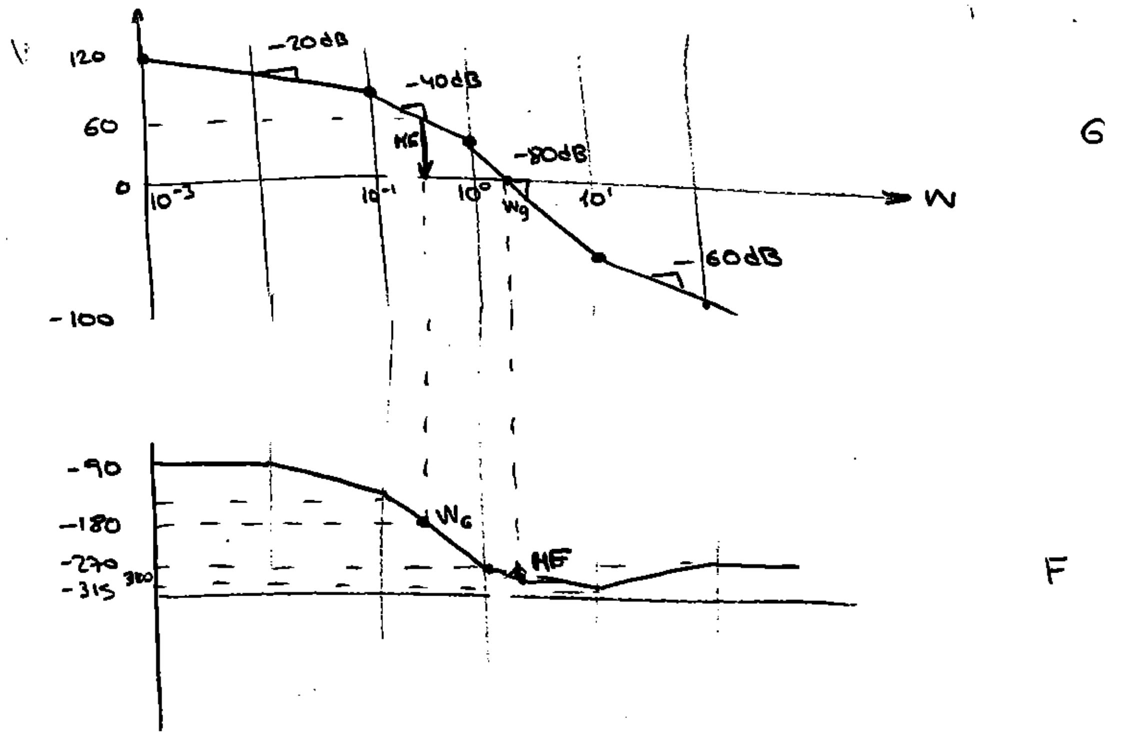
• Egoera iraunkorreko irteera ere arropda?

Egia

[redacted]

a) Identifikatu Gp(s), polo eta zero guztiek erredak direla jakinda. BODETIK → TF

Hasieran malda → Jatorrian polo edo zeroa



Wn	Malda tot		Malda aldak		Polo / Zero
0	-20	→	0	→	Polo jatorri: $1/s$
	↓ -20				
0,1	-40	→	-20	→	Polo sinple: $\frac{1}{s+0{,}1} = \frac{1}{10s+1}$
	↓ -40				
1	-80	→	-40	→	Polo bikoitz: $\frac{1}{(s+1)^2}$
	↓ +20				
10	-60	→	+20	→	Zero sinple: $s+10 = 0'1s+1$

$$|G_{dB}| = 60\,dB = 20\log K \rightarrow K = 10^{\frac{60}{20}} = 1000$$

$$\boxed{G_p(s) = \frac{[illegible]}{s\,(10s+1)\,(s+1)^2}}$$

b) Egonk azterku MF -112° MG = -60 dB

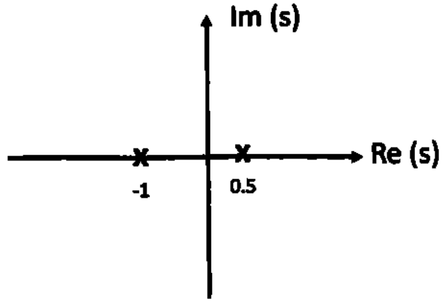
MG $0 - 60 = -60$ dB

MF: $-300 - (-270) =$

	[redacted]	Ikasturtea: 2013/2014 2014/Ekaina/27
Universidad del país vasco / Euskal herriko unibertsitatea	Nombre ____ Izena	Iraupena: 2ordu 45min
	1ºApellido ____ 1 Deitura	
	2º Apellido ____ 2 Deitura	Taldea

[redacted]

1. PROBLEMA - (10%) Sistema berrelikatu baten begizta irekiko transferentzi funtzioak ondorengo polo eta zeroak ditu.



Erantzun ezazu, arrazoituz, ondorengo baleztapenak egiazkoak ala faltsuak diren:

a. Sistema hau egonkortzea posible da, P kontrol proportzionala erabiliz.
b. Sistema hau egonkortzea posible da, PD kontrolagailuaren bidez.

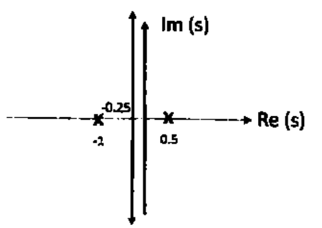
Hecho

a) P kontroladorea

$$G_{BA}(s) = G_c(s)G_p(s) = K_c\frac{K}{(s+1)(s-0.5)}$$

Transferentzi funtzioaren poloen kokapena bakarrik dugu (ez irabazpena), hortaz, metodo analitikoa erabili ordez komenigarriagoa da erabiltzea erroen kokapen geometrikoa:

- n=2 polo eta m=0 zero
- n=2 polo ➔ 2 adar ditu EKG
- Ardatz errealean (-1,0.5) tartean
- Asintotak: n-m=2
  - $\sigma = \frac{-1+0.5}{2} = -0.25$
  - $\theta_{1,2} = \frac{(2k+1)\pi}{2} = \pm 90º$



Hortaz, ikusten denez, K_c batetik aurrera begizta itxiko poloak erdiplano negatiboak kokatzen dira, sistema egonkortuz.

a) PD kontroladorea

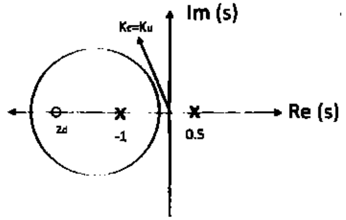
$$G_{BA}(s) = G_c(s)G_p(s) = K_c(1+T_d s)\frac{K}{(s+1)(s-0.5)}$$

Transferentzi funtzioaren poloen kokapena bakarrik dugu (ez irabazpena), hortaz, metodo analitikoa erabili ordez komenigarriagoa da erabiltzea erroen kokapen geometrikoa.

Bestalde PD-ak txertatzen duen zeroa hainbat posiziotan kokatu dezakegu. Zeroa <-1 bada:

- n=2 polo eta m=1 zero
- n=2 polo ➔ 2 adar ditu EKG
- Ardatz errealean (-∞,z_d) tartean eta (-1, 0.5) tartean

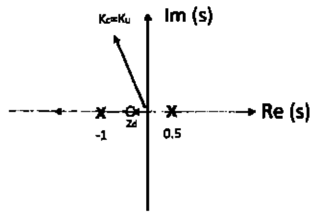
- Asintotak: n-m=1
  - $\sigma = \frac{z_d-1+0.5}{2}$
  - $\theta_1 = \frac{(2k+1)\pi}{1} = \pm 180º$



Hortaz, ikusten denez, K_c batetik aurrera begizta itxiko poloak erdiplano negatiboak kokatzen dira, sistema egonkortuz.

Zeroa (-1,0) tartean badago:

- n=2 polo eta m=1 zero
- n=2 polo ➔ 2 adar ditu EKG
- Ardatz errealean (-∞,-1) tartean eta (z_d, 0.5) tartean
- Asintotak: n-m=1
  - $\sigma = \frac{z_d-1+0.5}{2}$
  - $\theta_1 = \frac{(2k+1)\pi}{1} = \pm 180º$

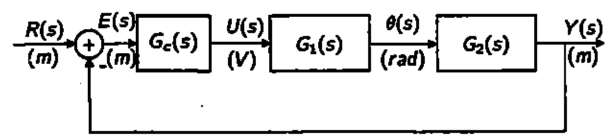


Hortaz, ikusten denez, K_c batetik aurrera begizta itxiko poloak erdiplano negatiboak kokatzen dira, sistema egonkortuz.

Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea	[redacted]	**Ikasturtea: 2013/2014** 2014/Ekaina/27
	Nombre / Izena ______	**Iraupena:** 2ordu 45min
	1ºApellido / 1 Deitura ______	
	2º Apellido / 2 Deitura ______	**Taldea**

[redacted]

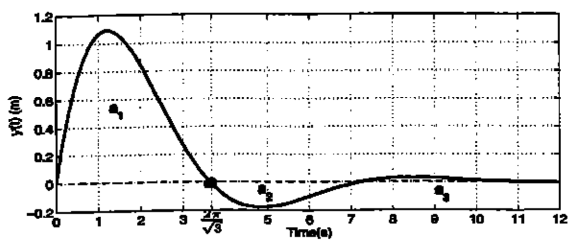
2. PROBLEMA - (30%) Ondorengo irudian erakusten dena desplazamenduaren kontrolerako sistema bat da, eragingailu elektriko batek, $G_1(s)$, eta sistema mekaniko batek, $G_2(s)$, osatua. Horrela, eragingailurako sarrera-tentsioak, u(t) (V), errotazio-mugimendua sorraraziko du, θ (rad), eta honek sistema mekanikoari eragingo dio bere irteeran translazioa sorraraziz, y(t) (m).



Fabrikatzaileak emandako parametroen arabera, $G_1(s)$ eragingailuaren eredu matematikoa lortu da,

$$2\dot{\theta}(t) + 20\theta(t) = u(t)$$

Era berean, $G_2(s)$ sistema mekanikoak ondorengo erantzuna ematen duela jakin da, bere θ sarreran 1 rad anplitudeko inpultsua ezartzen zaionean.



a_1=2.326
a_2=0.381
a_3=0.055

%-ko moteldura-erlazioa eta egoera iraunkorreko errore nulua bermatzen duen kontrolagailurik sinpleena diseina ezazu, pausu guztiak justifikatuz.

SINTONIZAZIO-TAULAK

ZIEGLER-NICHOLS BEGIZTA IREKIAN

Kontrolagailu mota	K_c	T_i	T_d
P	$\frac{1}{K}\frac{\tau}{t_m}$	-	-
PI	$\frac{0.9}{K}\frac{\tau}{t_m}$	$3t_m$	-
PID	$\frac{1.2}{K}\frac{\tau}{t_m}$	$2t_m$	$0.5t_m$

ZIEGLER-NICHOLS BEGIZTA ITXIAN

Kontrolagailu mota	K_c	T_i	T_d
P	$0.5K_u$	-	-
PI	$0.4K_u$	$0.8T_u$	-
PID	$0.6K_u$	$0.5T_u$	$0.125T_u$

$$G_1(s) = \frac{1}{2s + 20} = \frac{0.5}{s + 10}$$

$$G_2(s) = \frac{2}{s^2 + s + 1}$$

Kontroladorea: PI, Ziegler-Nichols begizta itxian erabili behar da.

$$K_u = 111$$

$$T_u = \frac{2\pi}{\omega_n} = 2\pi/\sqrt{11}\ \text{seg}$$

Datu hauetan oinarrituta taulara jo eta PI kontroladorea diseina dezakegu:

$$K_c = 0.4K_u = 44.4$$
$$T_i = 0.8T_u = \frac{1.6\pi}{\sqrt{11}}\ \text{seg}$$

$$G_c(s) = 44.4\left(1 + \frac{1}{1.6\pi/\sqrt{11}\ s}\right)$$

	[redacted]	**Ikasturtea: 2013/2014** 2014/Ekaina/27
	Nombre ____ Izena	**Iraupena:** 2ordu 45min
	1ºApellido ____ 1 Deitura	
	2º Apellido ____ 2 Deitura	**Taldea**

[redacted]

3. PROBLEMA - (30%) Sistema baten transferentzi funtzioa honako hau da:

$$G(s) = \frac{s-2}{(s+1)(s+5)}$$

Eskatzen dena zera da:

a. Begizta itxiko sistema egonkorra lortzeko ahaleginean, berrelikadura bidezko ahalik eta kontrol sistemarik errazena diseinatu nahi da. Azal ezazu egindako kontrolagailuaren hautua eta bila ezazu bere parametroen balizko balioen tartea.

b. Hortaz gainera, sistema berrelikatuaren egonkortze-denbora 3 segundo edo txikiagoa (%5eko irizpidea) izatea nahi bada, froga ezazu aurreko ataleko kontrolagailu horrek balio duen edo ez. Ezezkoan, hauta ezazu baldintza biak beteko dituen kontrolagailurik errazena eta kalkula ezazu zeintzuk izan behar diren bere parametroen balio-tarteak espezifikazio horiek bete ahal izateko.

SINTONIZAZIO-TAULAK

ZIEGLER-NICHOLS BEGIZTA IREKIAN

Kontrolagailu mota	K_c	T_i	T_d
P	$\frac{1}{K}\frac{\tau}{t_m}$	-	-
PI	$\frac{0.9}{K}\frac{\tau}{t_m}$	$3t_m$	-
PID	$\frac{1.2}{K}\frac{\tau}{t_m}$	$2t_m$	$0.5t_m$

ZIEGLER-NICHOLS BEGIZTA ITXIAN

Kontrolagailu mota	K_c	T_i	T_d
P	$0.5K_u$	-	-
PI	$0.4K_u$	$0.8T_u$	-
PID	$0.6K_u$	$0.5T_u$	$0.125T_u$

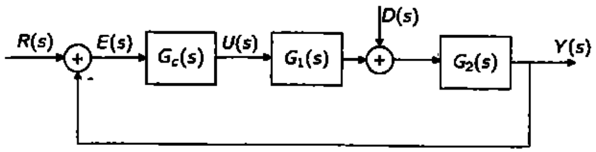
ı P kontroladorea egonkortuko du sistema baldin eta $K_c \in (0{,}2.5)$

ↄ) PD kontroladorea behar da, non, $K_c \in (0, 4/3)$ eta $T_d = 1$ seg

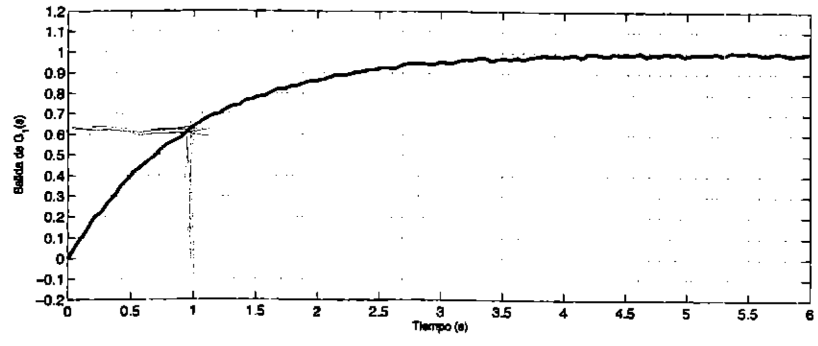
Ingeniaritza Goi Eskola Teknikoa / Escuela Técnica Superior de Ingeniería Bilbao — Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea	[redacted] Nombre / Izena ____ 1ºApellido / 1 Deitura ____ 2º Apellido / 2 Deitura ____	**Ikasturtea: 2013/2014** 2014/Ekaina/27 — **Iraupena:** 2ordu 45min — **Taldea**

[redacted]

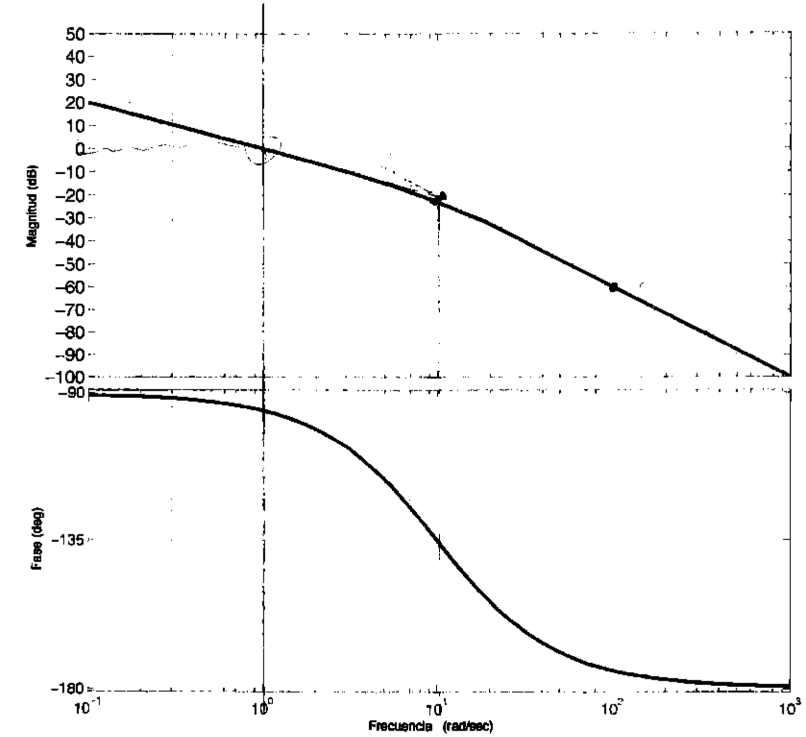
4. PROBLEMA - (30%) Ondorengo sistema berrelikatuan kontrolagailua proportzionala da:



Jakin denez, $G_1(s)$ sistemak ondorengo maila unitario erantzuna ematen du,



Bestalde, $G_2(s)$ sistemak ondorengo maiztasun-erantzuna eman duela jakin da ere,



Aztertu ezazu eta kalkulatu egoera iraunkorreko errorearen balioa kontrolagailuaren irabazpenaren funtzio bezala adieraziz, r(t) erreferentzian 2 anplitudeko maila eta d(t) perturbazioan 0.5 anplitudeko maila ezartzean.

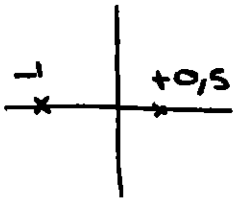
$$G_1(s) = \frac{1}{1+s}$$

$$G_2(s) = \frac{1}{s(0.1s+1)}$$

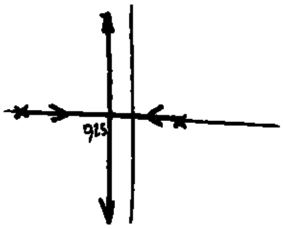
$$e_{ss} = e_{ssr} + e_{ssd} = 0 + \frac{-0.5}{K_c} = \frac{-0.5}{K_c}$$

JUNIO 2014

1



a) P erabiliz, egonkorra? **EGIA**



$n=2 \rightarrow 2$ adar ① $(0'5, \infty)$
$m=0$ ② $(-1, \infty)$

Ardatz errealean $\rightarrow (-1, 0'5)$ Polo bat eskuinean.

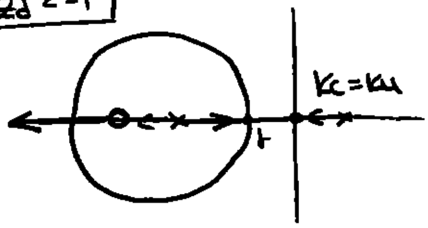
$n-m = 2$ ASINTOTA

$$\sigma = \frac{-1+0,5}{2} = 0,25$$

$$\theta_{1,2} = \frac{(2k+1)\pi}{2} = \pm 90$$

b) PD? $\rightarrow$ zero **EGIA**

$\boxed{Zd < -1}$



$n=2 \rightarrow 2$ adar ① $(0'5, ?)$
$m=1$ ② $(1, ?)$

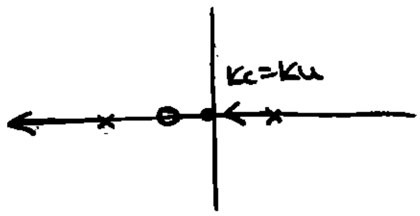
Ardatz errealean $\rightarrow (-1, 0'5)$
$(-\infty, Zd)$

$n-m = 1$ ASINTOTA

$$\sigma = \frac{-\cancel{Zd} -1 + 0,5}{2}$$

$$\theta_{1,2} = \pm 180$$

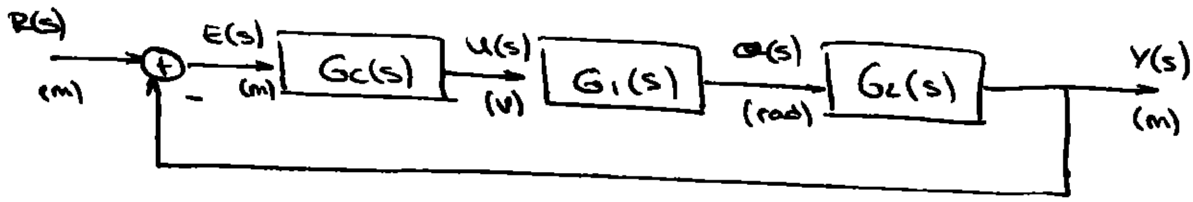
$\boxed{-1 < Zd < 0}$



Ardatz erreal $\rightarrow (-Zd, 0'5)$
$(-\infty, -1)$

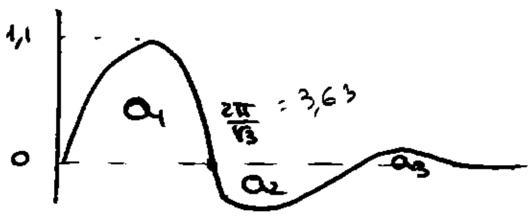
Ikusten dugu kc batetik aurrera, poloak erdi plano negatiboan kokatzen direla. Beraz, sist egonkorra

$G_1(s) \longrightarrow$ elektriko $\qquad G_2(s) \longrightarrow$ mekaniko



$G_1(s) \rightarrow \quad 2\dot{\theta}(t) + 20\,\theta(t) = u(t)$

$G_2(s) \rightarrow \quad \theta$ sarreran 1 rad anplitudeko inpultsua ezarrtzean.



$a_1 = 2{,}326$

$a_2 = 0{,}381$

$a_3 = 0{,}055$

$M_p = 1/4 \qquad e_{ss} = 0 \qquad$ Kontrolagailu sinpleena?

(G1) $\quad 2s\,\theta(s) + 20\,\theta(s) = U(s) \longrightarrow \dfrac{\theta(s)}{U(s)} = \boxed{\dfrac{1}{2s+20} = G_1(s)}$

(G2) $\quad y_p = a_1 = 2{,}326$

$y_{ss} = \Sigma a = 2$

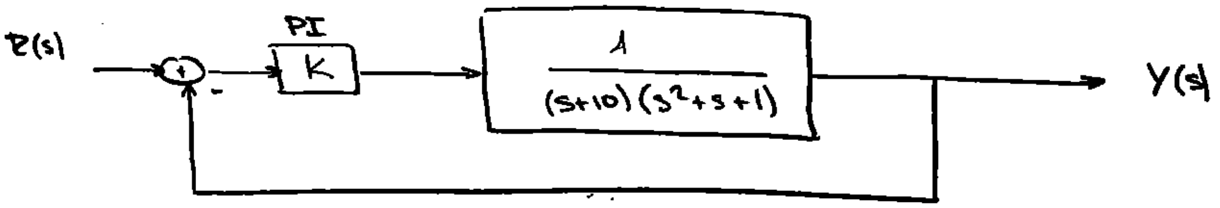
$M_p = \dfrac{y_p - y_{ss}}{y_{ss}} = 0{,}163 \rightarrow \delta = \sqrt{\dfrac{\ln M_p^2}{\ln M_p^2 + \pi^2}} = 0{,}5$ $\quad$ 3,29

$t_p = 3{,}63 = \dfrac{\pi}{w_n\sqrt{1-\delta^2}} \rightarrow w_n = \dfrac{\pi}{3{,}63\sqrt{1-0{,}5^2}} = 1 \qquad K = \dfrac{\Delta y}{\Delta u} = \dfrac{y_{ss}}{u} =$

$$\boxed{G_2(s) = \dfrac{K w_n^2}{s^2 + 2\delta w_n s + w_n^2} = \dfrac{2}{s^2 + s + 1}}$$

- $\frac{1}{4}$ mot erlazioa eskatu → **ZN** → (ez dugu kurba) **BIGARRENA**

- $e_{ss} = 0$ ⎍ aurrean → 1 mota → (0 mota dugu) PI



$$G_{BC}(s) = \frac{K}{(s+10)(s^2+s+1) + K} = \frac{K}{s^3 + 11s^2 + 11s + (10+K)}$$

$$s^3 + s^2 + s + 10s^2 + 10s + 10 + K$$

$$\begin{array}{c|cc} s^3 & 1 & 11 \\ s^2 & 11 & 10+K \\ \hline s^1 & b_1 & \\ s^0 & c_1 & \end{array}$$

$$b_1 = -\frac{1}{11}\begin{vmatrix} 1 & 11 \\ 11 & 10+K \end{vmatrix} = \frac{121 - (10+K)}{11} = \frac{111-K}{11}$$

$$c_1 = 10+K$$

LIMITE → $\frac{111-K}{11} = 0$ → $\boxed{K_{CR} = 111}$

$$\begin{array}{c|cc} s^3 & 1 & 11 \\ s^2 & 11 & 121 \\ \hline s^1 & 0 & \\ s^0 & c_1 & \end{array} \rightarrow P(s) = 11s^2 + 121 = 0 \rightarrow s_{1,2} = \pm\sqrt{\frac{-121}{11}} = \underbrace{3{,}32i}_{w_n}$$

$$\boxed{T_{CR} = \frac{2\pi}{w_n} = 1{,}9}$$

PI $\xrightarrow{\text{TAULA}}$ $\boxed{K_c = 0{,}4\, K_{R} = 44{,}4}$

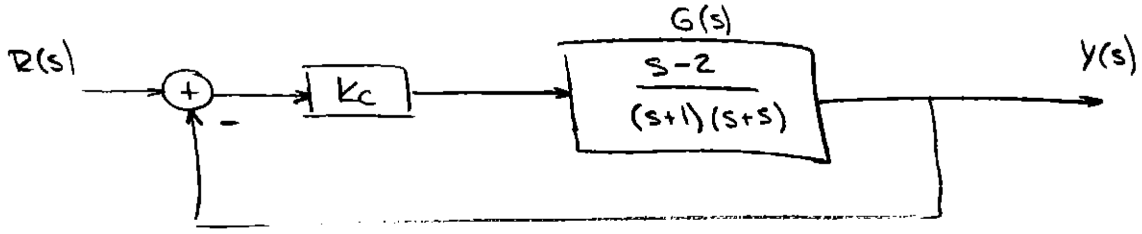
$\boxed{T_i = 0{,}8\, T_{CR} = 1{,}52}$

PI : $K_c\left(1 + \frac{T_i}{s}\right)$ → $\boxed{\text{PI} \rightarrow G_c(s) = 44{,}4\left(1 + \frac{1{,}52}{s}\right)}$

$$G(s) = \frac{s-2}{(s+1)(s+5)}$$

RH

a) Begizta itxiko sist egonkorra lortzeko aldagarriaten, bestelik bidazko kontrol sist errezena.



$$G_{BC}(s) = \frac{kc(s-2)}{(s+1)(s+5)+kc(s-2)} = \frac{kc(s-2)}{s^2+s(6+kc)+(5-2kc)}$$

$$s^2+6s+5+kcs-2kc$$

s^2	1	$5-2kc$
s^1	$6+kc$	0
s^0	b_1	

$$b_1 = -\frac{1}{6+kc}\begin{vmatrix} 1 & 5-2kc \\ 6+kc & 0 \end{vmatrix} = 5-2kc$$

Limite $\rightarrow b_1 = 0 \rightarrow 5-2kc=0 \rightarrow kc = 2{,}5$

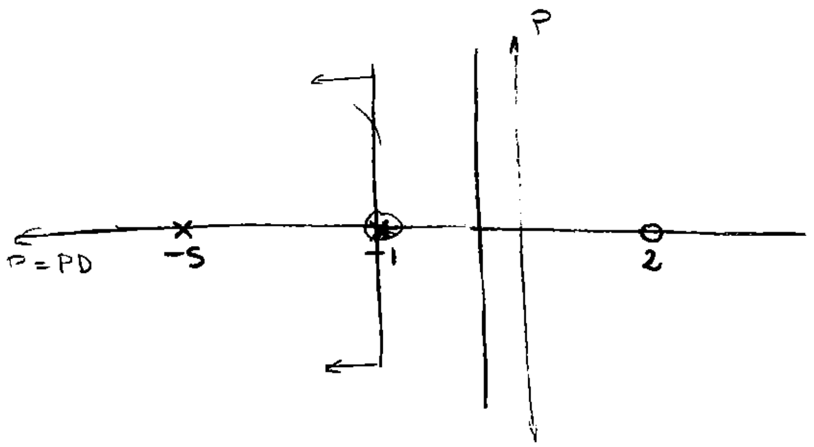
$$\boxed{kc \in (0, 2'5)}$$

b) $t_{ss}(\%5) \leq 3s$ Aurrekoa balio du? Beskela zein?

$$t_{ss}(\%5) = \frac{3}{\delta \cdot \omega_n} \leq 3 \rightarrow \delta \cdot \omega_n \geq 1$$

$$t_{ss} = 3\tau = 3 \Rightarrow \tau = 1$$

P ez du balio



PD? → zero

3) EKG

$$G_c(s) = K_c(1+T_d \cdot s) = K_c \cdot T_d \left(s + \overbrace{\frac{1}{T_d}}^{z_d}\right)$$

$$G_{BA} = G_c \cdot G(s) = \frac{K_c \cdot T_d\,(\cancel{s+z_d})\,(s-2)}{(\cancel{s+1})(s+5)} \xrightarrow[\substack{z_d = 1 \\ \downarrow \\ T_d = 1}]{} \frac{K_c \cdot T_d\,(s-2)}{s+5}$$

$n = 2 \rightarrow$ 2 odar ① $(-5, 2)$
$m = 2$ ② $(-1, -1)$

4) KALKULATU

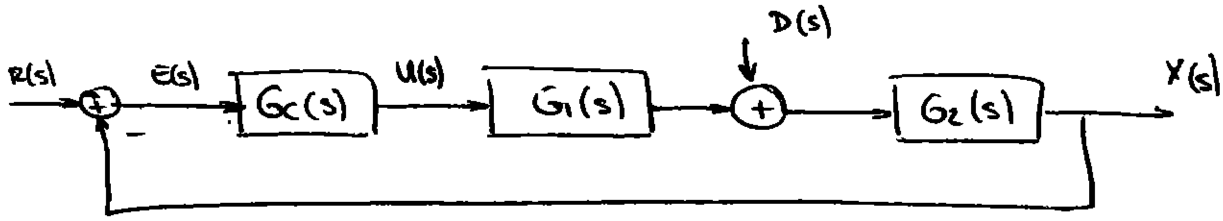
$$T_d = 1 \rightarrow G_{BA} = \frac{K_c(s-2)}{s+5}$$

$$G_{BC}(s) = \frac{K_c(s-2)}{s+5+K_c(s-2)} = \frac{K_c(s-2)}{s(K_c+1) + (\underbrace{5-2K_c})} = \frac{K_c(s-2)\,/\,5-2K_c}{s\,\frac{K_c+1}{5-2K_c} + 1}$$

~~$5-2K_c = 1 \rightarrow -2K_c = -4 \rightarrow K_c = 2$~~

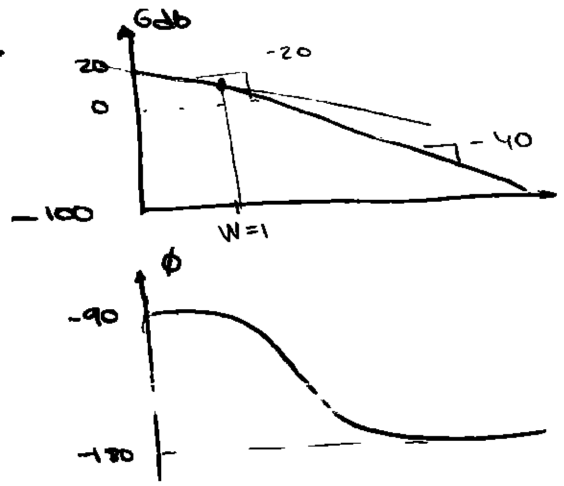
$$1 = \frac{K_c+1}{5-2K_c} \rightarrow 5-2K_c = K_c+1 \rightarrow 4 = 3K_c \rightarrow K_c = \frac{4}{3}$$

1



$G_1(s) \rightarrow$

$G_2(s) \rightarrow$



Espera iraunkorreko errorea Kc-ren menpe?

$r(t) = 2$ $\qquad R(s) = \frac{2}{s}$

$d(t) = 0{,}5$ $\qquad D(s) = \frac{0{,}5}{s}$

G_1 $\qquad G_1(s) = \frac{K}{\tau s + 1}$ $\qquad K = \frac{\Delta y}{\Delta u} = \frac{1}{1} = K$

$Y_{63} = \underset{0}{Y_{min}} + 0'63 \underset{1}{\Delta y} = 0'63 \rightarrow t_{63} = \tau = 1s$

$$\boxed{G_1(s) = \frac{1}{s+1}}$$

G_2 $\quad \Phi$ Hasieran ez da laua $\rightarrow$ ~~n·90 + m·90 = -270~~

Wn	Malda tot	Malda aldak	Polo / Zero
0	-20dB	0	→ 1 Polo jatorri : $1/s$
10	-40dB	-20dB	→ Poloa : $\frac{1}{(s+10)} = \frac{1}{0{,}1s+1}$

$20 \log K = 20 \rightarrow K = 10^{\frac{20}{20}} = 10$

$$\boxed{G_2(s) = \frac{10}{s(s+10)} = \frac{1}{s(0{,}1s+1)}}$$

$R(s) = \dfrac{2}{s}$ $\qquad D(s) = \dfrac{0,5}{s}$

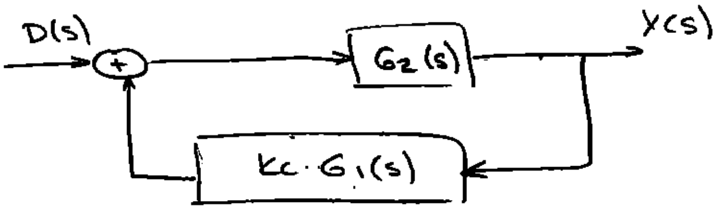
$e_{ss} = e_{ssD} + e_{ssR}$

• **e_{ssR}** $\qquad G(s)\cdot H(s) = \dfrac{K_c}{s\,(s+1)\,(0,1s+1)}$

1 ΠΟΛΟ → Σ αυτεα 1 πολο → $\boxed{e_{ssR} = 0}$

• **e_{ssD}** $\qquad E(s) = \overset{0}{R}(s) - Y(s)\cdot \overset{1}{H}(s)\Big|_{R(s)=0} = -Y(s) = -G_D(s)\cdot D(s)$

$G_D(s)$?



$D(s) = \dfrac{0,5}{s}$

$$G_D(s) = \frac{G_2}{1 + G_2\cdot K_c\cdot G_1} = \frac{1/s(0,1s+1)}{1 + \dfrac{1}{s(0,1s+1)}\dfrac{K_c}{(s+1)}} = \frac{(s+1)}{s(0,1s+1)(s+1) + K_c}$$

$$E(s) = -\frac{0,5}{s}\cdot\frac{(s+1)}{s(0,1s+1)(s+1) + K_c}$$

$$e_{ssD} = \lim_{s\to 0} s\,E(s) = \frac{-0,5\cancel{s}}{\cancel{s}}\cdot\frac{(s+1)}{\cancel{s(0,1s+1)(s+1)} + K_c} = \boxed{\frac{-0,5}{K_c}}$$

$$\boxed{e_{ss} = 0 - \frac{0,5}{K_c}}$$

[redacted]

Izena ______________________

1. Abizena ______________________

2. Abizena ______________________

Ikasturtea: 2014/2015

2015/Ekaina/17

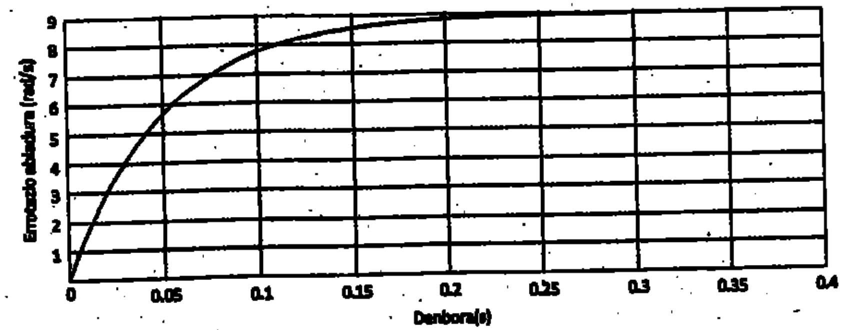
Iraupena:

2 ordu 30 min

Taldea

[redacted]

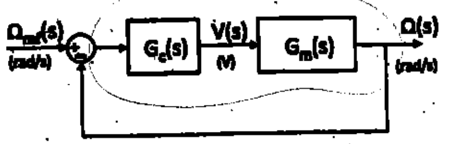
Induzituaren harilduan 1 voltioko sarrera ezartzean zalonean motor bati, 1.1 irudian erakusten den $\omega(t)$ abiaduraz erantzuten du.



1.1. Irudia Motorraren abiaduraren erantzuna

1. Lor ezazu $G_m(s) = \frac{\Omega(s)}{V(s)}$ transferentzi funtzioa.

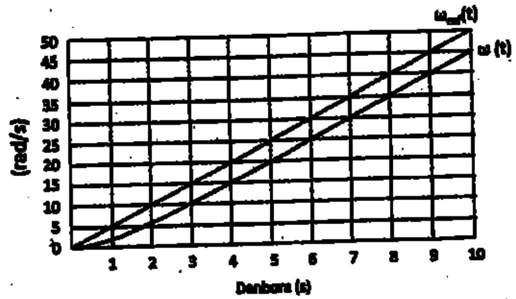
2. Motorra berrelikadura unitario begizta batean sartuko dugu $G_c(s)$ kontrolagailua diseinatu asmoz, 1.2 irudian erakusten den bezala. Motorra abiadura-jarraitzaile lanetan erabiltzea da helburua.



1.2 Irudia. Abiadura-jarraitzailea

Diseina ezazu, $G_c(s)$ kontrolagailu bat 1.3 irudiko errore berdina emango duena, eta kalkula ezazu analitikoki sistemaren egonkortze-denbora %2ko irizpidea erabiliz. Justifika ezazu hartutako erabakien zergatia.

Heda



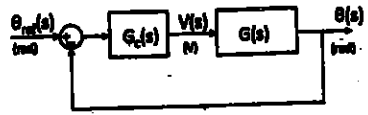
1.3 Irudia. Abiaduraren erreferentzia $\omega_{ref}(t)$ eta erantzuna $\omega(t)$

3. Orain, motor hori bera posizio-sistema bat konfiguratzeko erabili nahi da, engranajea ere duena $N_1/N_2 = 1/10$ erlaziodunа. Beraz:

$$\omega_r(t) = \frac{N_1}{N_2}\omega(t) \qquad \theta(t) = \int \omega_r(t)dt$$

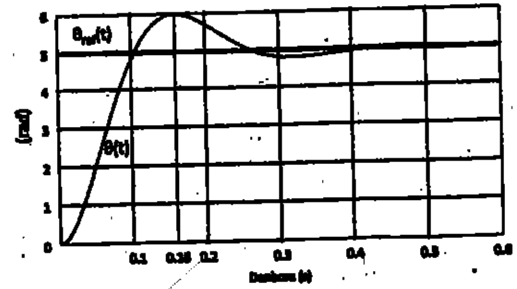
Lor ezazu $G(s) = \frac{\theta(s)}{V(s)}$ transferentzi funtzioa.

4. Orain G(s) 1.4 Irudiko kontrol-sisteman sartuko dugu:



1.4 Irudia. Posizioaren kontrol-sistema

Diseina ezazu, $G_c(s)$ kontrolagailu bat 1.5 Irudiko erantzuna lortzeko begizta itxian, eta kalkula ezazu egoera iraunkorrako errorea sarrera 5 maldadun arrapala denean. Justifika ezazu hartutako erabakien zergatia.



1.5 Irudia. Begizta itxian lortu beharreko erantzuna

5x = 5

x =

[redacted]

1. ATALA (%10)

$$\boxed{G_a(s)=\frac{\Omega(s)}{V(s)}=\frac{K}{s\tau+1}=\frac{9}{0.05s+1}\ \frac{rad/s}{V}}$$

2. ATALA (%40)

$$\boxed{G_c(s)=\frac{1}{180}\left(\frac{s+20}{s}\right)}$$

$$\boxed{t_s=4\tau=4s}$$

3.- ATALA (%10)

$$\boxed{\begin{aligned}&\Omega_r(s)=\frac{N_1}{N_2}\Omega(s)\rightarrow\frac{\Omega_r(s)}{\Omega(s)}=\frac{N_1}{N_2};\\&\theta(s)=\frac{\Omega_r(s)}{s}\rightarrow\frac{\theta(s)}{\Omega_r(s)}=\frac{1}{s};\\&G(s)=\frac{\theta(s)}{V(s)}=\frac{\theta(s)}{\Omega_r(s)}\cdot\frac{\Omega_r(s)}{\Omega(s)}\cdot\frac{\Omega(s)}{V(s)}=\frac{1}{s}\cdot\frac{1}{10}\cdot\frac{K}{s\tau+1}=\frac{0.9}{s(s0.05+1)}\end{aligned}}$$

4.- ATALA (%40)

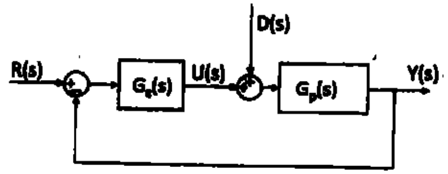
$$\boxed{G_c(s)=K_c=27.03}$$

Eta 5 maldako arrapala sarrerari jarraitzean emango lukeen iraunkorreko errorea:

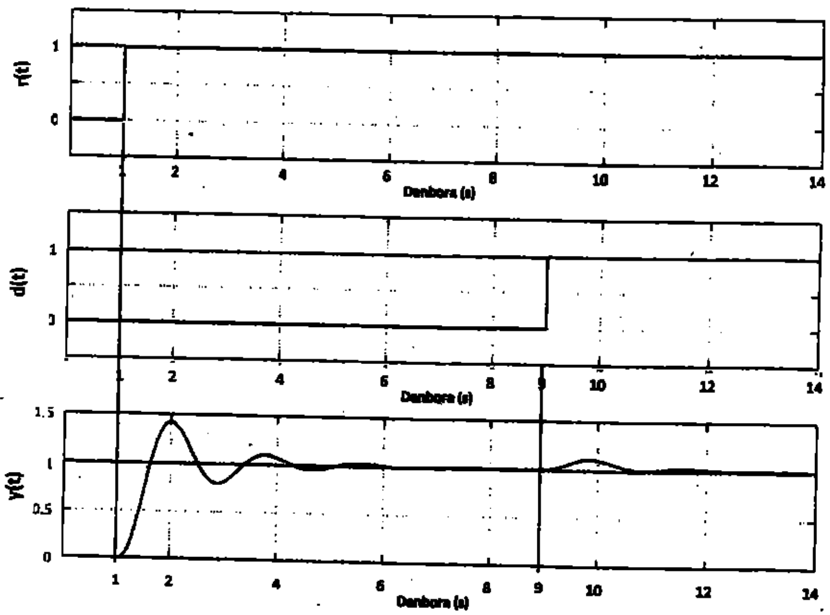
$$\boxed{e_v=\frac{1}{k_v}\rightarrow k_v=\lim_{s\to0}s\cdot K_c\cdot\frac{0.9}{s(s0.05+1)}=24.32\rightarrow e_{ss}=\frac{5}{24.32}=0.2\ rad}$$

[redacted]

2.- Irudiko kontrol-sistaman, kontrolagailua PID motakoa da baina ez dakigu zein algoritmo erabili den, ezta bere parametroei emandako balioa ere. Plantaren (G_p) irabazpen estatikoa 0.5 dela jakina da eta egindako esperimentu batzuetan erregistratutako informazioa dago. Horietako esperimentu batean lortutako datuak aurkeztu dira 2.2 irudian: erreferentzia eta perturbazio sarreren eboluzioa alde batatik, eta bestetik, kontrolatutako aldagaiaren erantzuna sarrera horiei.



2.1 Irudia. Kontrol-sistema



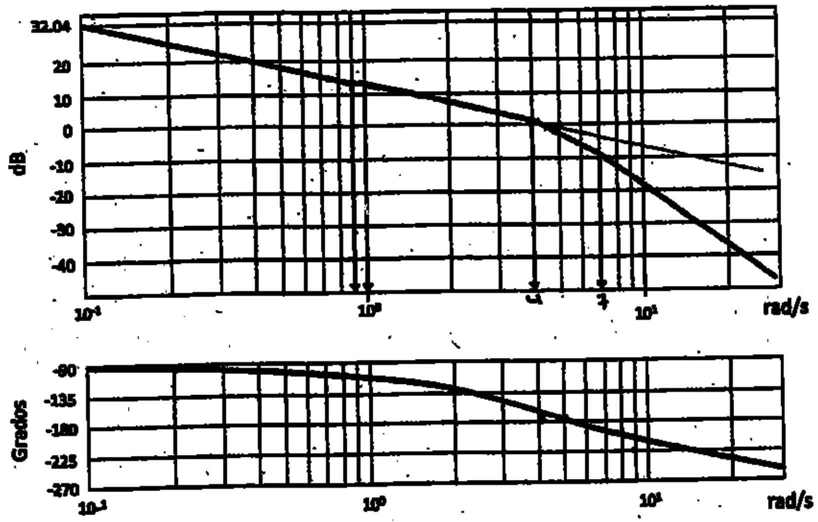
2.2 Irudia. r(t), d(t) eta y(t) aldagaien bilakaera

$t_p = 2$ $M_p = 50\%$

$\omega_n = 1'5$ $\delta = 0'2$

$$\frac{2'56\ 2'8}{s^2+0'64s+2'56}$$

2.3 Irudian, begizta irekiko sistemaren Bode diagrama daukagu, esperimentu horretan erabilitako kontrolagailua barne.



2.3 Irudia. Begizta irekiko sistemaren Bode diagrama

1. Zein da egoera iraunkorreko errorea, erreferentzia $R(s)=\frac{1}{s}$ eta perturbazioa $D(s)=\frac{e^{-9s}}{s}$ direnean?.
2. Zein izango da egoera iraunkorreko errorea, perturbaziorik gabe, erreferentzia arrapala unitarioa bada?.
3. Identifika ezazu begizta irekiko sistemaren transferentzi funtzioa.
4. Ondorioztа ezazu zein den $G_c(s)$ kontrolagailuaren transferentzi funtzioa. Adieraz itzazu bere parametroaren balioak ere.
5. Aztertu ezazu sistema berrelikatuaren egonkortasuna, balio esanguratsuenak Bode diagraman bertan adieraziz.
6. Kontrolagailuaren irabazpenaren zein balioк eramango du sistema hau egonkortasunaren mugara?.

[redacted]

1.-ATALA (%10)

$$e_{ss}=e_{ssR}+e_{ssD}=0$$

2. ATALA (%10)

$$e_{ssv}=0.25$$

3. ATALA (%20)

$$G(s)H(s)=G_c(s)G_p(s)=\frac{4\left(1+\frac{s}{0.9}\right)}{s(1+s)\left(1+\frac{s}{4}\right)\left(1+\frac{s}{7}\right)}=\frac{124.4(s+0.9)}{s(s+1)(s+4)(s+7)}$$

4. ATALA (%20)

$$G_c(s)=\frac{K_c(1+T_i s)}{T_i s}=\frac{8.88(s+0.9)}{s}$$

5. ATALA (%20)

MG = 4 dB

MF = 30°

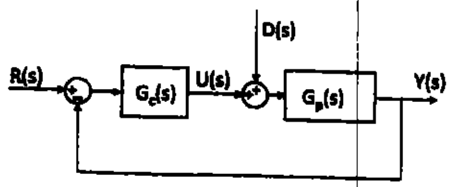
6. ATALA (%20)

$K_c = 14$

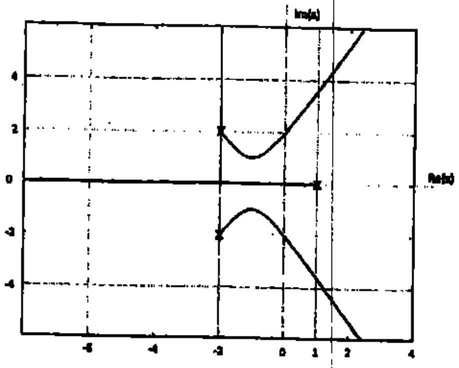
log 10 > 1

$10^x = 1$

3.1 Irudian $G_p(s)$-ri dagokion kontrol-sistema eta 3.2 Irudian sistema berrelikatuaren Erroen Tokia erakusten dira. $G_p(s)$-ren irabazpenaren balio absolutua 1 da.



3.1 Irudia. Kontrol-sistema



3.2 Irudia. Erroen Tokia

1. Identifika ezazu $G_p(s)$ planta.
2. Kalkula ezazu zein den begizta itxiko sistemaren egonkortasuna bermatuko duen K_c-ren balio tartea. Arrazoiak eman.
3. Justifika ezazu, emaitzaren Erroen Tokia marraztuz, zein iriztea duzun dela PID motako kontrolagailurik errazena egonkortasunaren tarte hori handitzeko

1 - ATALA (%20)

$$G_P(s) = \frac{8}{(s-1)((s+2)^2+4)} = \frac{8}{s^3+3s^2+4s-8}$$

2 - ATALA (%30)

$$1 < K_c < 2{,}5$$

3 - ATALA (%50)

Sistemaren egonkortze tartea handitzeko, ETG-ren adarrak ezkerrerantz mugitzea beharrezkoa da. Horretarako, kontrolagailuan zeroak txertatu behar ditugu. Hortaz, kontroladorerik sinpleena PD kontroladorea izango da, kontrol proportzionalari, akzio deribatzaile bat txertatzen duena.

ETG-a PD-aren zeroaren txertaketaren ondorioz aldatuko da. Gutxi-gora-beherako adierazpen grafikoan oinarrituz:

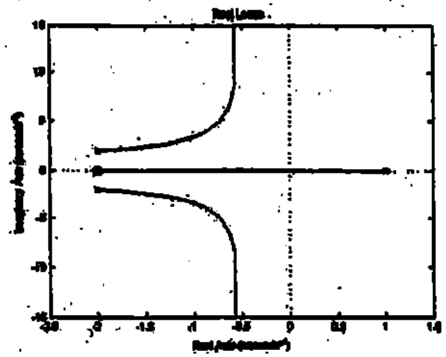
a. Adar kopurua=n=3
b. Asintota kopurua=n-m=2
c. Asintoten angelua ardatz errealarekiko:
$\theta_k = \frac{2k+1}{n-m}180^o$, k=0 → $\theta_0 = 90^o$; k=1 → $\theta_1 = 270^o = -90^o$
d. Asintotak ardatz erreala ebazten duten puntua:

$$\sigma = \frac{\sum Z - \sum P}{n-m} = \frac{z_i - 2 - 2 + 1}{2} = \frac{z_i - 3}{2}$$

Non $z_i > -3$ bada, orduan ebazte puntua erdiplano negatiboan kokatuko da, hots, asintotan angelua 90º denez, polo guztien kokapena erdiplano negatiboan egongo da edozein Kc-rentzako. Gainera zeroa egonkorra izatea nahi badugu: $-3 < z_i < 0$

e. Ardatz errealako ataiak.
$(-z_i, 1)$

ETG-a z=-2 (Td=0,5) bada, adibidez, orduan $\sigma = \frac{2-2-2+1}{2} = -0{,}5$



Egonkortasuna Kc eta Td-n oinarrituta aztertuz R-H-en bidez,

Ekuazio karakteristikoa:

$$1 + K_c\frac{8K_c(1+T_d s)}{(s-1)(s^2+4s+8)} = 0$$

$$s^3 + 3s^2 + (4 + 8K_cT_d)s + 8K_c - 8 = 0$$

s^3	→	1	$4+8K_cT_d$
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
s^1	→	$\frac{20+24K_cT_d-8K_c}{3}$	0
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Fila s^0: $8K_c - 8 > 0 \rightarrow K_c > 1$
Fila s^1: $20 + 24K_cT_d - 8K_c > 0 \rightarrow T_d > \frac{K_c - 2.5}{3K_c}$
Orduan, $T_d > 0$ izateko, $K_c > 2{,}5$

2015 / Ekaina / 17

① Ariketa

1 voltioko sarrera sartu.

1) Lor ezazu $G_m(s) = \frac{\Omega(s)}{V(s)}$ Transf. funtzioa.

$$K = \frac{\Delta y}{\Delta u} = \frac{9-0}{1} = 9$$

$$y(\%63.2) = y_1 + \Delta y \cdot 0'632 = 5'688 \longrightarrow t_{63} = \tau = 0.05s$$

$$G(s) = \frac{K}{\tau s + 1} \longrightarrow \boxed{G_m(s) = \frac{9}{0.05s + 1}}$$

2) $G_c(s)$ kontrolagailua diseinatu nahi.

Egonkortze denbora %2 irizpidea erabiliz ?

Arrapala erroreа ematen digu, orduan integradore bat behar dugu, eta $G_c(s)$ egongo da kokatuta. $\longrightarrow$ $\boxed{\text{PI kontrolagailua}}$

$$G_c(s) = \frac{K_c (s + T_i)}{s}$$

$$_{BA} = \frac{K_c \cdot (s+T_i)}{s} \cdot \frac{9}{0.05 \cdot s + 1} = \frac{K_c (s+T_i)}{s} \cdot \frac{180}{s+20} \rightarrow \boxed{T_i = 20} \Rightarrow \frac{K_c \cdot 180}{s}$$

$$K_v = \lim_{s \to 0} s\, GH = \lim_{s \to 0} \cancel{s} \frac{K_c \cancel{(s+20)}}{\cancel{s}} \cdot \frac{180}{\cancel{(s+20)}} = K_c \cdot 180 \overset{?}{=} 1 \longrightarrow \boxed{K_c = \frac{1}{180}}$$

3) $\frac{N_1}{N_2} = \frac{1}{10}$

$$w_r(t) = \frac{N_1}{N_2} w(t) \quad ; \quad \theta(t) = \int w_r(t)\, dt$$

Lortu $G(s) = \frac{\theta(s)}{V(s)}$ transf. - funtzioa.

$$w_r(t) = \frac{d\theta(t)}{dt} \xrightarrow{\mathcal{L}} W_r(s) = s \cdot \theta(s)$$

$$w_r(t) = \frac{N_1}{N_2} w(t) \xrightarrow{\mathcal{L}} W_r(s) = \frac{N_1}{N_2} W(s)$$

$$\theta(s) = \frac{1}{s} \cdot \frac{N_1}{N_2} \cdot W(s)$$

$$G(s) = \frac{\theta(s)}{V(s)} = \frac{1}{s} \cdot \frac{N_1}{N_2} \cdot \frac{9}{0.05s+1} \longrightarrow \boxed{G(s) = \frac{0.9}{s(0.05s+1)}}$$

4) Diseina ezazu $G_c(s)$ kontrolagailua.

Kalkula ezazu egoera iraunkorreko errorea sarrera 5 maldadun arrapala denean.

$$G_{BC}(s) = \frac{K_c \cdot 0'9}{0'05s^2 + 0'1 \cdot s + K_c \cdot 0'9} = \frac{K_c \cdot 180}{s^2 + 20s + K_c \cdot 185}$$

$$M_p = \frac{y_{TP} - y_{SS}}{y_{SS}} = \frac{6-5}{5} = \frac{1}{5} = 0.2$$

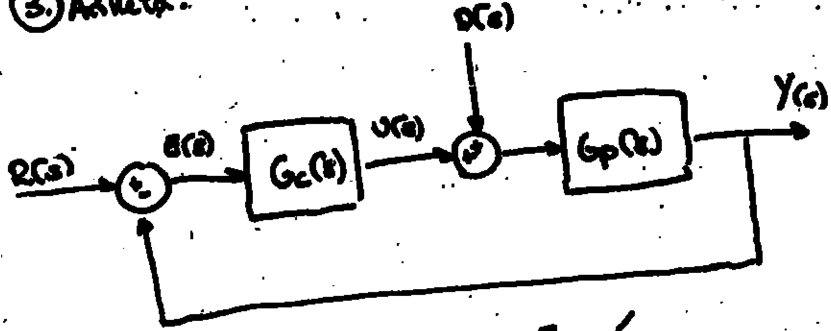
$$\hookrightarrow \xi = \sqrt{\frac{\ln^2 M_p}{\pi^2 + \ln^2 M_p}} = 0.456$$

$$t_p = \frac{\pi}{w_n\sqrt{1-\xi^2}} = 0.16 \longrightarrow w_n = 22.06 \text{ rad/s}$$

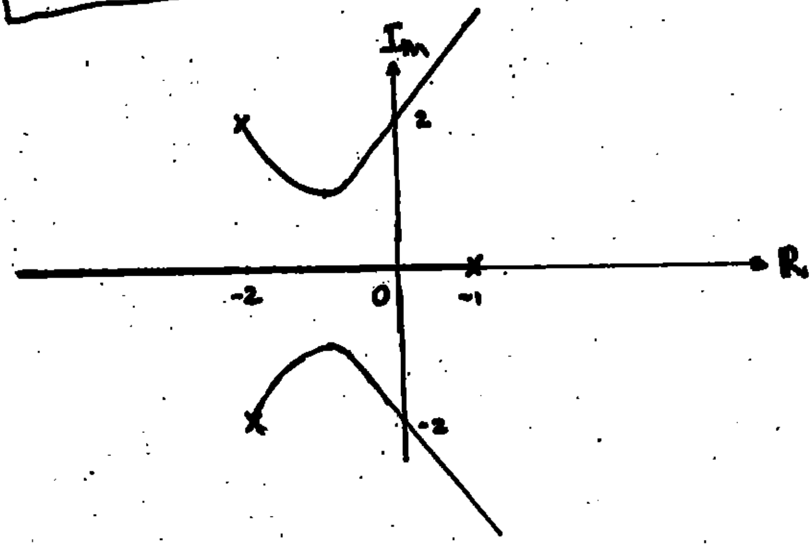
$$K_c \cdot 180 = w_n^2 \longrightarrow \boxed{K_c = 27}$$

$$e_{ss,v} = \frac{5}{K_v} = \frac{5}{\lim_{s\to 0} s \cdot GH} = \frac{5}{K_c \cdot 0.9} \longrightarrow \boxed{e_{ss} = 0.206}$$

③ Ariketa.



• Gp(s)-ren irab. abs. 1 da.



1) Identifika ezazu Gp(s) planta.

$$G_p(s) = \frac{K}{(s-1)\left[s+(2+2i)\right]\left[s+(2-2i)\right]} = \frac{K}{(s-1)\left[\underbrace{s^2+2s-\cancel{2is}+2s+\cancel{2is}+4+4}_{s^2+4s+8}\right]} = \frac{K}{s^3+3s^2+4s-8}$$

$$\lim_{s\to 0} G(s) \Rightarrow \frac{K}{8} = \underset{\text{irabaz. abs}}{1} \longrightarrow \boxed{K=8} \Rightarrow \boxed{G_p(s) = \frac{8}{s^3+3s^2+4s-8}}$$

2) Kalkula ezazu zein den begizta itxiko sistemaren egonkortasuna bermatuko duen Kc-ren balio tartea.

$$1 + GH = 0 \longrightarrow s^3+3s^2+4s-8+8K_c = 0$$

$$\longrightarrow K_c > 1$$

s^3	1	4
s^2	3	$8(K_c-1)$
s^1	$\frac{20-8K_c}{3}$	0
s^0	4	0

$$\longrightarrow \frac{20-8K_c}{3} = 0 \longrightarrow K_c = \frac{20}{8} = 2.5$$

$$\boxed{1 < K_c < 2.5}$$

3) Zein PID motako kontrolagailurik errazena egonkortasunaren tarte hori handitzeko.

- Sistemaren egonkortze tartea handitzeko, ETG-ren adarrak ezkerrerantz mugitzea beharrezkoa da. Honetarako, kontrolagailuan zeroak txertatu behar ditugu. Hortaz, kontroladorerik sinpleena PD kontroladorea izango da, kontrol proportzionalari, akzio deribatzaile bat txertatzen duena.

- ETG-a PD-aren zeroaren txertaketaren ondorioz, aldatuko da.

a) Adar kopurua, $n=3$

b) Asintota kopurua, $n-m=2$

c) Asintoten angelua ardatz errealarekiko:

$$\theta_k = \frac{2k+1}{n-m}\,180 \longrightarrow \begin{cases} k=0 \rightarrow \theta_0 = 90^\circ \\ k=1 \rightarrow \theta_1 = -90 \end{cases}$$

d) Asintotak ardatz erreala ebakitzen duen puntua:

$$\sigma = \frac{\Sigma z - \Sigma p}{n-m} = \frac{z_i - 2 - 2 + 1}{2} = \frac{z_i - 3}{2}$$

- Non $z_i > -3$ bada, orduan ebaste puntua erdiplano negatiboan kokatuko da, hots, asintoten angelua 90° denez, polo guztien kokapena erdiplano negatiboan egongo da edozein K_c-rentzako.

- Gainera zeroa egonkorra izatea nahi baldin badugu, $-3 < z_i < 0$

e) Ardatz errealeko atalak: $(-z_i, 1)$

- Orain suposatzen badugu z bat $\rightarrow z_i = 2$ adibidez $(T_d = 0.5)$

$$\sigma = \frac{2-3}{2} = -0.5$$

• Egonkortasuna K_c eta T_d-n einarritutu aztertu R-Hen bidez,

$$1 + GH = 0 \rightarrow 1 + K_c \cdot \frac{8(1+T_d \cdot s)}{(s-1)(s^2+4s+8)} = 0$$

$$\rightarrow s^3 + 3s^2 + (4 + 8T_d \cdot K_c)s + (8K_c - 8) = 0$$

$K_c > 1$

s^3	1	$4 + 8T_dK_c$	
s^2	3	$8(K_c-1)$	
s^1	$\frac{20 + 24T_dK_c - 8K_c}{3}$	0	
s^0	$4 + 8T_dK_c$	0	

$$\rightarrow \frac{20 + 24T_dK_c - 8K_c}{3} = 0$$

$$-20 + 8K_c = 24T_dK_c$$

$$T_d = \frac{8K_c - 20}{24K_c} = \frac{2K_c - 5}{6K_c}$$

Orduan, $\boxed{T_d > 0 \rightarrow K_c > 0}$

4) $G_0(s)$-ren trasf.-funtzioa

$$G_{BA}(s) = G_p(s)\, G_c(s)$$

$$0.5\; G_c(s) = \frac{12'44(s+0.9)}{s(s+1)(s+4)(s+7)} \longrightarrow \boxed{G_c(s) = \frac{8'886\cdot(s+0.9)}{s}}$$

5) Bezeliladuraren egonkortasuna.

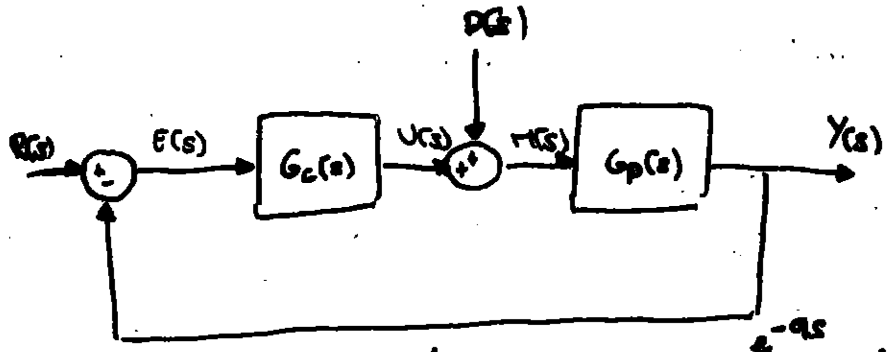
"

$$\text{BODE diagramatik} \longrightarrow \begin{cases} MF = 30^\circ \\ MG = 3\,dB \end{cases}$$

6) Kontrolagailuaren irabazpenaren zein baliok eramango du sistema hau egonkortasunaren mugara?

2. Ariketa

PID kontrolagailu erabili.



$G_p(s) = 0.5$

$$G_c(s) = \frac{K_c(s+T_i)(s+T_d)}{s}$$

1) Zein da egoera iraunkorreko errorea, $R(s) = \frac{1}{s}$ eta $D(s) = \frac{e^{-9s}}{s}$ diren

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{G_c G_p}{1+G_c G_p} \qquad \frac{Y(s)}{D(s)} = \frac{G_p}{1+G_c G_p}$$

$$E(s) = R(s) - Y(s) = R(s) - \left[G_c G_p E(s) + G_p D(s)\right]$$

$$E(s) = \frac{1}{1+G_c G_p} R(s) - \frac{G_p}{1+G_c G_p} D(s)$$

$$e_{ss_p} = \lim_{s\to 0} E(s) \longrightarrow e_{ss} = e_{ss_R} + e_{ss_D} = 0$$

2) Zein da egoera iraunkorreko errorea, perturbaziorik gabe, eta arrapal. unit. bada?

$$e_{ss} = \lim_{s\to 0} s \cdot E(s) = \lim_{s\to 0} s \cdot \frac{1}{1+\frac{8.886(0.9+s)}{s}\cdot 0.5} \frac{1}{s^2} = \cancel{0.6}$$

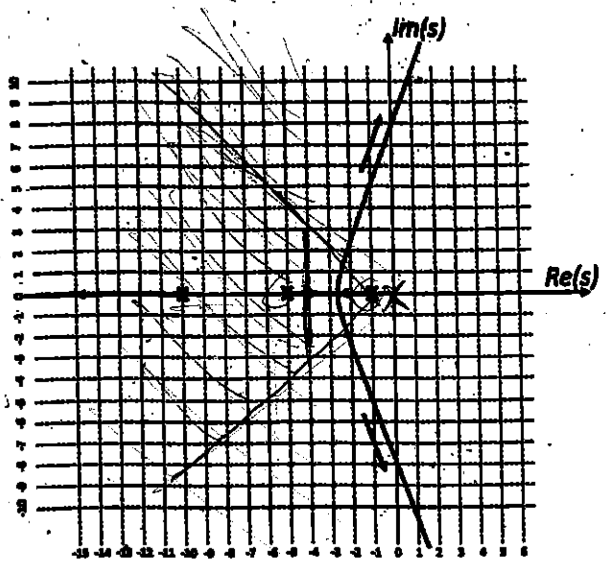
3) Identifika ezazu begizta irekiko transf.-funtzioa.

$\boxed{\text{BODE}} \rightarrow G_{BA}(s)$ lortu

$$G_{BA}(s) = \frac{4\left(\frac{s}{0.9}+1\right)}{s(s+1)\left(\frac{s}{4}+1\right)\left(\frac{s}{7}+1\right)} = \frac{124'4(s+0.9)}{s(s+1)(s+4)(s+7)}$$

Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea	Izena ________	Ikasturtea: 2014/2015 2015/Urtarrila/9
	1. Abizena ________	Iraupena: 2 ordu 15min
	2. Abizena ________	Taldea

1.1 Irudiko Erroen Toki Geometrikoa irabazpen estatiko unitarioa duen planta bati dagokio.



1.1 Irudia- Plantaren Erroen Toki Geometrikoa

1. Kontrolatu beharreko plantaren transferentzi funtzioa kalkula ezazu.

2. Maila aurrean errore nulua, egonkortze-denbora segundo bat baino txikiagoa (%2 irizpidea) eta gaindipen maximoa %4.3 izango direla ziurtatzen duen kontrolagailurik sinpleena, zein den adierazi ezazu, kalkulu zehatzik egin gabe. Justifika ezazu zure erantzuna Erroen Kokapen Geometrikoa erabiliz.

3. Aurreko atalean adierazitako eskakizunak betetzen dituen kontrolagailuaren parametroak kalkula itzazu.

a)

$$G(s)=\frac{50}{(s+10)(s+5)(s+1)}$$

b)

PI kontrolagailu batek ez du betetzen, hortaz, PID:

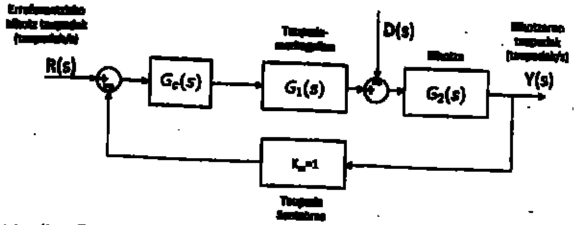
$G_c(s)=K_c\left(1+\frac{1}{8}s+\frac{1}{1.2s}\right)$, non $K_c \in (3,6)$.

$$Q(s)\left[s^2+2.5s+400\right]=T(s)\left[56.25s+1\ldots\right.$$

5.

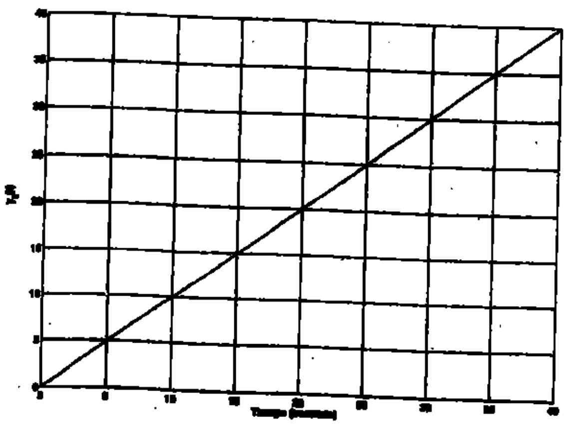
Izena	Ikasturtea: 2014/2015
	2015/Urtarrila/9
1. Abizena	Iraupena: 2 ordu 15min
2. Abizena	Taldea

Taupada-markagailu elektronikoek bihotzaren odol-ponpaketa erregulatzen dute. 2.1 Irudiak taupada-markagailuaren eta bihotzaren dinamika hurbilduan oinarritutako kontrol sistema bat adierazten du.

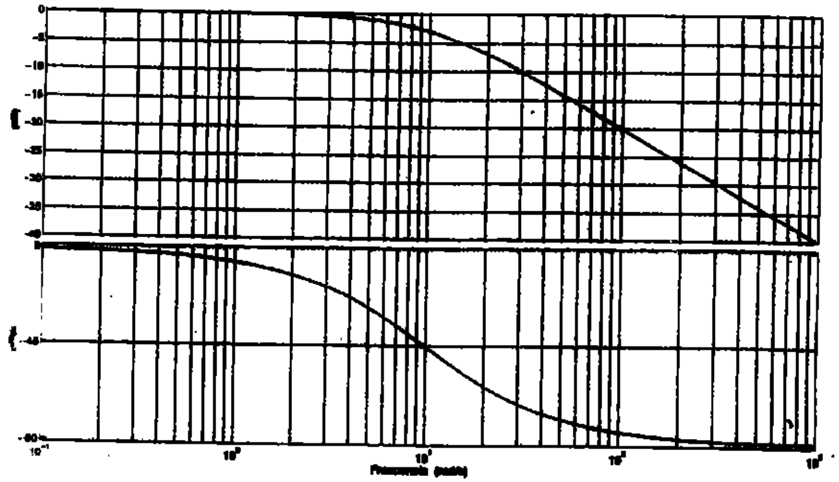


2.1 Irudia – Taupada-markagailuaren bidezko bihotz taupaden kontrol sistema

$G_2(s)$ bihotzaren erantzuna maila sarrera unitarioaren aurrean (2.2. Irudia) ezaguna da, baita $G_1(s)$ taupada-markagailuaren Bode diagrama ere (2.3. Irudia).



2.2 Irudia- $G_2(s)$ sistemaren erantzuna maila unitarioari.



2.3 Irudia - $G_1(s)$ sistemaren Bode diagrama

1. $G_1(s)$ eta $G_2(s)$ transferentzi funtzioak kalkula itzazu.
2. Diseina ezazu ondorengo eskakizunak betetzen dituen $G_c(s)$ kontrolagailurik sinpleena, aukeraketa justifikatuz:
   - Sistema berrelikatuaren gaindipen maximoa %10-a baino txikiagoa erreferentzia aldaketen aurrean.
   - Erreferentzia maila sarrera denean egonkortze denbora 6s baino txikiagoa (%5-ko irizpidea).
   - %20ko errore maximoa perturbazioa maila sarrera denean.
3. Aurreko ataleko baldintzak mantenduz (gaindipena eta errorea), begiztа itxiko sistemaren egonkortze denbora txikitu nahi da, gehienez 0.25 segundo izanez. Justifika ezazu ea aurreko atalean diseinatutako kontrolagailuak baldintza berri hauek betetzeko gai den edo ez. Ezin bada, aurreko eta atal honetako eskakizunak beteko dituen kontrolagailu berri bat diseina ezazu.

1)

$$G_1(s) = \frac{10}{s+10}$$

$$G_2(s) = \frac{1}{s}$$

2)

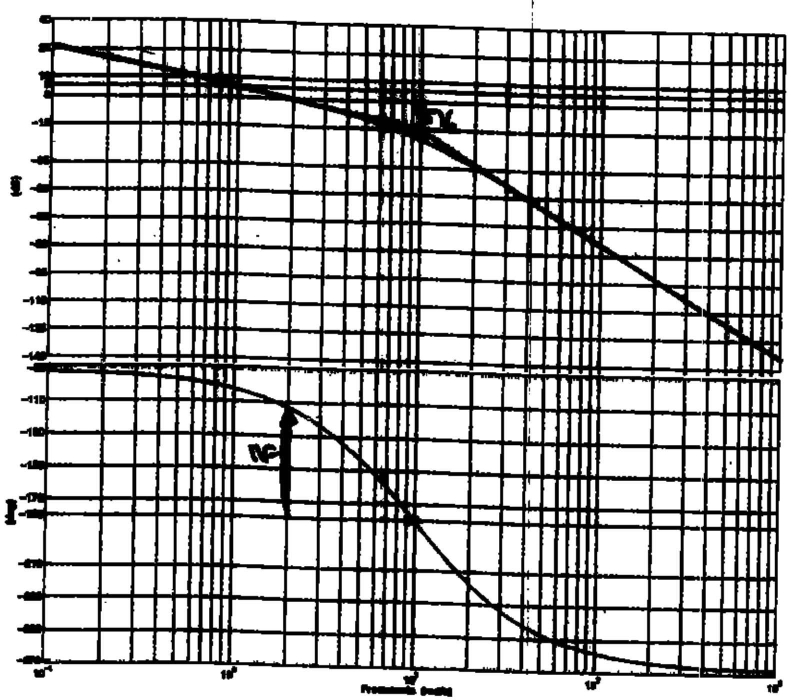
$G_c(s) = K_c$, non $K_c \in (5{,}7.18)$

3)

$G_c(s) = K_c(1 + T_d s)$, non $K_c > 12$ eta $T_d = 0.1$

Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea	Izena ______	Ikasturtea: 2014/2015 2015/Urtarrila/9
	1. Abizena ______	Iraupena: 2 ordu 15min
	2. Abizena ______	Taldea

3.1 Irudian begizta irekiko sistema baten maiztasun-erantzuna adierazten da.



3.1 Irudia – Begizta irekiko sistemaren Bode Diagrama

1. Polo guztiak errealak direla eta ezker plano-erdian daudela jakinik, identifika ezazu dagokion transferentzi funtzioa.

2. Planta hau aintzat hartuz, sistema berrelikatu egiten da 1 irabazpena duen sentsore batekin. Zein izango da egoera iraunkorrean sistema berrelikatuak aurkeztuko duen errorea 2 maldako arrapala baten aurrean?

3. Azter ezazu sistema berrelikatuaren egonkortasun erlatiboa.

4. Noraino handitu daiteke begizta irekiko sistemaren irabazpena sistema ezegonkortu aurretik?

[redacted]

1)

$$G(s) = \frac{199.5}{s(s+10)^2}$$

2)

$$e_{ssv} \approx 1$$

3)

Bode diagraman oinarrituta MG eta MF kalkula ditzakegu, gutxi gora behera, MG=15dB eta MF=70º. Biak positiboak direnez, sistema egonkorra da 1 irabazpena duan sentsorearekin berrelikatzean,

4)

$$K_{cmax} = 5.62$$

2015/urtarrila/ 9

(1) Ariketa

(3) ETG-ko irudi bat . Irabazpen unitarioa !!

1) Kontrolatu beharreko plantaren transf.-funtzioa kalkulatu.

$$K_v = \lim_{s \to 0} GH = 1$$

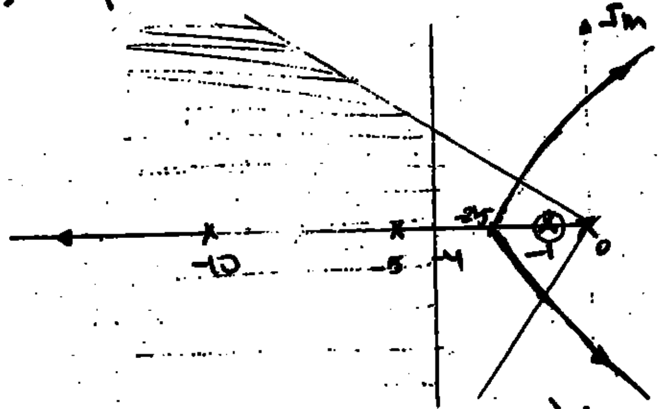
$$K_v = \frac{K}{1 \cdot 5 \cdot 10} = 1 \longrightarrow \underline{K = 50}$$

$$\boxed{G(s) = \frac{50}{(s+1)(s+5)(s+10)}}$$

✓

- Si queremos evitar error → PI
- Si queremos evitar la oscilación → PD

2) $e_{ssp} = 0$. $t_s(\%2) \leq 1s$. $M_p \leq \%4.3$ → kontrolagailurik sinpleena.



- $t_s(\%2) \leq 1s \rightarrow \zeta\omega_n \geq 4$

▪ R

- $M_p \leq \% 4.3 \rightarrow \zeta \geq 0.707$

$\downarrow$

$\theta \leq 45°$

- $e_{ssp} = 0$ izan behar da → ~~K~~

- <u>PI kontrolagailua</u>

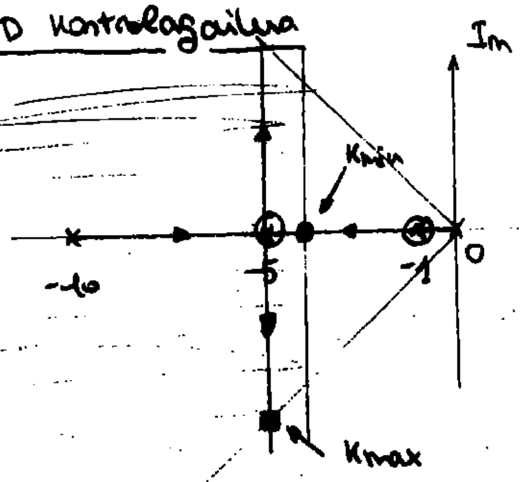
$$G_c(s) = \frac{K_c(s+T_i)}{s} \quad \text{non} \quad T_i = 1$$

- $\sigma = \frac{\Sigma z - \Sigma p}{n-m} = \frac{1-10-5-1-0}{4-1} = -5$

- $\theta_{\mu} = \frac{(2k+1)\pi}{n-m}$,

- ETG-ari illusiz, ez dago gure espezifikazioen barnean.

• PID kontrolagailua



• $M_p \leq \%4'3 \rightarrow \delta \geq 0.707 \rightarrow \theta \leq 45°$

• $t_s(\%2) \leq 1s \rightarrow \delta w_n \geq 4$

$$G_{PID}(s) = \frac{K_c\left(\frac{1}{T_i}+s\right)(1+T_d s)}{s}$$

$$G(s)H(s) = \frac{K\cancel{(s+1)}\cancel{(s+5)}}{s(s+10)\cancel{(s+5)}\cancel{(s+1)}} = \frac{K}{s(s+10)} \quad K=(K_c \cdot T_d)\cdot 50$$

$$1+GH=0 \rightarrow s^2+10s+K=0$$

$$s^2+2\delta w_n s + w_n^2 = 0$$

$$\left.\begin{array}{l}10 = 2\delta w_n \\ K = w_n^2\end{array}\right\} \xrightarrow{K_{min}} \left\{\begin{array}{l}\delta = 1 \\ w_n = 5 \\ K = 25 \rightarrow K_c = \frac{25\cdot 6}{50} = 3\end{array}\right.$$

$\downarrow K_{max}$

$$\left\{\begin{array}{l}\delta = 0.707 \\ w_n = 7.07 \\ K = 50 \rightarrow K_c = \frac{50\cdot 6}{50} = 6\end{array}\right.$$

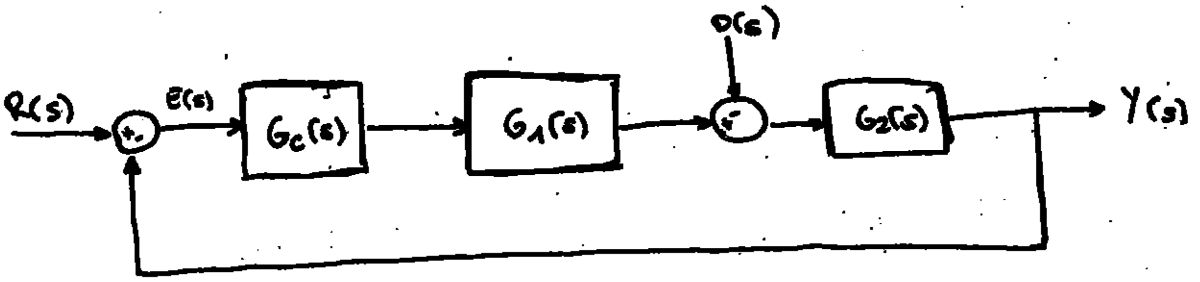
$$\Rightarrow \underline{K_c \in (3,6)}$$

$$\rightarrow K_c\left(1+\frac{1}{T_i s}+T_d s\right) \Rightarrow K_c\cdot T_d \frac{s^2+\frac{1}{T_d}s+\frac{1}{T_i T_d}}{s} = \frac{K}{50}\,\frac{\overbrace{(s+1)(s+5)}^{s^2+6s+5}}{s}$$

$$\left\{\begin{array}{l}K_c\cdot T_d = \frac{K}{50} \\ \frac{1}{T_d} = 6 \\ \frac{1}{T_i T_d} = 5\end{array}\right. \rightarrow \left\{\begin{array}{l}T_d = \frac{1}{6} \\ T_i = \frac{6}{5} \\ K_c = \frac{6}{50}\end{array}\right.$$

$$\Rightarrow \boxed{G_{PID}(s) = K_c\left(1+\frac{1}{1.2s}+\frac{1}{6}s\right)}$$

② Ariketa



(*) $G_2(s)$ -en erantzuna maila zanero unitario.

(*) $G_1(s)$ -en BODE Diagrama.

1) $G_1(s)$ eta $G_2(s)$ transferentzi funtzioak kalkula itzazu.

• BODE

$0 = 20\log K \rightarrow \underline{K=1}$

$$G_1(s) = \frac{1}{(0.1s+1)} = \frac{10}{(s+10)}$$

•

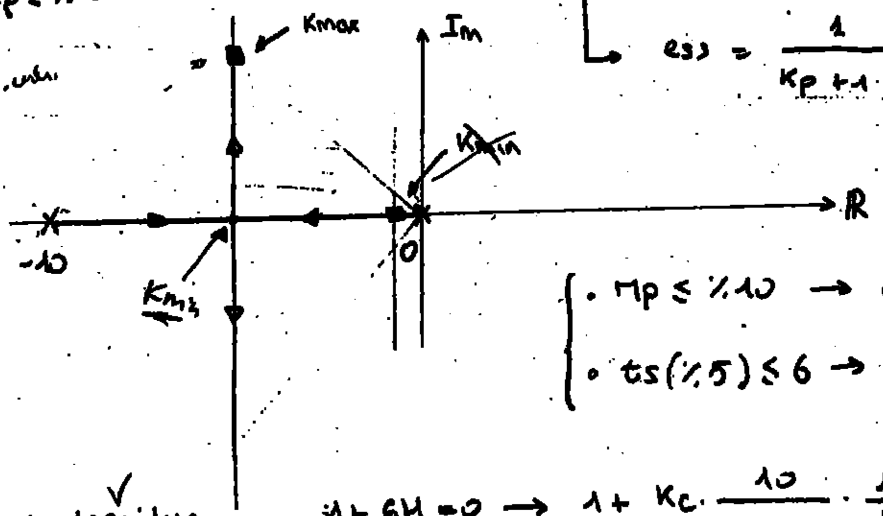
$y_2(t) = t$

$$Y_2(s) = \frac{1}{s^2} = G_2(s)\cdot\frac{1}{s} \longrightarrow \underline{G_2(s) = \frac{1}{s}}$$

2) $M_p \leq \%10$. $t_s(\%5) \leq 6\,s$. $e_{ss_m} \leq \%20$

Aplikatu 2. ordena

$$e_{ss} = \frac{1}{K_p+1} = 0.2 \rightarrow \underline{K_p = 4}$$



• $M_p \leq \%10 \rightarrow \delta \geq 0.591 \rightarrow \theta \leq 53'76°$

• $t_s(\%5) \leq 6 \rightarrow \delta\omega_n \geq 0.5$

→ P kontrolagailua

$G_c(s) = K_c$

$$1 + GH = 0 \longrightarrow 1 + K_c\cdot\frac{10}{s+10}\cdot\frac{1}{s} = s^2 + 10s + 10K_c = 0 \quad (K_c > 0)$$

$$\bullet\ E(s) = \frac{R(s)}{1+G_cG_1G_2} - \frac{G_2\cdot D(s)}{1+G_cG_1G_2} = \frac{s(s+10)}{s^2+10s+10K_c}R(s) - \frac{s+10}{s^2+10s+10K_c}D(s)$$

$1/s$ $1/s$

$$e_{ss} = \lim_{s\to 0} s\cdot E(s) = \left|0 - \frac{10}{10K_c}\right| \leq 0.2 \rightarrow \underline{K_c \geq 5}$$

??

$\rightarrow \quad s^2 + 10s + (10+K_c) = s^2 + 2\delta w_n s + w_n^2$

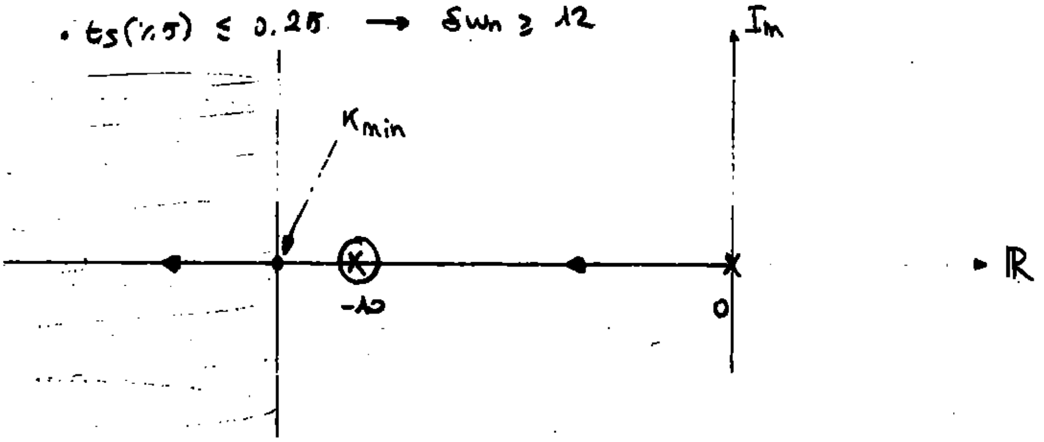
$$\begin{cases} 10 = 2\delta w_n \\ 10+K_c = w_n^2 \end{cases} \xrightarrow{K_{max}} \begin{cases} \delta = 0.591 \\ w_n = 8.46 \text{ rad/s} \\ K_c = 7.16 \end{cases}$$

$\downarrow K_m$

$$\begin{cases} \delta = 1 \\ w_n = 5 \\ K = 2.5 \end{cases} \Rightarrow \boxed{K_c \in (5,\ 7.16)}$$

3) $t_s(\%5) \leq 0.25\ s \longrightarrow$ Kontrolagailu ?

• $t_s(\%5) \leq 0.25 \longrightarrow \delta w_n \geq 12$



• P Kontrolagailu erabiltzean ez dagoela gure gunera → **PD erabili:**

$G_c(s) = K_c(1 + Td \cdot s) \longrightarrow$ non $Td = 0.1$

$1 + GH = 1 + K_c(\cancel{1+0.1 s}) \dfrac{1}{(\cancel{0.1s+1})\, s} = s + K_c = 0$

1go ordenakoa dira $\longrightarrow \tau = \dfrac{1}{12}$ eta $\boxed{\tau s + 1 = \dfrac{s}{K_c} + 1}$

$\Rightarrow \boxed{K_c > 12}$

(3.) Ariketa

(a) Begiratu ireudiko BODE DIAGRAMA

1) Trasf- funtzioa?

$$G_{BA}(s) = \frac{2}{s \cdot \left(\frac{s}{10}+1\right)^2} = \frac{200}{s(s+10)^2}$$

2) Berelikatu irabaz. 1 izanda.

Egoera iraunkorrean edukiko duen errorea 2 maldako arrapala baten aurrean?

$$K_V = \lim_{s \to 0} s \cdot GH = 2$$

$$e_{ssv} = \frac{2}{K_V} \longrightarrow \underline{e_{ss_V} = 1}$$

3) Atera esazu sistema berelikatuaren egonkortasuna erlatiboa.

$$\text{Diagramatik lortu} \longrightarrow \left| \begin{array}{l} MG = 15\,dB \\ MF = 70^\circ \end{array} \right. \Rightarrow \underline{EGONKORRA}$$

¿4) Noraino handitu daiteke BA-ren irabazpena sistema ezegonkortu aurretik?

$$1 + GH = 0 \longrightarrow 1 + \frac{200\,K_c}{s(s+10)^2} = 0 \longrightarrow s^3 + 20s^2 + 100s + 200\,K_c = 0$$

$$\downarrow$$

$$K_c > 0$$

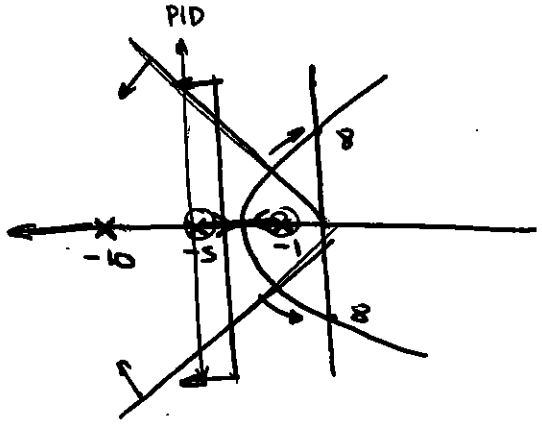
s^3	1	100
s^2	20	$200K_c$
s^1	$100 - 10K_c$	0
s^0	$200K_c$	0

$\longrightarrow K_c < 10$

$$\rightarrow MG = 20\log K_{cr} \longrightarrow 15 = 20 \log K_{cr} \Rightarrow \underline{K_{cr} = 5.62}$$

2015 URT

[redacted] ETG kest unitario duen planta bati dagokio



a) Plantaren trasf funtzio?

b) $\_\!\!\rfloor$ $e_{ss}=0$ kontrolagailu?
$t_s(\%2) < 1s$ ETG esdoili
$M_p < \%4,3$

a) 3 polo $\rightarrow$ $\dfrac{K}{(s+1)(s+5)(s+10)}$ $\rightarrow$ $\boxed{G(s)=\dfrac{50}{(s+1)(s+5)(s+10)}}$

$$K_{est} = 1 = \lim_{s\to 0} \frac{K}{(s+1)(s+5)(s+10)} \Rightarrow \frac{K}{50}=1 \rightarrow K=50$$

b) ① ESKAKIZUNAK

- $M_p < \%4,3 \rightarrow \delta \geq \sqrt{\dfrac{\ln M_p^2}{\ln M_p^2+\pi^2}} \geq 0{,}707 \rightarrow \boxed{\theta \leq 45^\circ}$
- $t_{ss}(\%2) < 1s \rightarrow \dfrac{4}{\delta \cdot w_n} < 1 \rightarrow \boxed{\delta \cdot w_n > 4}$

② KONT AUK

$\_\!\!\rfloor$ $e_{ss}=0$ izateko 1 mota behar $\rightarrow$ PI Ez da betetzen

$\boxed{PID}$ $$G_c(s) = \frac{K_c T_d(s^2 + s/T_d + 1/T_iT_d)}{s}$$

$$G_{BA} = G_c(s)\cdot G(s) = \frac{K_cT_d(s^2 + s\overbrace{/T_d}^{z_1} + \overbrace{1/T_iT_d}^{z_2})\,50}{s\,(s+1)(s+5)(s+10)}$$

$$= \frac{50K_cT_d\,(s+\overset{1}{\overset{\shortparallel}{z_1}})(s+\overset{5}{\overset{\shortparallel}{z_2}})}{s\,\cancel{(s+1)}\cancel{(s+5)}(s+10)} \underset{\substack{z_1=1\\ z_2=5}}{=} \frac{50K_cT_d}{s(s+10)}$$

$$G_{BC}(s) = \frac{G_{BA}(s)}{1+G_{BA}(s)} = \frac{50k_cT_d/s(s+10)}{1+} = \frac{50k_cT_d}{s(s+10)+50k_cT_d}$$

$$\longrightarrow \quad (s+1)(s+5) = s^2+6s+5 = s^2+\frac{s}{T_d}+\frac{1}{T_dT_i} \qquad \begin{cases} 6 = \frac{1}{T_d} \rightarrow \boxed{T_d = 1/6} \\ 5 = \frac{6}{T_i} \rightarrow \boxed{T_i = 6/5} \end{cases}$$

$$G_{BC}(s) = \frac{50/6\, k_c}{s(s+10)+\frac{50}{6}k_c}$$

- $k_{cMAX} \longrightarrow \quad \xi = 0{,}707$

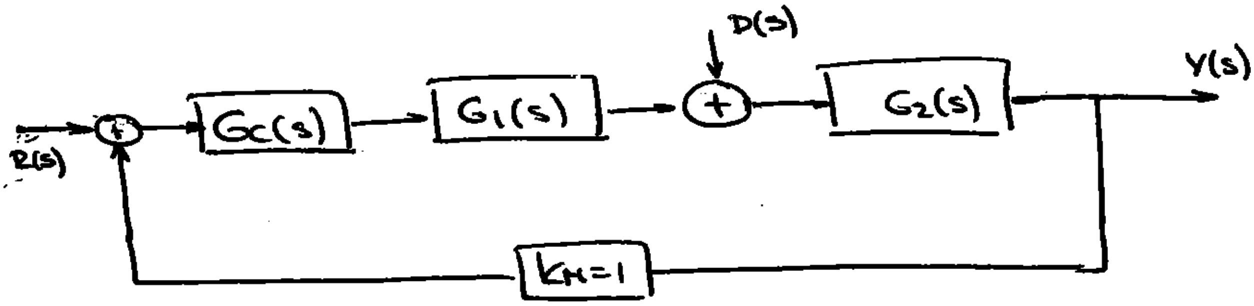
$$G_{BC}(s) = \frac{50/6\, k_c}{s^2+10s+\frac{50}{6}k_c} = \frac{k\omega_n^2}{s^2+2\xi\omega_n s+\omega_n^2} \qquad \begin{cases} 10 = 2\cdot 0{,}707\cdot\omega_n \\ \quad \hookrightarrow \omega_n = 7{,}07 \\ \frac{50}{6}k_c = \omega_n^2 \rightarrow \boxed{k_c = 6} \end{cases}$$

- $k_{cMIN} \longrightarrow \quad \xi = 1$

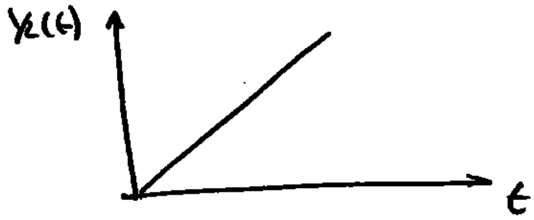
$$\begin{cases} 10 = 2\omega_n \rightarrow \omega_n = 5 \\ \frac{50}{6}k_c = 25 \rightarrow \boxed{k_c = 3} \end{cases}$$

$$G_c(s) = k_c\left(1+T_d\cdot s+\frac{1}{T_is}\right) \qquad \begin{cases} T_d = 1/6 \\ T_i = 6/5 \end{cases} \qquad k_c \in (3,6)$$

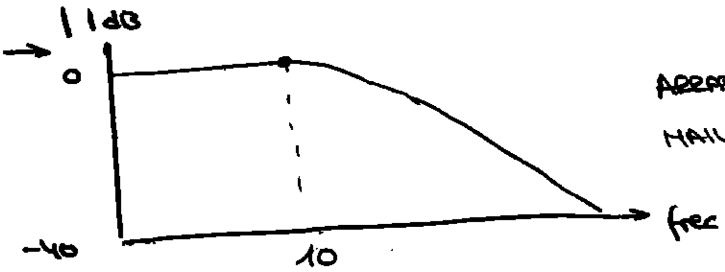
[redacted]



G2(s) → Maila sarrera unitarioa
Erantzuna →



G1(s) →



ARRAPALA IRT $Y(s) = \frac{1}{s^2}$

MAILA UNIT SAR $U(s) = 1/s$

a) G1(s) eta G2(s)?

- Wn Malda .. tot Malda Aldak Polo / Zero

10 -20 dB -20dB → 1 Polo : $\frac{1}{s+10} = \frac{1}{0,1s+1}$

$20 \log K = 0 \rightarrow \boxed{K=1}$

$$\boxed{G_1(s) = \frac{1}{0,1s+1} = \frac{10}{s+10}}$$

$$\boxed{G_p(s) = \frac{10}{s(s+10)}}$$

- $$\boxed{G_2(s) = \frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{1/s^2}{1/s} = \frac{s}{s^2} = \frac{1}{s}}$$

b) $G_c(s)$?

- Sist berelikaloen $M_p \leq \%10$
- $R(s)$ ⎍ denean $t_{ss}(\%5) \leq 6$
- $D(s)$ ⎍ denean $e_{ssd} = \%20$

Bi sarrera
↓
GAINAZARMEN PRINTZ

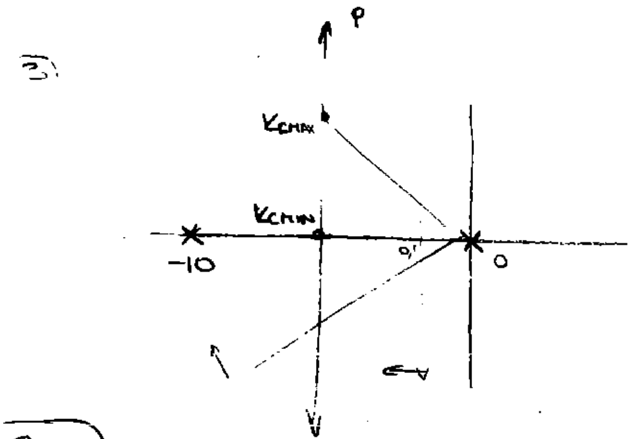
(1)

- $M_p \leq 10 \rightarrow \quad \delta = \sqrt{\frac{\ln 0{,}1^2}{\ln 0{,}1^2 + \pi^2}} = 0{,}6 \rightarrow \boxed{\theta \leq 53{,}17°}$

- $t_{ss}(\%5) \leq 6 \rightarrow \frac{3}{\delta \cdot \omega_n} \leq 6 \rightarrow \boxed{\delta \cdot \omega_n \geq 0{,}5}$

- $e_{sd} \leq \%20 \rightarrow \quad e_{sd} = \frac{1}{1+K_p} \leq 0{,}2 \rightarrow 1 \leq 0{,}2 + 0{,}2K_p \rightarrow \boxed{K_p \geq 4}$

(2) (P) bdekin $\quad G_c = K_c$



$$G_{BA} = \frac{}{s(s+10)}$$

$$G_{BCI}\Big|_{D(s)=0} = \frac{10K_c}{s(s+10) + 10K_c} = \frac{10K_c}{s^2 + 10s + 10K_c}$$

(GBCI)

- **KCMAX** $\rightarrow \quad \delta \cdot \omega_n = 0{,}5 \qquad \delta = 0{,}6$

$$\frac{10K_c}{s^2 + 10s + 10K_c} = \frac{K\omega_n^2}{s^2 + 2\delta\omega_n s + \omega_n^2}$$

$$\begin{cases} 10 = 2 \cdot 0{,}6 \cdot \omega_n \rightarrow \omega_n = 8{,}33 \\ 10K_c = \omega_n^2 \rightarrow \boxed{K_c = 6{,}94} \end{cases}$$

- **KCMIN** $\rightarrow \quad \delta \cdot \omega_n = 0{,}5 \qquad \delta = 1$

$$\begin{cases} 10 = 2 \cdot \omega_n \rightarrow \omega_n = 5 \\ 10K_c = 25 \rightarrow \boxed{K_c = 2{,}5} \end{cases}$$

- $K_p = 4 \rightarrow \quad K_p = \lim_{s \to 0} \frac{10K_c}{s(s+10)} = \infty$

$$K_c \in (2{,}5 \,,\, 6{,}94)$$

$$G_{BC1}(s) = \frac{K_c}{s+K_c} = \frac{1}{\frac{s}{K_c}+1}$$

$$G_{BC2}(s) = \frac{1}{s+K_c}$$

$$G_{BC\,tot}(s) = \frac{K_c}{s+K_c} + \frac{1}{s+K_c} = \frac{K_c+1}{s+K_c} + \frac{\frac{K_c+1}{K_c}}{\underbrace{\frac{s}{K_c}+1}}$$

$$\frac{1}{K_c} = \frac{1}{12} \longrightarrow \boxed{K_c \in (12,\infty)}$$

1 MAILA $E_{ss} = 3\tau < 0'25 \rightarrow \tau < \frac{1}{12}$

$\boxed{G_{BC2}}$

$$G_{BC2}(s)\Big|_{R(s)=0} = \frac{G_2}{1+G_1\cdot G_2\cdot G_c} = \frac{10+s}{s(s+10)+10K_c}$$

$e_{ss} = e_{ssR} + e_{ssD}$

- $e_{ssR} \rightarrow G_{BC2}$: 1mota $\rightarrow \boxed{e_{ssR}=0}$
- $e_{ssD} \rightarrow E(s) = \cancel{R(s)} - Y(s)\cdot H(s) = -G_D(s)\cdot D(s)$

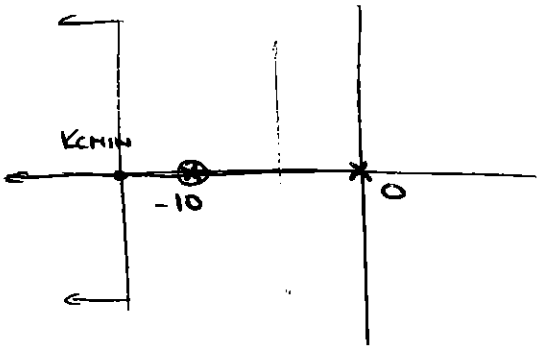
$$\left.\begin{array}{l} G_D(s) = \dfrac{1/s}{1+\frac{G_1G_c}{s}} = \dots \dfrac{s+10}{s^2+10s+10K_c} \\ D(s) = \dfrac{1}{s} \end{array}\right\} E(s) = \frac{-(s+10)}{s(s^2+10s+10K_c)}$$

$$\boxed{e_{ss\,D} = \lim_{s\to 0} \cancel{s}\cdot\frac{-(s+10)}{\cancel{s}(s^2+10s+10K_c)} = \frac{-10}{10K_c} = -\frac{1}{K_c}}$$

$e_{ss} = -\frac{1}{K_c} = \%20 \rightarrow \boxed{K_c = 5}$

$$\boxed{K_c \in (5',\ 6{,}94)}$$

c) $t_{ss} \leq 0{,}25s \rightarrow \frac{3}{\xi\cdot\omega_n} \leq 0{,}25 \rightarrow \xi\cdot\omega_n \geq 12$



Ez du balio, PD

$G_c(s) = K_c\cdot T_d\,(s + \underbrace{1/T_d}_{z_d}) \rightarrow z_d = 10$
$T_d = 0{,}1$

$G_c(s) = 0{,}1K_c\,(s+10)$

$$G_{BA}(s) = \frac{0{,}1K_c\,\cancel{(s+10)}\cdot 10}{s\,\cancel{(s+10)}} = \frac{K_c}{s}$$

Empieza $-90 \rightarrow$ Jalomi POLO

[redacted]

a)

Wn	Mald tot	Malda aldak	Polo /zero
0	$-20\,dB$	$-20\,dB$	$\frac{1}{s}$
10	$-60\,dB$	$-40\,dB$	$\frac{1}{(s+10)^2}$

$$20\log K = 6 \rightarrow K = 10^{\frac{6}{20}} = 1{,}995$$

$$\frac{1{,}995}{(s+10)^2 s} = \frac{1{,}995}{\frac{1}{100}(s+1)^2 s} \rightarrow \boxed{\frac{199{,}5}{s(s+10)^2}}$$

Para sacar el verdadero valor de K → PONER EN $\frac{s}{z}s+1$

b) essv ? 2 Maldako arrapala baten aurrean?

$$e_{ssv} = \frac{2}{K_v} \qquad K_v = \lim_{s\to 0} s \cdot G_{BA}(s) = \cancel{s}\frac{199{,}5}{\cancel{s}(s+10)^2} = \frac{199{,}5}{100} = 1{,}995$$

$$\boxed{e_{ssv} = \frac{2}{1{,}995} \approx 1}$$

c)

$MG = 0-(-15) = 15$

EGONKOR

$MF = -110-(-180) = 70$

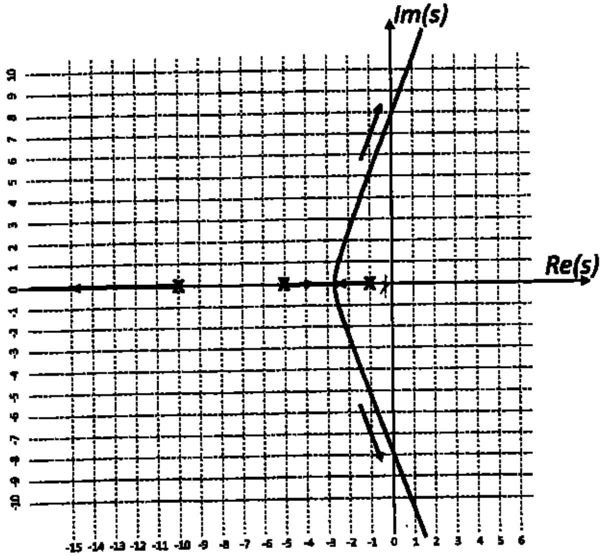
d) Noraino handitu daiteke K? sist ezegonkortzeko.

MG → 15 dB/h mugitu daiteke.

$$20\log K = 15 \rightarrow \boxed{K = 10^{\frac{15}{20}} = 5'62}$$

Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea	Izena ______ 1. Abizena ______ 2. Abizena ______	Ikasturtea: 2014/2015 [redacted] Iraupena: 2 ordu 15min Taldea

1.1 Irudiko Erroen Toki Geometrikoa irabazpen estatiko unitarioa duen planta bati dagokio.



1.1 Irudia- Plantaren Erroen Toki Geometrikoa

1. Kontrolatu beharreko plantaren transferentzi funtzioa kalkula ezazu.
2. Malla aurrean errore nulua, egonkortze-denbora segundo bat baino txikiagoa (%2 irizpidea) eta gaindipen maximoa %4.3 izango direla ziurtatzen duen kontrolagailurik sinpleena zein den adierazi ezazu, **kalkulu zehatzik egin gabe**. Justifika ezazu zure erantzuna Erroen Kokapen Geometrikoa erabiliz.
3. Aurreko atalean adierazitako eskakizunak betetzen dituen kontrolagailuaren parametroak kalkula itzazu.

a)

$$G(s) = \frac{50}{(s+\cancel{10})(s+5)(s+1)}$$

$K = 4$

$K \cdot W_n^2$

s^3

b)

PI kontrolagailu batek ez du betetzen, hortaz, PID:

$G_c(s) = K_c\left(1 + \frac{1}{6}s + \frac{1}{1.2s}\right)$, non $K_c \in (3,6)$

$G(s) = \frac{\cancel{50}}{50(s+1)}$

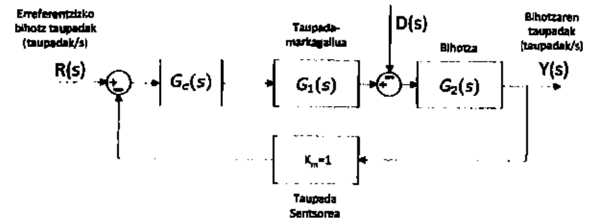
$K = \lim$

$\lim$

5.

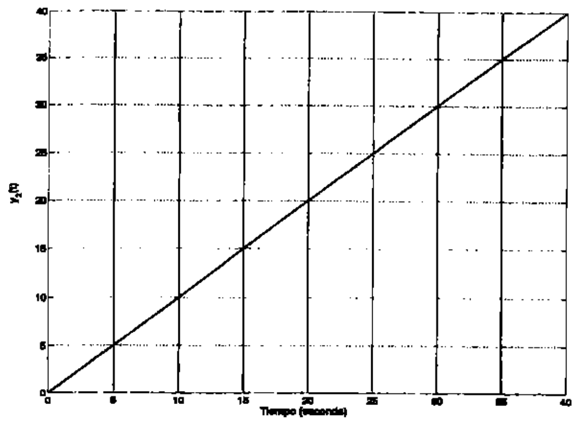
Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea	Izena ____	Ikasturtea: 2014/2015
		2015/Urtarrila/9
	1. Abizena ____	Iraupena: 2 ordu 15min
	2. Abizena ____	Taldea

Taupada-markagailu elektronikoek bihotzaren odol-ponpaketa erregulatzen dute. 2.1 Irudiak taupada-markagailuaren eta bihotzaren dinamika hurbilduan oinarritutako kontrol sistema bat adierazten du.

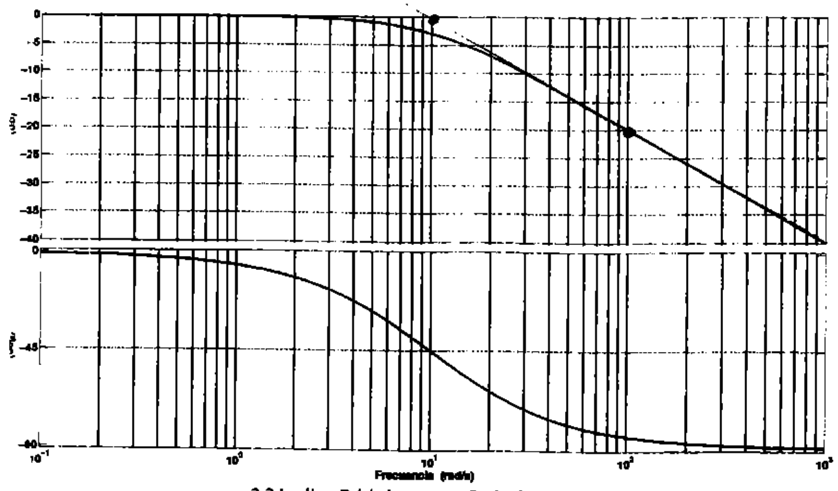


2.1 Irudia – Taupada-markagailuaren bidezko bihotz taupaden kontrol sistema

$G_2(s)$ bihotzaren erantzuna maila sarrera unitarioaren aurrean (2.2. Irudia) ezaguna da, baita $G_1(s)$ taupada markagailuaren Bode diagrama ere (2.3. Irudia).



2.2 Irudia- $G_2(s)$ sistemaren erantzuna maila unitarioari.



2.3 Irudia - $G_1(s)$ sistemaren Bode diagrama

1. $G_1(s)$ eta $G_2(s)$ transferentzi funtzioak kalkula itzazu.
2. Diseina ezazu ondorengo eskakizunak betetzen dituen $G_c(s)$ kontrolagailurik sinpleena, aukeraketa justifikatuz:
   - Sistema berrelikatuaren gaindipen maximoa %10-a baino txikiagoa erreferentzia aldaketen aurrean.
   - Erreferentzia maila sarrera denean egonkortze denbora 6s baino txikiagoa (%5-ko irizpidea).
   - %20ko errore maximoa perturbazioa maila sarrera denean.
3. Aurreko ataleko baldintzak mantenduz (gaindipena eta errorea), begizta itxiko sistemaren egonkortze denbora txikitu nahi da, gehienez 0.25 segundo izanez. Justifika ezazu ea aurreko atalean diseinatutako kontrolagailuak baldintza berri hauek betetzeko gai den edo ez. Ezin bada, aurreko eta atal honetako eskakizunak beteko dituen kontrolagailu berri bat diseina ezazu.

[redacted]

1)

$$G_1(s) = \frac{10}{s+10}$$

$$G_2(s) = \frac{1}{s}$$

2)

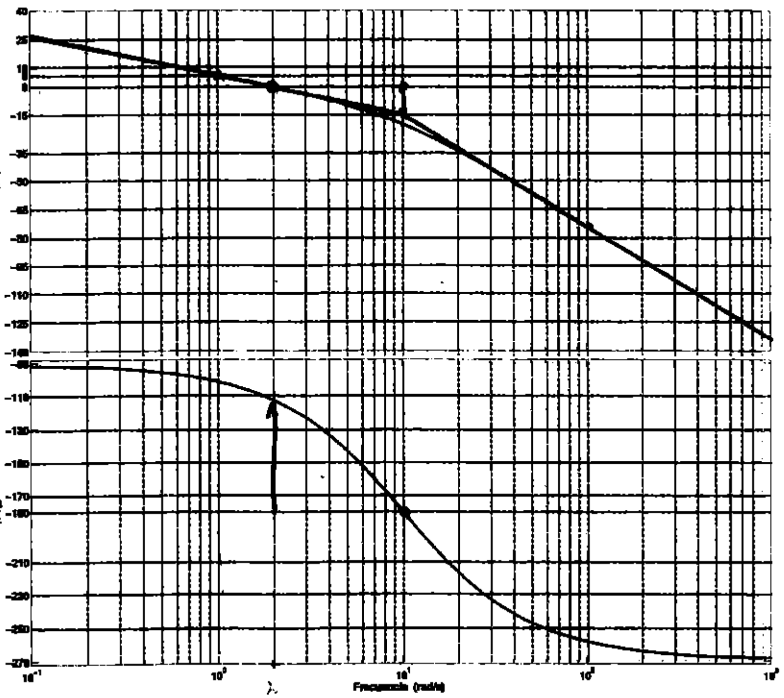
$G_c(s) = K_c$, non $K_c \in (5{,}7.18)$

3)

$G_c(s) = K_c(1 + T_d s)$, non $K_c > 12$ eta $T_d = 0.1$

Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea	Izena	Ikasturtea: 2014/2015
		2015/Urtarrila/9
	1. Abizena	Iraupena: 2 ordu 15min
	2. Abizena	Taldea

3.1 Irudian begizta irekiko sistema baten maiztasun-erantzuna adierazten da.



3.1 Irudia – Begizta irekiko sistemaren Bode Diagrama

1. Polo guztiak errealak direla eta ezker plano-erdian daudela jakinik, identifika ezazu dagokion transferentzi funtzioa.

2. Planta hau aintzat hartuz, sistema berrelikatu egiten da 1 irabazpena duen sentsore batekin. Zein izango da egoera iraunkorrean sistema berrelikatuak aurkeztuko duen errorea 2 maldako arrapala baten aurrean?

3. Azter ezazu sistema berrelikatuaren egonkortasun erlatiboa.

4. Noraino handitu daiteke begizta irekiko sistemaren irabazpena sistema ezegonkortu aurretik?

[redacted]

1)

$$G(s) = \frac{199.5}{s(s+10)^2}$$

2)

$$e_{ssv} \approx 1$$

3)

Bode diagraman oinarrituta MG eta MF kalkula ditzakegu, gutxi gora behera, MG=15dB eta MF=70º. Biak positiboak direnez, sistema egonkorra da 1 irabazpena duen sentsorearekin berrelikatzean,

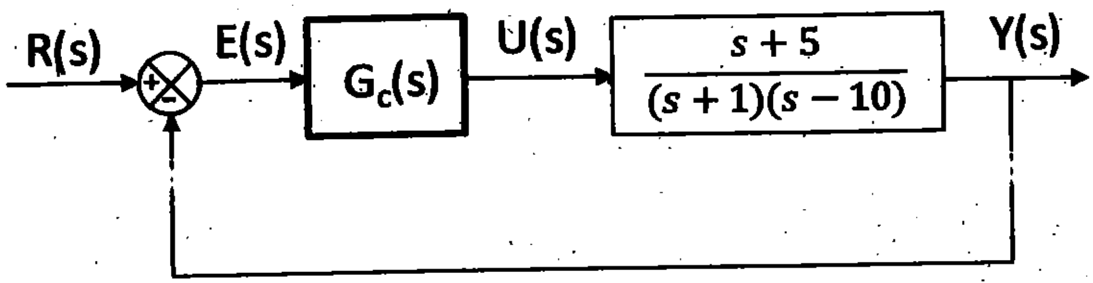
4)

$$K_{cmax} = 5.62$$

Universidad del país vasco / Euskal herriko unibertsitatea	[redacted]	Ikasturtea: 2015/2016 2016/01/18
	Izena ______	Iraupena: 2 ordu 30 min
	1. Abizena ______	
	2. Abizena ______	Taldea

[redacted]

Sistema berrelikatu honetan (1.1 Irudia):



1.1 Irudia- Sistema berrelikatua

1. Marraztu sistema berrelikatuaren Erroen Tokia eta justifikatu K_c-ren zein balio-tartetan den sistema egonkorra.

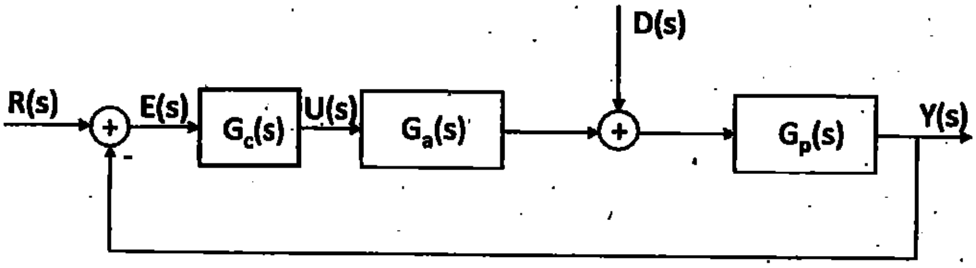
2. Diseinatu kontrolagailu ahalik eta errazena, espaloi erreferentzia-sarrerari erantzutean egonkortze-denbora (%2ko irizpidea) 1,6 segundo edo txikiagoa dela bermatuko duena.

3. Gainera, gaindiketa %15koa izatea nahi da, gehienez. Frogatu, aurreko atalean diseinatutako kontrolagailua erabilita, aldi berean eskakizun hau ere beteko litzatekeen. Ezekoan, diseinatu eskakizun biak beteko lituzkeen kontrolagailurik errazena.

Universidad del país vasco / Euskal herriko unibertsitatea	[redacted]	Ikasturtea: 2015/2016 2016/01/18
	Izena ______________	Iraupena: 2 ordu 30 min
	1. Abizena ______________	
	2. Abizena ______________	Taldea

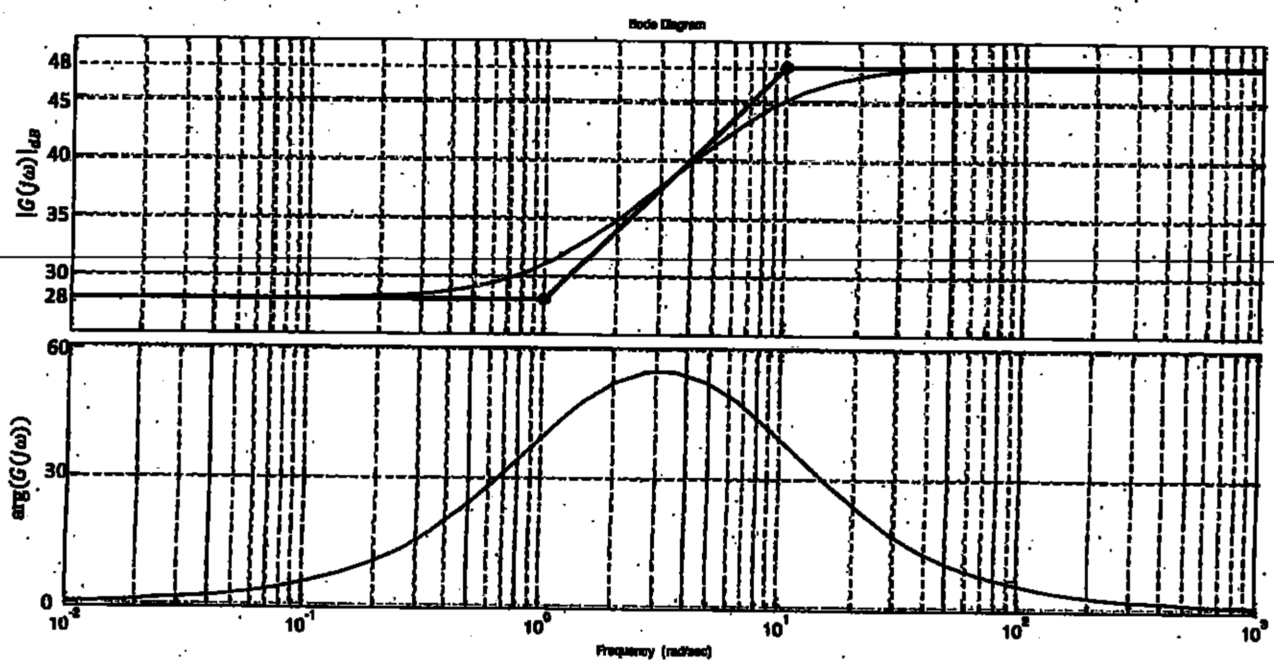
[redacted]

Sistema berrelikatu honetan (2.1 irudia), osagaiak kontrolagailua $G_c(s)$, eragingailua $G_a(s)$ eta planta $G_p(s)$ dira.



2.1 Irudia: Sistema berrelikatuaren bloke-diagrama

2.2 Irudian kontrolagailu-eragingailu multzoaren ($G_c(s)G_a(s)$) maiztasun-erantzuna ikus daiteke, Bode diagramaren bidez adierazia

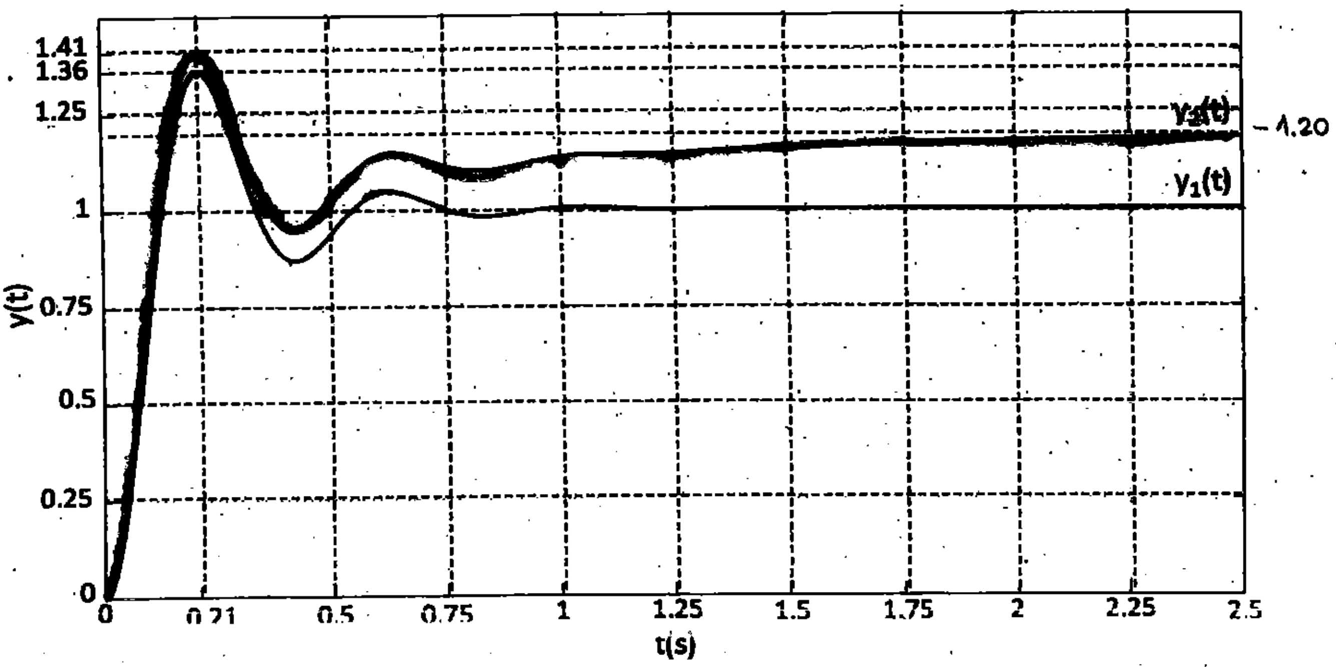


2.2 Irudia: Kontrolagailu-eragingailu multzoaren Bode diagrama

Begizta itxiko sistemaren espaloi-erantzuna, zerorik gabeko bigarren ordenako sistemaren berdina da. 2.3 Irudian, grafiko berean bi erantzun gainezarri dira, $y_1(t)$ *eta* $y_2(t)$:

$y_1(t)$: $r(t)$ erreferentzia espaloi unitarioa denean

$y_2(t)$: $r(t)$ espaloi unitarioa eta $d(t)$ 5 anplitudeko espaloia direnean



2.3 Irudia: Sistema berrelikatuaren erantzunak: $y_1(t)$ ($r(t)$ espaloi unitarioa denean) eta $y_2(t)$ ($r(t)$ espaloi unitarioa eta $d(t)$ 5 anplitudeko espaloia direnean)

Jakina da eragingailuaren eredua lehenengo ordenakoa dela eta irabazpena 5. .

1. Justifikatu zein motako sistema berrelikatua den, grafikoetatik ateratako informazioan oinarrituta soilik, transferentzi funtzioak kalkulatu barik.

2. Lortu kontrolagailuaren eragingailuaren eta plantaren transferentzi funtzioak. Azaldu ondo zein izan den jarraitu duzun prozedura eta justifikatu zein kontrolagailu mota identifikatu duzun.

3. Kalkulatu sistema berrelikatuaren errore koefiziente estatikoak K_p, K_v eta K_a.

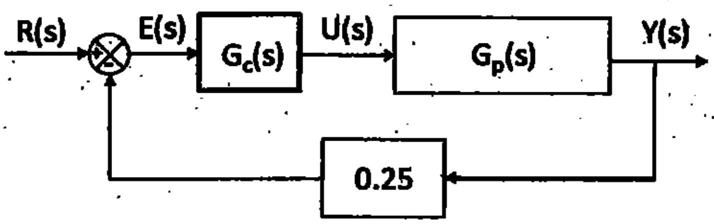
4. Kalkulatu iraunkorreko errorearen balioa $r(t)$ 10 anplitudeko espaloia denean eta $d(t)$ perturbazioak -0.1 balio konstantea duenean.

Universidad del país vasco / Euskal herriko unibertsitatea	[redacted]	Ikasturtea: 2015/2016 2016/01/18
	Izena ______________	Iraupena: 2 ordu 30 min
	1. Abizena ______________	
	2. Abizena ______________	Taldea

[redacted]

3.1 Irudiko sistema berrelikatuari buruzko zenbait informazio ezagutzen dugu. Konkretuki:

- $G_p(s)$ plantaren Bode diagramak, erreala eta asintotikoa (3.2 Irudia).
- Sistema berrelikatuaren Erroen Tokia (3.3 Irudia).
- Begizta irekiko transferentzi funtzioaren Bode diagrama, erreala eta asintotikoa (3.4 Irudia).
- Begizta itxiko transferentzi funtzioaren Bode diagrama, erreala eta asintotikoa (3.5 Irudia).
- Begizta itxiko sistemaren espaloi unitario erantzuna (3.6 Irudia).

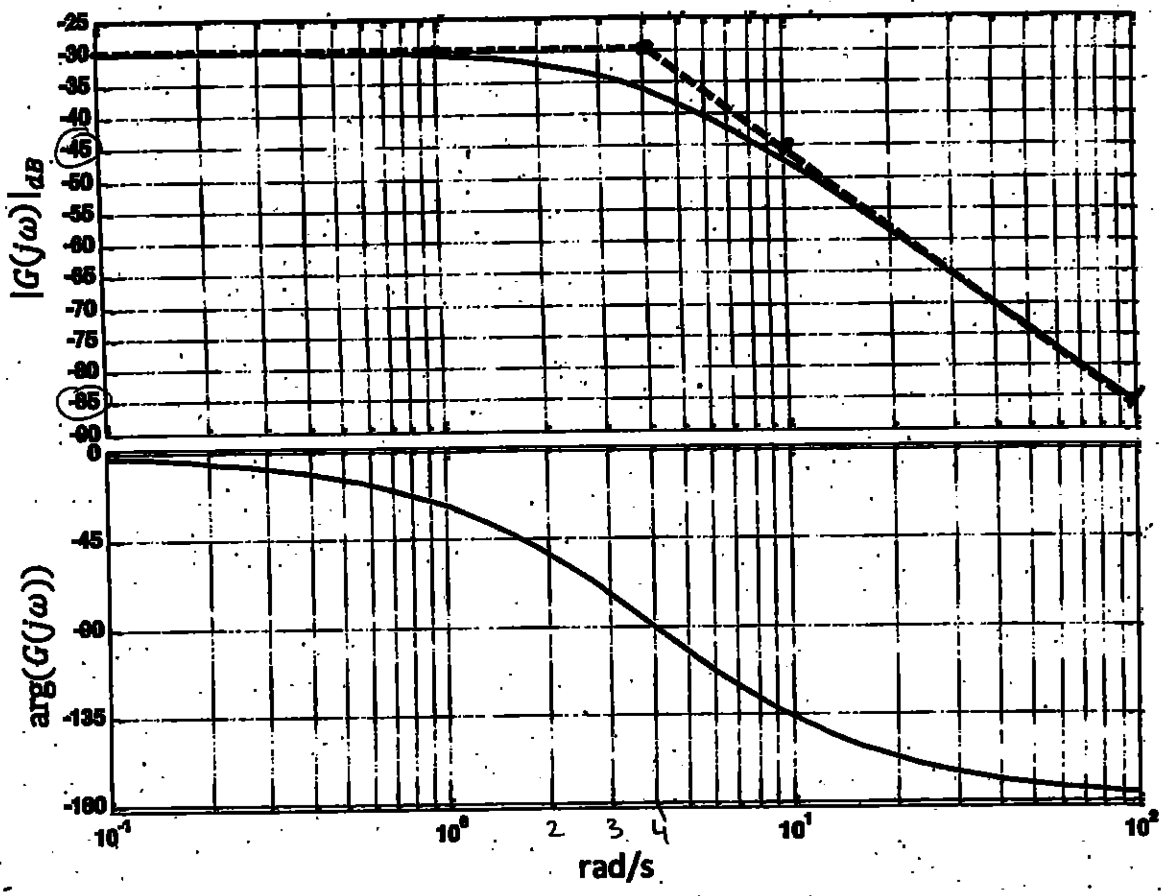


3.1 Irudia. Kontrol-sistema berrelikatua

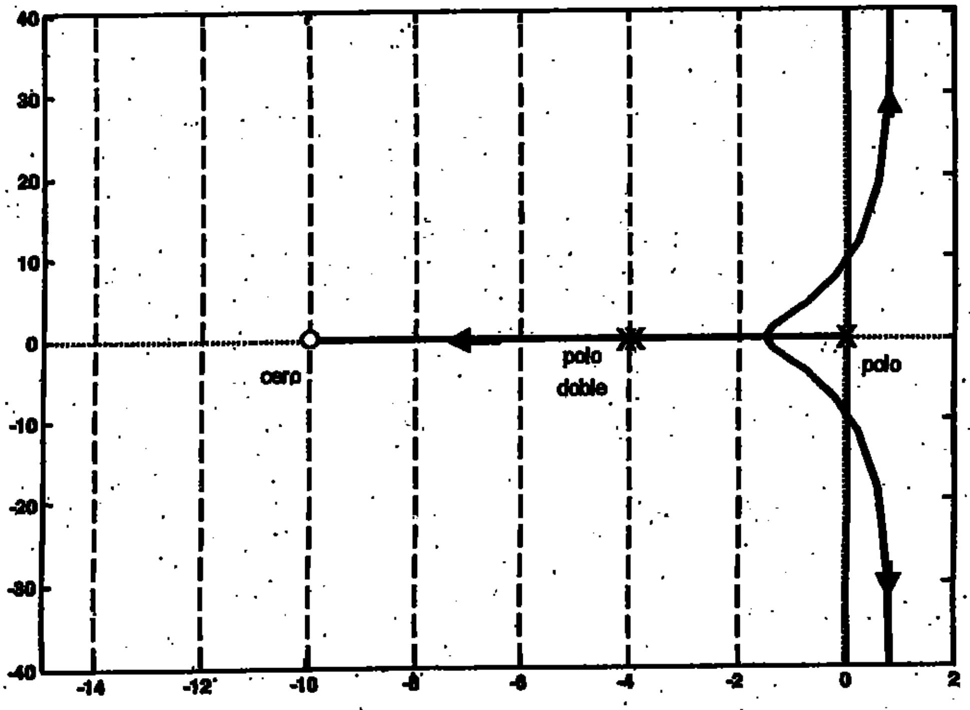
Eskatzen dena:

1. Identifikatu $G_p(s)$, plantaren transferentzi funtzioa, eta azaldu zelan lortu duzun.
2. Identifikatu $G_c(s)$, kontrolagailuaren transferentzi funtzioa, eta azaldu zelan lortu duzun.
3. Aztertu grafikoki sistema berrelikatuaren egonkortasuna, irabazpenaren eta fasearen tarteen (MG eta MF) bidez adieraziz. Sistema egonkorra bada, noraino handi daiteke irabazpena sistema ezegonkortu barik? Sistema ezegonkorra bada, zelan egonkor daiteke?

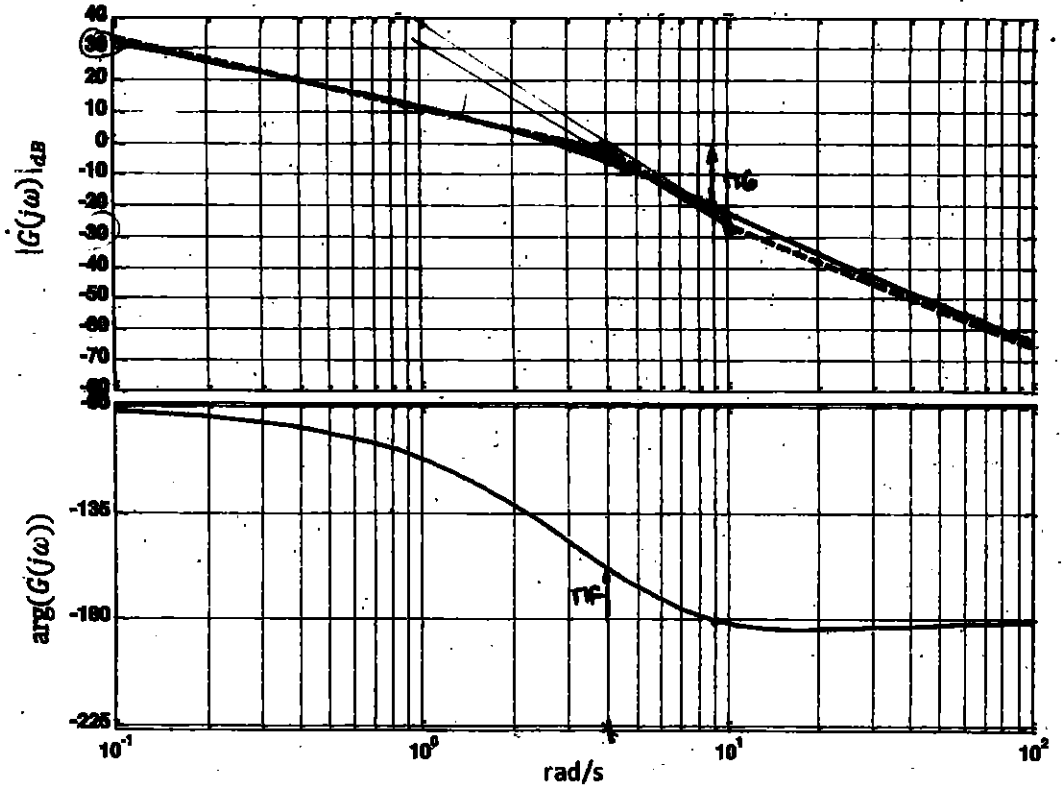
OHARRA: Atal bakoitzean, zein grafiko erabiltzen den eta informazioa zelan lortzen den ondo azaldu behar da.



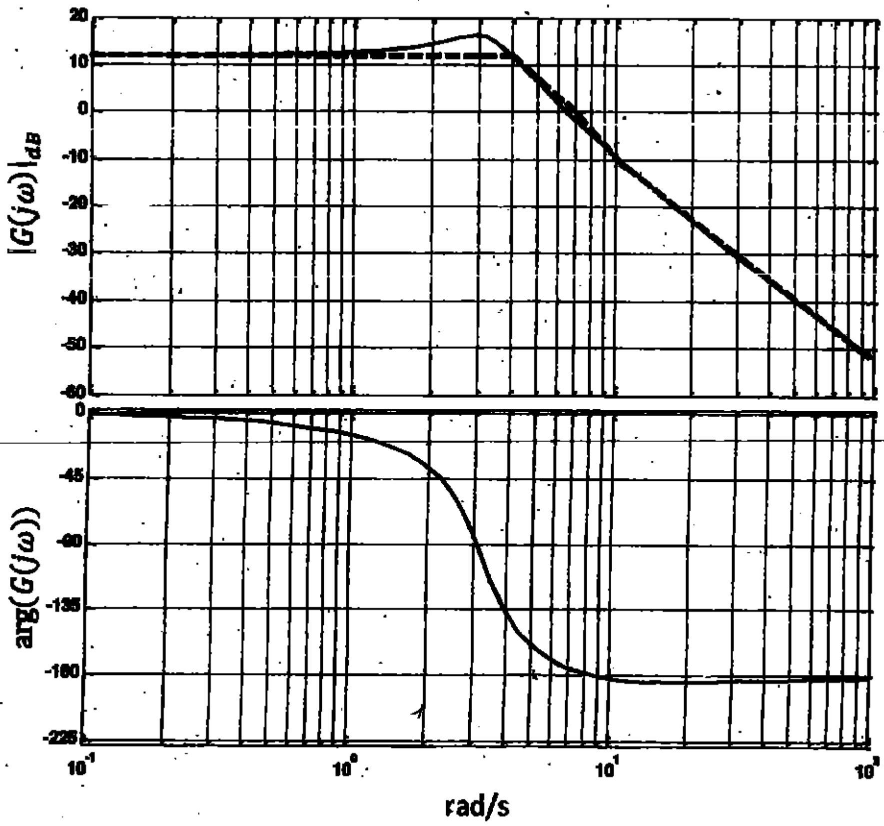
3.2 irudia. $G_p(s)$ plantaren Bode diagramak (erreala eta asintotikoa)



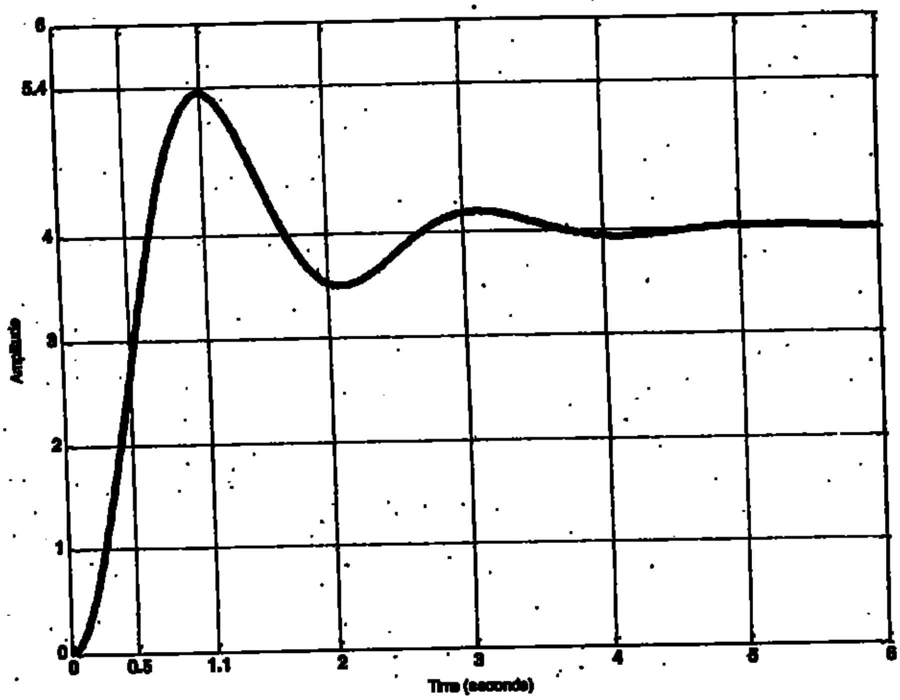
3.3 irudia. Sistema berrelikatuaren Erroen Tokia



3.4 Irudia. Begizta irekiko transferentzi funtzioaren Bode diagrama (erreala eta asintotikoa)



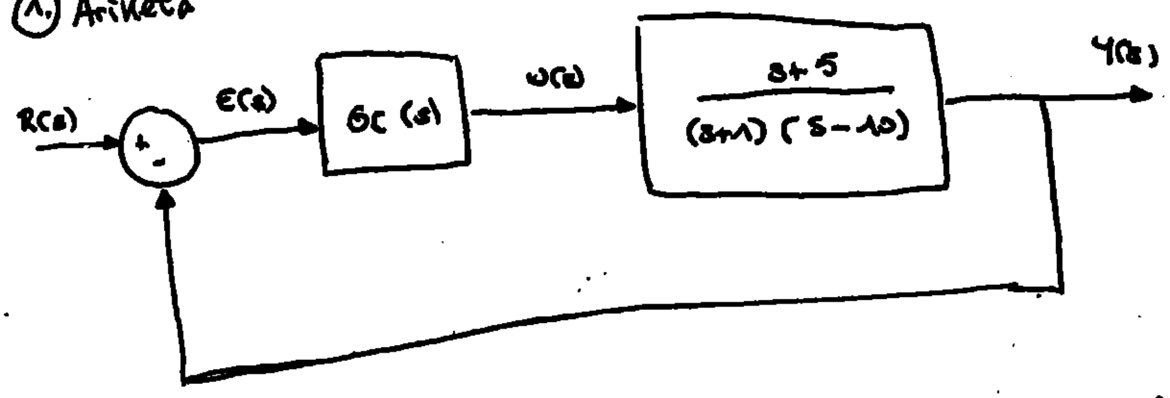
3.5 Irudia. Begizta itxiko transferentzi funtzioaren Bode diagrama (erreala eta asintotikoa)



3.6 Irudia. Begizta itxiko sistemaren espaloi unitario erantzuna

2016/01/18

(1.) Ariketa



1) Marraztu sistema berrelikaduraren Erroen Toki-a eta justifikatu Kc-ren zein balio-tartetan den sistema egonkorra.

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

poloak → $s_1 = -1$, $s_2 = 10$

zeroak → $s_3 = -5$

$$1 + GH = 1 + K_c \cdot \frac{s+5}{(s+1)(s-10)} \cdot 1 = s^2 - 9s - 10 + K_c(s+5) = 0$$

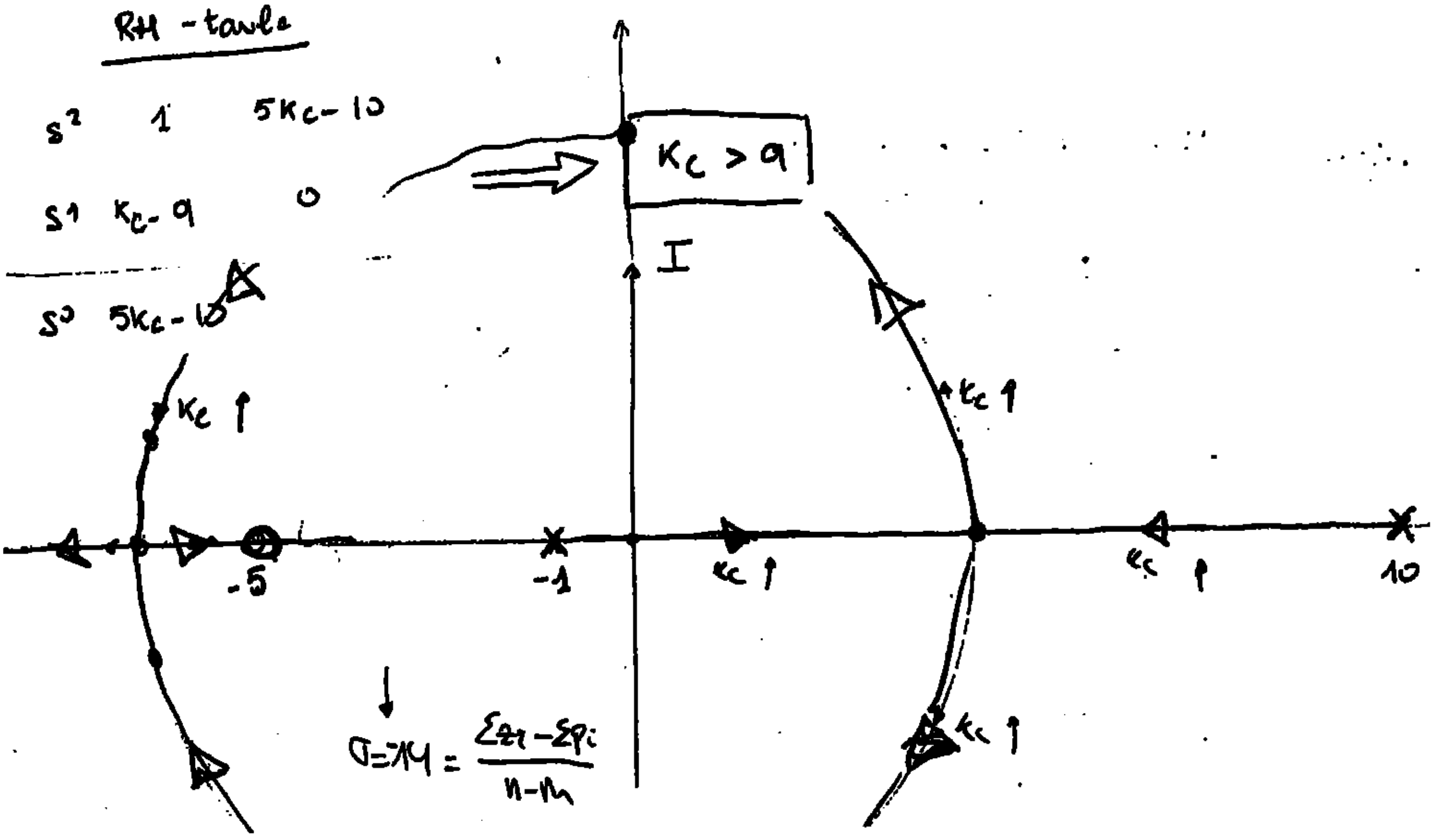
$$\boxed{s^2 + (K_c - 9)s + (5 \cdot K_c - 10) = 0}$$

Koef guztiak positibo izan behar dira eta gainera ez nuluak.

$K_c > 9$ $K_c > 2$

RH - taula

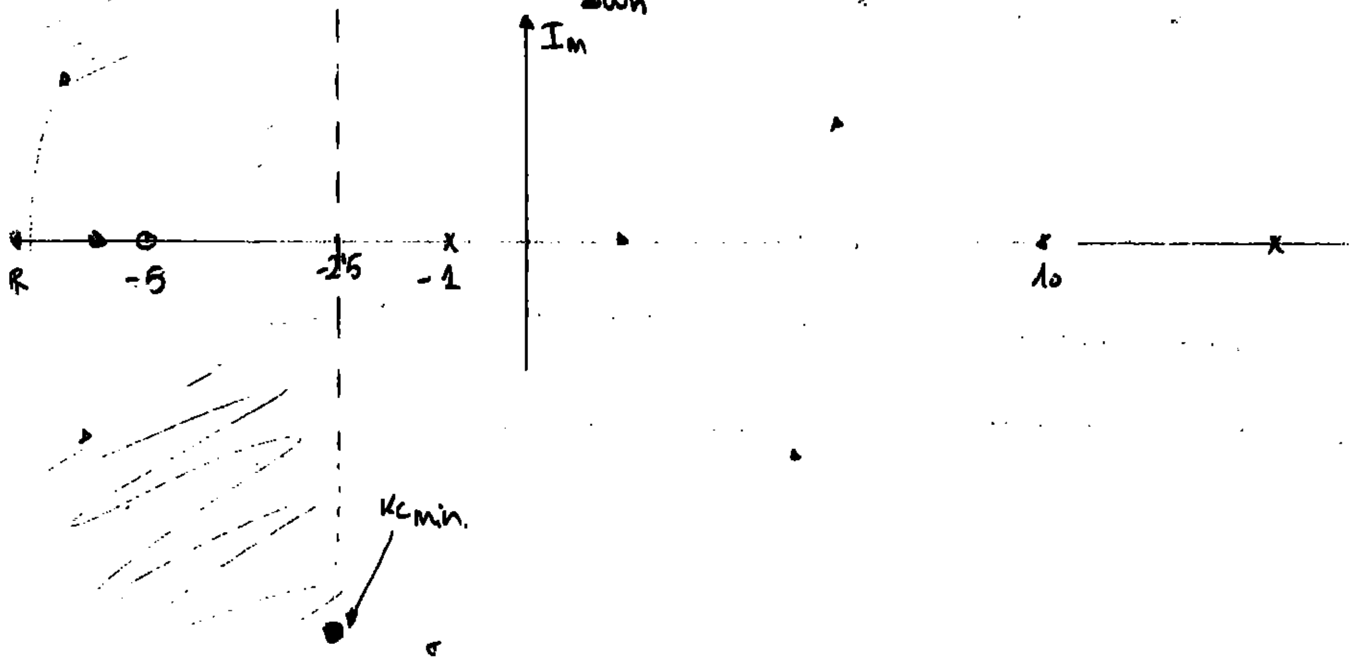
s^2	1	$5K_c - 10$
s^1	$K_c - 9$	0
s^0	$5K_c - 10$	



$$\sigma = \lambda Y = \frac{\Sigma z_i - \Sigma p_i}{n - m}$$

2) Diseinatu kontrolagailu aholik eta enesena, espalai erreferentzia-saneraoi erantzutean egonkortze denbora (%2 irp.) 1'6 s edo txiki. dela.

$$t_s \leq 1'6\ s \longrightarrow t_s = \frac{4}{\delta w_n} \leq 1'6 \longrightarrow \delta w_n \geq 2'5$$



- P kontrolagailua erabilit nahi da ematen diguten baldintzak betetzeko:

$$G_{BC}(s) = \frac{K \cdot G_p}{1 + K \cdot G_p} = \frac{K\cdot(s+5)}{(s+1)(s-10) + K(s+5)} = \frac{K(s+5)}{s^2+(K_c-9)s+(5K-10)}$$

$$s^2 + 2\delta w_n s + w_n^2 = s^2 + (K_c-9)s + (5K_c-10) \longrightarrow \begin{cases} \delta w_n = 2.5 \\ K_c - 9 = 2 \cdot 2.5 \rightarrow \boxed{K_c > 14} \end{cases}$$

---

3) Gaindiketa %15koa izatea nahi da.

$$M_p = 0.15 \longrightarrow \delta = 0.517 \rightarrow \theta = 58'87^\circ$$

$$s^2 + 2w_n\delta s + w_n^2 = s^2 + (K_c-9)s + (5K_c-10) \longrightarrow \begin{cases} \delta = 0.517 \simeq 0.5 \\ w_n = K_c - 9 \\ w_n^2 = 5K_c - 10 \end{cases} \rightarrow \underline{K_c = 18}$$

$\hookrightarrow s = -4,5 \pm \frac{\sqrt{59}}{2} i \implies$ oso gertu dago $s(R)$ eta zeroa $= -5$

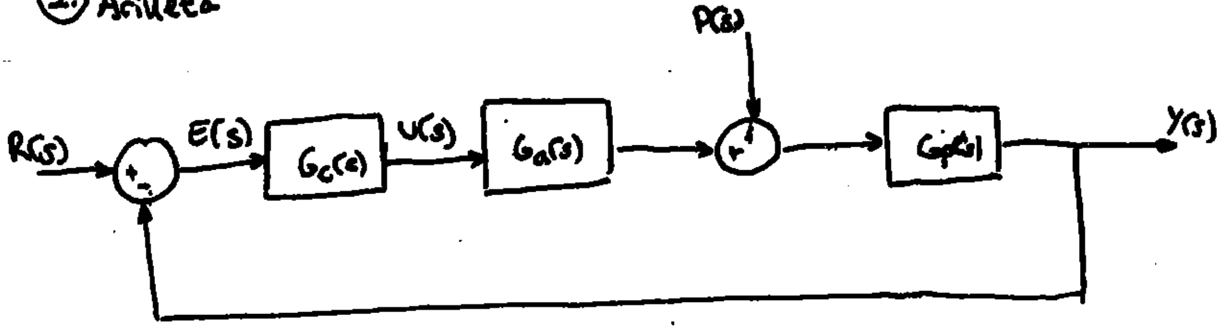
- orduan hobe izango da <u>PD kontrolagailu bat</u> erabiltzea.

$$G_c(s) = K_c\left(1 + \frac{1}{T_d} \cdot s\right) \longrightarrow \underline{T_d = 1}$$

$$1 + GH = (s-10) + K(s+5) = (1+K)s + (5K-10) = 0 \longrightarrow \underline{K > 2}\ ??$$

5!!

② Ariketa



(*) BODE $G_c \cdot G_a$

(*) $G_{BC}(s) \rightarrow$ ~~X~~
$\rightarrow$ 2. ordenakoa.

(*) $G_a(s) \rightarrow$ 1. ordenakoa eta irabazia 5

$$G_a(s) = \frac{5}{1+0.1s} \Longrightarrow G_c(s) = 5\cdot(s+1)$$

1) Justifikatu zein motako sistema bereizikatua den, grafikoetatik ateratako informazioan oinarrituta soilik, transf. funtzioak kalkulatu soilik.

$\boxed{\text{BODE}} \rightarrow G_c \cdot G_a$

$$G_cG_a = \frac{K\left(\frac{s}{1}+1\right)}{\left(\frac{s}{10}+1\right)} \quad \text{non} \quad 28 = 20\log K \rightarrow \underline{K = 25'12}$$

$$G_cG_a = \frac{251'2\,(s+1)}{(s+10)} \xrightarrow{\text{Hurbilketa}} G_cG_a = \frac{250\,(s+1)}{(s+10)}$$

$y_1(t) \equiv r(t)$ erref. espazio unitarioa $\rightarrow$ $G_{BC}(s)\Big|_{D=0} = \dfrac{G_c\cdot G_a\cdot G_p}{1+G_cG_a\cdot G_p}$

$$M_p = \frac{y(t_p)-y_{ss}}{y_{ss}} = \frac{1.36-1}{1} = 0.36$$

$$\delta = \sqrt{\frac{\ln^2 M_p}{\pi^2+\ln^2 M_p}} = \underline{0.309}$$

$$t_p = \frac{\pi}{w_n\sqrt{1-\delta^2}} = 0.21\,s \longrightarrow \underline{w_n = 15'73\ \tfrac{rad}{s}}$$

$$y_{ss} = K\cdot r \longrightarrow K = \frac{y_{ss}}{r} = \frac{1}{1} = \underline{1}$$

$$\Rightarrow G_{BC}(s)\Big|_{D=0} = \frac{247'4}{s^2+9'72s+247'4} \xrightarrow{\text{Hurbilketa}} \frac{250}{s^2+10s+250}$$

$$\rightarrow \frac{247'4}{s^2+9'72s+247'4} = \frac{G_p\cdot\frac{251'2(s+1)}{(s+10)}}{1+G_p\cdot\frac{251'2(s+1)}{(s+10)}} = \frac{G_p\cdot 251'2\cdot(s+1)}{(s+10)+G_p\,251'2(s+1)}$$

$$\rightarrow G_p(s) = \frac{0.985}{(s+1)\cdot s} \xrightarrow{\text{Hurbilketa}} \frac{1}{s(s+1)}$$

$$\rightarrow s^2+9'72s+247'4 = \underline{(s+10)}\,\underline{(s+x)} + 247'4 \rightarrow x = 0$$

• Trasf.-funtzioei hurbilketa bat egin dugu, hobeto lan egiteko:

$$G_c G_a(s) = \frac{250(s+1)}{(s+10)} \quad ; \quad G_{BC}(s)\Big|_{D=0} = \frac{250}{s^2+10s+250}$$

$$G_p(s) = \frac{1}{s(s+1)} \quad ;$$

• $G_p(s)$ integradore bat dauka, orduan → $\boxed{\text{1go motakoa da}}$

• Gairera $y_1(t)$ funtzioa jarraitzen du perfektu inolako errorerik eduki gabe orduan, BODE Diagrama begiratuz hasten denez lerro zuzen batekin inolako maldarekin, ez dago integradurik. Orduan, bai ala bai integradorea $G_p(s)$ egon behar da. → $\boxed{\text{1go motakoa}}$

(1) Eta $D(s)$ sarrera → Errendurik → $G_p(s)$ ikutzeko.

2) Lortu kontrolagailu-eragingailuaren eta plantaren trf.-funtzioak.

$$G_c G_a(s) = \frac{250(s+1)}{(s+10)} \quad ; \quad G_p(s) = \frac{1}{s(s+1)} \quad (+)\ G_c(s) \wedge G_a(s)$$

3) Kalkulatu berelikatuaren errore-koef. estatikoak. (K_p, K_v eta K_a)

$$\begin{cases} \underline{K_p} = \lim\limits_{s\to 0} G(s)H(s) = \underline{\infty} \\ \underline{K_v} = \lim\limits_{s\to 0} s\cdot G(s)H(s) = \lim\limits_{s\to 0}\left[\cancel{s}\cdot\frac{250\,\cancel{(s+1)}}{(s+10)}\cdot\frac{1}{\cancel{s}\cancel{(s+1)}}\right] = \underline{25} \\ \underline{K_a} = \lim\limits_{s\to 0} s^2\, G(s)H(s) = \underline{0} \end{cases}$$

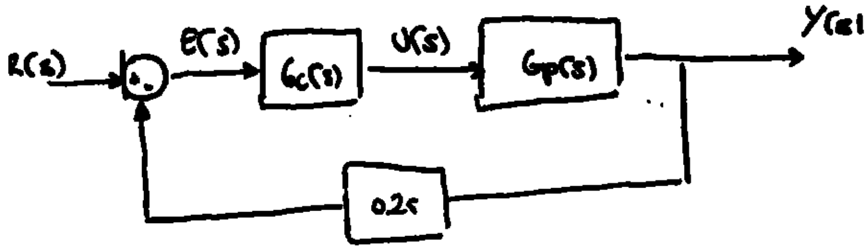
4) Kalkulatu iraunkorreko errorearen balioa $r(t)$ 10 anp. esgaloia eta $d(t)$ -0.1 ...

$$\underline{e_{ss}} = \lim_{s\to 0} s\cdot E(s) = \cancel{e_{ssR}}^{\,0} + e_{ssD} = \lim_{s\to 0}\left[\frac{-1.\cancel{s}}{1+\frac{250}{s(s+10)(s+1)}}\cdot\frac{-0.1}{\cancel{s}(s+1)}\right] = \frac{0.1\cdot 10\cdot 1}{250} = \underline{\frac{1}{250}}$$

$$E(s) = R(s) - Y(s) = R(s) - \left[G_p\cdot D(s)\right]$$

$$E(s) = \frac{1}{1+G_cG_aG_p}\left[R(s) - G_p\,D(s)\right]$$

③ Ariketa



1) Identifikatu Gp(s) funtzioa.

3.2 Irudia → BODE Diagrama (Gp(s))

$$G_p(s) = \frac{K}{\left(\frac{s}{4}+1\right)^2} = \frac{K\cdot 4^2}{(s+4)^2} \quad ; \quad non \quad -30 = 20\cdot \log k \rightarrow k = 0.032$$

$-40\,dB/dec$ malda. • Hasieran malda 0 dauda eta K atera dezakegu dagoelako inolako integradorerik.

$$\boxed{G_p(s) = \frac{0.512}{(s+4)^2}}$$

2) Identifikatu Gc(s) funtzioa.

• 3.4 Irudia → BODE Diagrama ($G_{BA}(s)$)

$$G_{BA}(s) = \frac{K\left(\frac{s}{10}+1\right)}{s\left(\frac{s}{4}+1\right)^2} = \frac{6.4\,(s+10)}{s\,(s+4)^2} = G_c(s)\cdot G_p(s)\cdot H(s)$$

$-40\,dB/dec$ malda

$$\frac{6.4\,(s+10)}{s\,\cancel{(s+4)^2}} = \frac{0.512}{\cancel{(s+4)^2}}\, G_c(s)\cdot 0.25 \rightarrow \boxed{G_c(s) = \frac{50\,(s+10)}{s}}$$

3) Aztertu grafikoki sistema berrelikatuaren egonkortasuna (MF eta MG).

Grafikoki → $\begin{cases} MF = 20^\circ \\ MG = 20\,dB \end{cases}$ ⇒ $MF > 0 \wedge MG > 0$ ⇒ EGONKORRA

→ Nonaino igo daiteke irabazpena sist. ezegonkor koten barik? → $K_{c\,max}$?

→ $MG = 20 \log K_{cr}$

$20 = 20 \log K_{cr} \rightarrow \underline{K_{cr} = 10}$