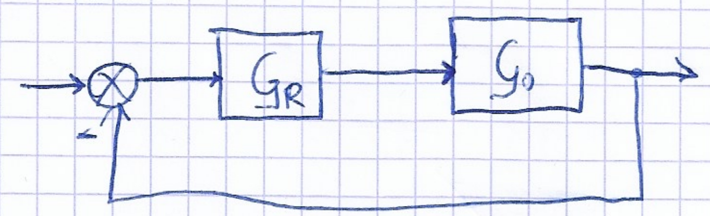
MODELOWANIE – LAB 1



$$G_R = \frac{k_I}{s} + k_p \qquad G_0 = \frac{1}{Ts}$$

$$\frac{G_R \cdot G_0}{1 + G_R G_0} = \frac{\left(\frac{k_I}{s} + k_p\right)\frac{1}{Ts}}{1 + \left(\frac{k_I}{s} + k_p\right)\frac{1}{Ts}} \rightarrow \frac{s k_p + k_I}{s^2 T + s k_p + k_I}$$

$$s^2 + s\frac{k_p}{T} + \frac{k_I}{T} = s^2 + 2\xi\omega s + \omega^2$$

$$\begin{cases} k_p = T \cdot 2\xi\omega \\ k_I = T \cdot \omega^2 \end{cases}$$

- tworzymy układ dla różnych ω
- Metody numeryczne: stałokrokowe lub zmiennokrokowe.

Metody stałokrokowe są wolniejsze, ale bardziej stabilne.

$$\frac{d\omega}{dt} \rightarrow \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = m_e - m_z$$

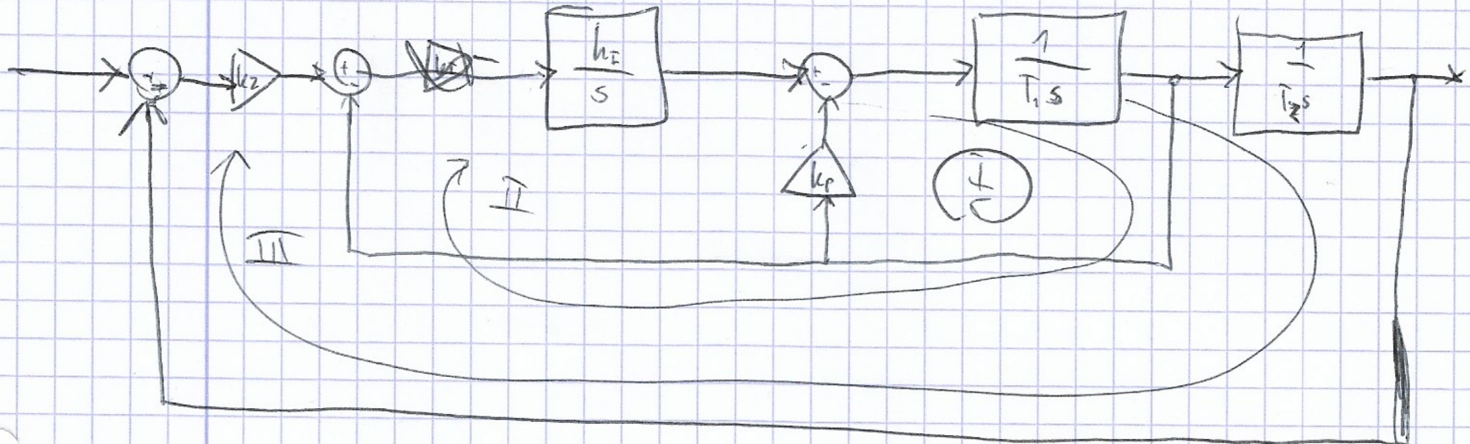
$$\Delta\omega = \Delta t\,(m_e - m_z)$$

$$\omega(k+1) = \omega(k) + \Delta\omega$$

$$\boxed{\begin{matrix} \omega = 20 \\ \xi = 1 \end{matrix}}$$

W1 – 1a
W2 – prob

Projekt UR. – LAB 2



$$k_p = T_1 \cdot 2 \cdot \xi \cdot \omega_1$$
$$k_I = T_1 \cdot \omega_1^2$$

$$\frac{k_2 \cdot \frac{1}{sT_2}}{1 + k_2 \cdot \frac{1}{sT_2}}$$

$$s + \frac{k_2}{T_2} = s + \omega_2$$

$$k_2 = T_2 \cdot \omega_2$$

$$G(s) = \frac{k_I}{s} \cdot \frac{1}{T_1 \cdot s}$$

$$G_1(s) = \frac{\frac{1}{T_1 s} \cdot k_p}{1 + \frac{k_p}{T_1 s}} = \frac{\frac{k_p}{T_1 s}}{1 + \frac{k_p}{T_1 s}}$$

$$\cancel{G(s)} \quad G_2(s) = \frac{\frac{k_I}{s} \cdot \frac{1}{T_1 s}}{1 + \frac{k_I}{s} + \frac{1}{T_1 s}}$$

Pętla wewn: rzędu II

$$\frac{k_I k_2}{T_1 T_2} = \omega^3$$

$$\begin{cases} k_p = T_1 \cdot 2 \cdot \xi \cdot \omega \\ k_I = T_1 \cdot \omega^2 \end{cases}$$

$$\frac{k_2 \cdot \frac{1}{sT_2}}{1 + k_2 \cdot \frac{1}{sT_2}} \rightarrow s + \frac{k_2}{T_2}$$

$$k_2 = T_2 \cdot \omega_2$$

$$\boxed{G(s) = s^3 + s^2 \frac{k_p}{T_1} + s \frac{k_I}{T_1} + \frac{k_I k_2}{T_1 T_2}}$$

[illegible] układ jeden jest k_I

[illegible]

$$G(s) = \frac{k_2 \cdot \frac{k_I}{s} \cdot \frac{1}{T_1 s} \cdot \frac{1}{T_2 s}}{1 + \frac{k_p}{sT_1} + \frac{k_I}{s^2 T_1} + \frac{k_I k_2}{s^3 T_1 T_2}}$$

wiel. odniesienia: $(s+\omega)(s^2 + 2\xi\omega s + \omega^2)$

$$\rightarrow s^3 + s^2(2\xi\omega + \omega) + s(2\xi\omega^2 + \omega^2) + \omega^3$$

$$\frac{k_p}{T_1} = (2\xi\omega + \omega) \rightarrow k_p = T_1(2\xi\omega + \omega)$$

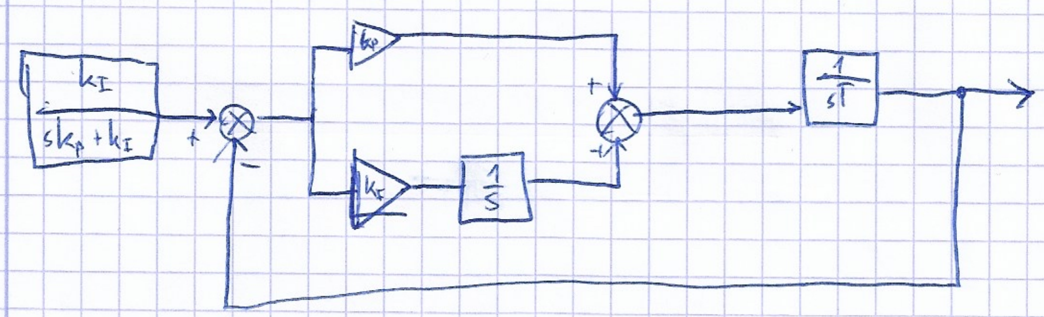
$$\frac{k_I}{T_1} = 2\xi\omega^2 + \omega^2 \rightarrow k_I = T_1(2\xi\omega^2 + \omega^2)$$

$$k_2 = \frac{T_1 T_2}{k_I} \omega^3$$

PROJEKTOWANIE UR – LAB 4

04.11.2021

REGULATOR ANTI-WINDUP



Ograniczenia twarde: ~~zab~~ otwarty na maxa ~~za~~ zawór, max napięcie strony DC

Ograniczenia miękkie: mniej znaczące, na ogół – takie, które można przekroczyć z pewnym ryzykiem konsekwencji.

- usunięcie ~~całki z a~~ całki przez nasycenie nie zmienia nic w ukł. bez opóźnienia. Dodanie opóźnienia

PRZYROSTOWA POSTAĆ PI / IP

1. Równanie opisujące regulator

$$u = e k_p + k_I \int e\, dt$$

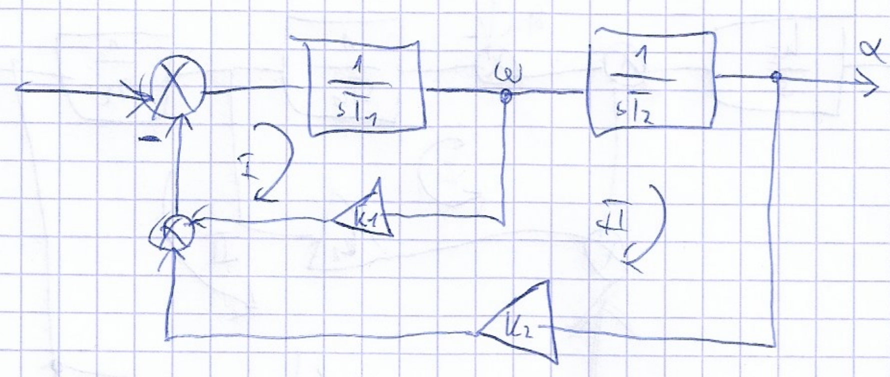
$$\frac{du}{dt} = \frac{de}{dt} K_p + K_I e$$

$$\frac{\Delta u}{\Delta t} = \frac{\Delta e}{\Delta t} K_p + K_I e$$

2. Wstawienie jednej całki zamiast dwóch nasyceń

3. Dojazd do ograniczenia ω w niektórych układach. Ukł. przyrostowy pozwala opanować ten problem.

URA - LAB 4



$$G(s) = \frac{\frac{1}{sT_1} \cdot \frac{1}{sT_2}}{1 + \frac{K_2}{s^2 T_1 T_2} + \frac{K_1}{sT_1}} = \frac{\frac{1}{s^2 T_1 T_2}}{1 + \frac{K_2}{s^2 T_1 T_2} + \frac{K_1}{sT_1}} =$$

$$= \frac{\frac{1}{s^2 T_1 T_2}}{\frac{s^2 T_1 T_2}{s^2 T_1 T_2} + \frac{K_2}{s^2 T_1 T_2} + \frac{K_1 s T_2}{s^2 T_1 T_2}} =$$

$$= \frac{\frac{1}{s^2 T_1 T_2}}{\frac{s^2 T_1 T_2 + K_2 + K_1 s T_2}{s^2 T_1 T_2}} = \frac{1}{s^2 T_1 T_2 + K_2 + K_1 s T_2}$$

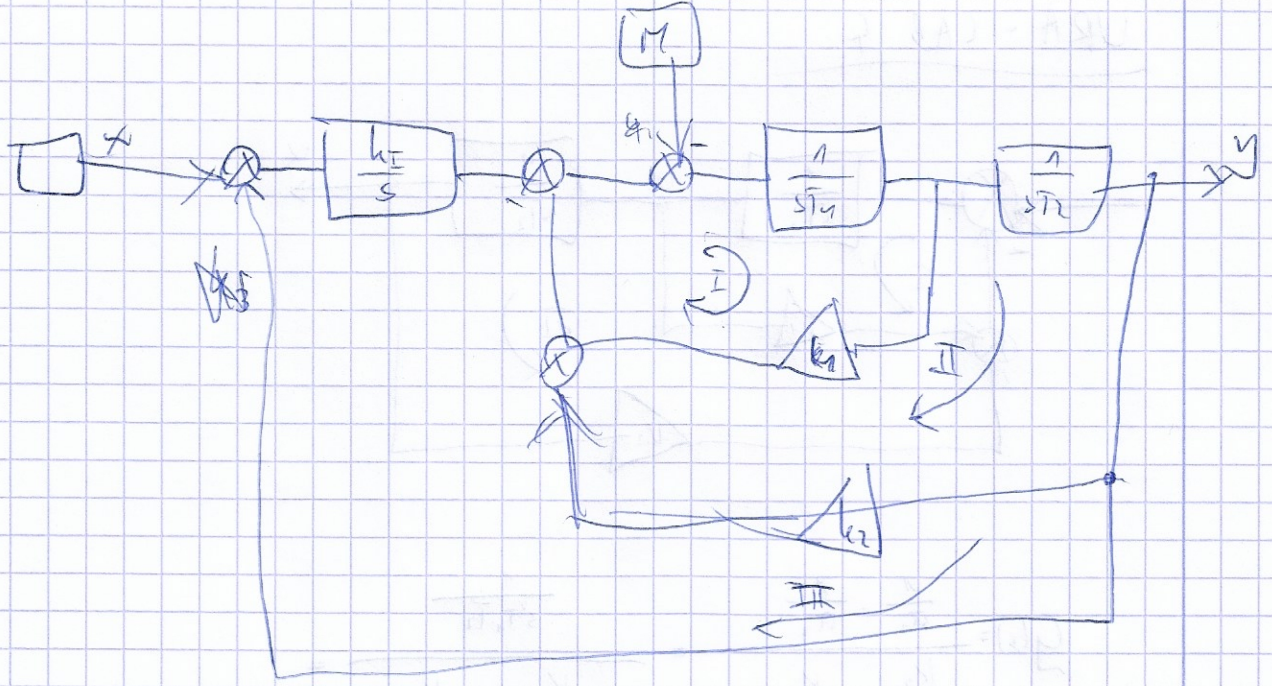
$$= \frac{1}{s^2 T_1 T_2 + s K_1 T_2 + K_2} \qquad s^2 + 2\xi\omega s + \omega^2$$

$\cancel{s^2 + 2\xi\omega s + \omega^2}$

$$s^2 + s\frac{K_1}{T_1} + \frac{K_2}{T_1 T_2}$$

$$2\xi\omega \cancel{s} = \frac{K_1}{T_1}\cancel{s} \rightarrow K_1 = 2\xi\omega T_1$$

$$\omega^2 = \frac{K_2}{T_1 T_2} \rightarrow K_2 = \omega^2 T_1 T_2$$



$$G(s) = \frac{\frac{k_I}{s} \cdot \frac{1}{sT_1} \cdot \frac{1}{sT_2}}{1 + \frac{k_1}{sT_1} + \frac{k_2}{s^2T_1T_2} + \frac{k_I}{s^3T_1T_2}} = \frac{\frac{k_I}{s^3T_1T_2}}{\frac{s^3T_1T_2 + k_1s^2T_2 + sk_2 + k_I}{s^3T_1T_2}}$$

$$= \frac{k_I}{s^3T_1T_2 + s^2k_1T_2 + sk_2 + k_I} = \frac{k_I}{s^3 + s^2\frac{k_1}{T_1} + s\frac{k_2}{T_1T_2} + \frac{k_I}{T_1T_2}}$$

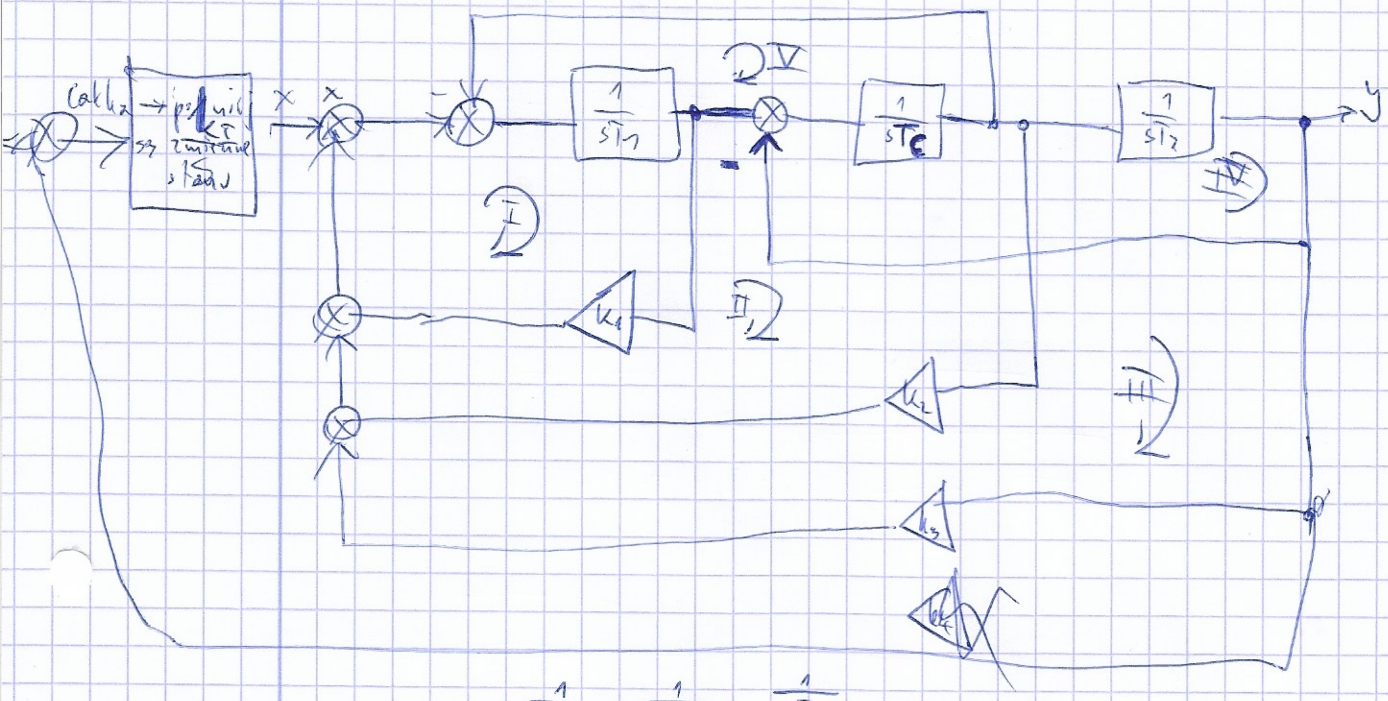
$$s^3 + s^2(2\xi\omega + \omega) + s(2\xi\omega^2 + \omega^2) + \omega^3$$

$\cancel{s^3 = s^3}$

$$\frac{k_1}{T_1} = 2\xi\omega + \omega \rightarrow k_1 = 2\xi T_1\omega + \omega T_1$$

$$\frac{k_2}{T_1T_2} = 2\xi\omega^2 + \omega^2 \rightarrow k_2 = T_1T_2\, 2\xi\omega^2 + \omega^2 T_1T_2$$

$$\frac{k_I}{T_1T_2} = \omega^3 \rightarrow k_I = \omega^3 T_1T_2$$



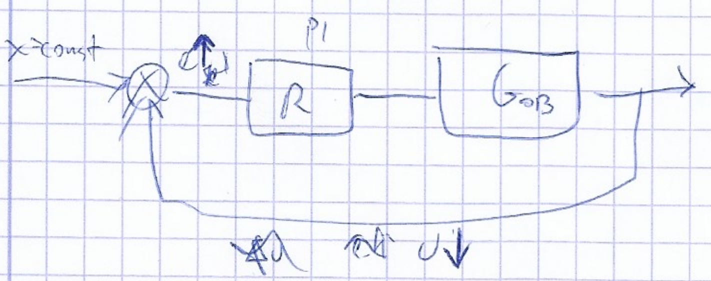
$$G(s) = \frac{\frac{1}{sT_1} \cdot \frac{1}{sT_c} \cdot \frac{1}{sT_2}}{1 + \frac{k_1}{sT_1} + \frac{k_2}{s^2 T_1 T_c} + \frac{k_3}{s^3 T_1 T_c T_2} + \frac{1}{s^2 T_c T_2} + \frac{1}{s^2 T_1 T_c}}$$

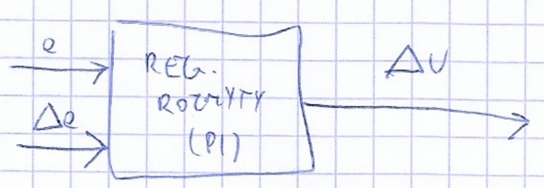
Pętla

niezależna

$$= \frac{\frac{1}{s^3 T_1 T_2 T_c}}{\qquad}$$

URE - LAB 6





IF $e = PB$ AND $\Delta e = PB$ THEN $u = PB$

IF $e = NB$ AND $\Delta e = NB$ THEN $u = NB$

Δe \ e	NB	ZE	PB
NB	NB	NS	ZE
ZE	NS	ZE	PS
PB	ZE	PS	PB

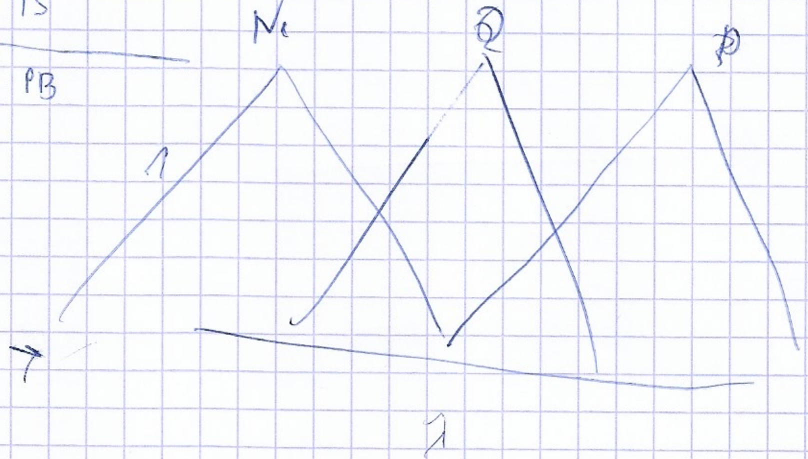
Δe \ e	NB	NS	ZE	PS	PB
NB					
NS					
ZE					
PS					
PB					

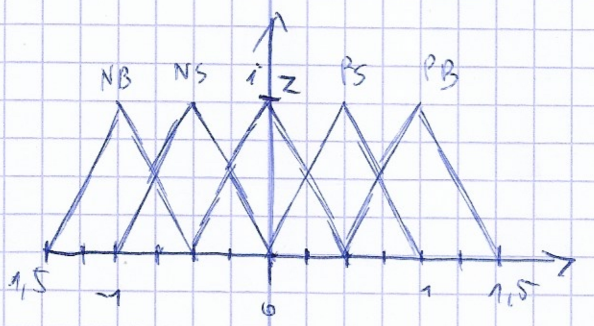
$k_{de} \cdot k_{su} \approx k_p$ $\qquad$ $k_e \cdot k_{de} \approx k_I$

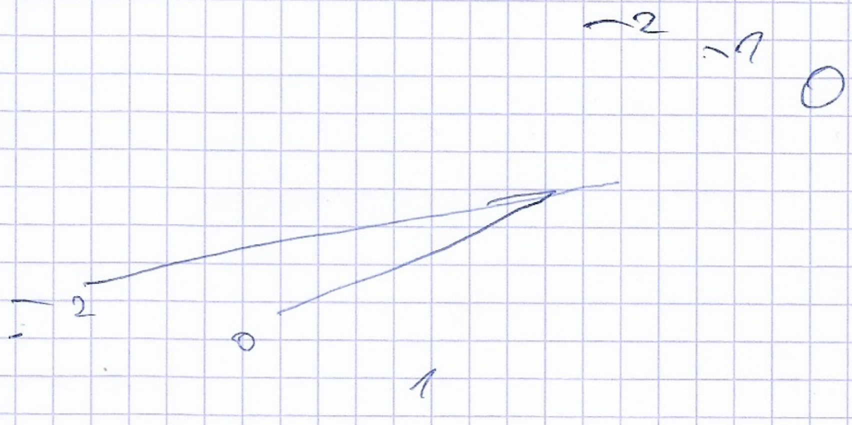
k_{de}

LAB6 - URE

Δe \ e	N	Z	P
N	NB	NS	Z
Z	NS	Z	PS
P	Z	PS	PB







Czas narastania: dla dużych bardzo duże, dla małych –

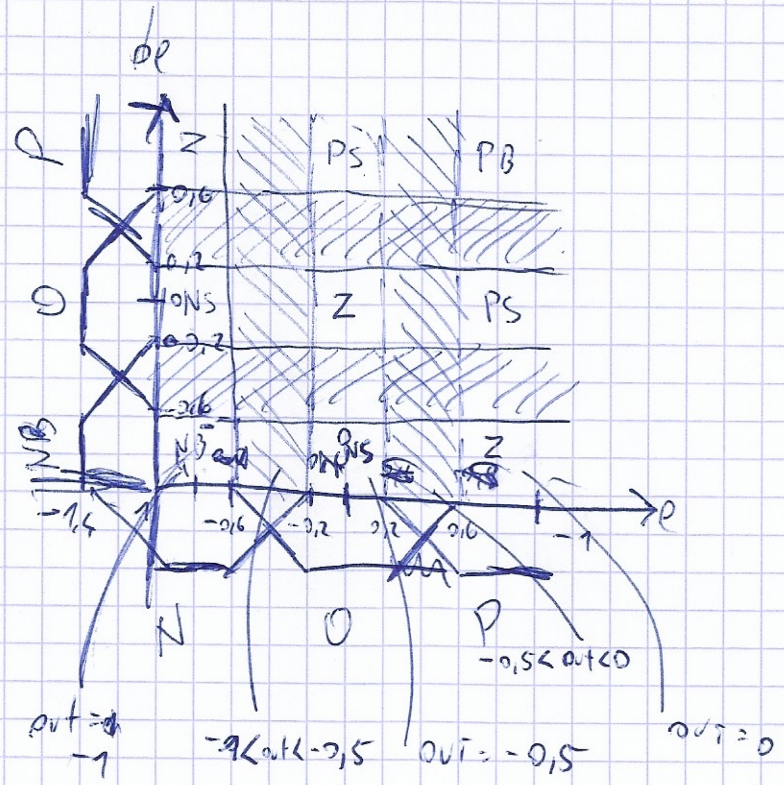
	-2	-1	0	+1	2
Δe \ e	NB	NS	Z	PS	PB
NB	NM	NG	NB	NS	Z
NS	NG	NB	NS	Z	PS
Z	NB	NS	Z	PS	PB
PS	NS	Z	PS	PB	PG
PB	Z	PS	PB	PG	PM

N ~ NG - NB - NS - Z ~
-1 -0,75 -0,5 -0,25 0
PS 0,25
PB 0,5
PG 0,75
P 1

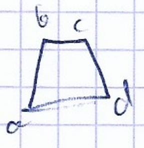
URA - LAB 7 (?)

UKŁAD TSK

zbudować ukł. z PI + ukł. z reg. rozmytym



y



IF $e = NB$ AND $\Delta e = NB$ THEN $u = f(e, \Delta e) \rightarrow \Delta e K_1 + e K_2$

URA - LAB 8

STEROWANIE ADAPTACYJNE

Sterowanie uwzględniające zmienne parametry układu w oparciu o model obiektu.

Powszechnie sterowanie adaptacyjne jest przydatne przy obiektach wyższych rzędów.

Bezp. st. ad.

MODEL

$k = 1$

$w_2 = 1$ (lub więcej)

$w_1 = 0$

$w_1 << w_2$

URA – LAB 9

Regulator rozmyty ks. sp. adapt.:

- P reguł
- P: wzm. 10
- D wzm 0,1
- limity 0 – 1
- DI – k = 0 – klasyczny regulator rozmyty

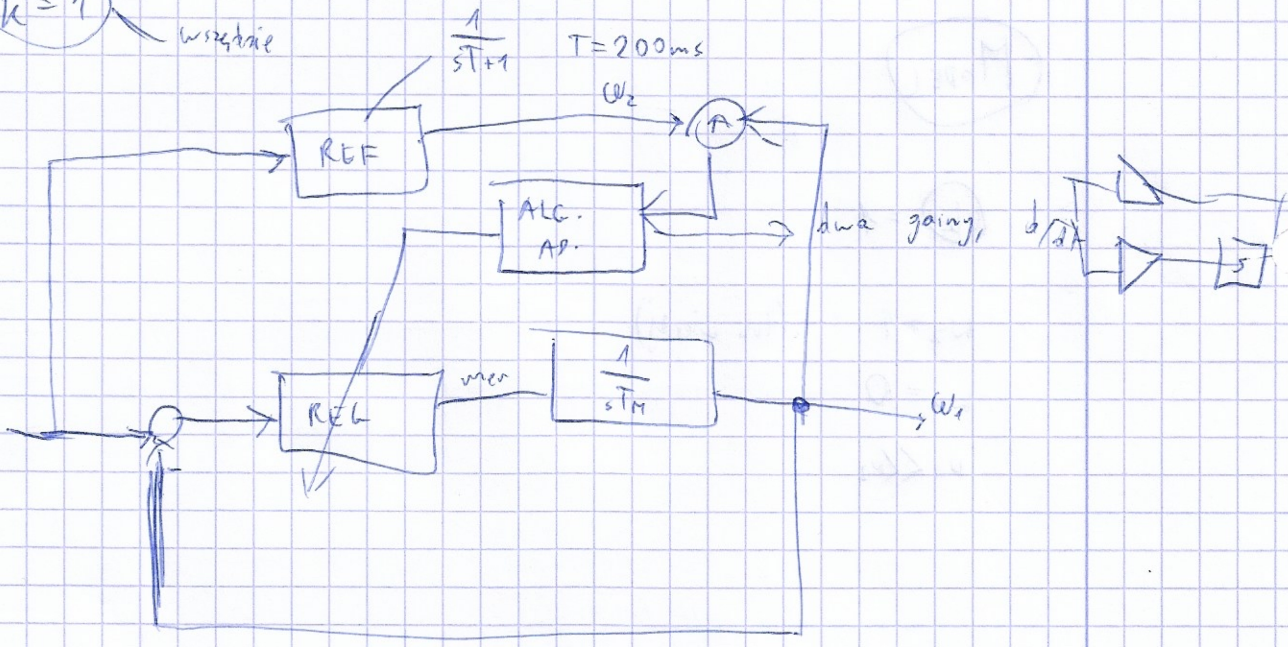
NB −1

PB +1

$w_2 \Rightarrow 1000$

$w_1 \Rightarrow 200$

k = 1 — wszędzie



1. Układ — stała czasowa silnika zmienia się

5s 0,2 5s 0,5 5s 0,8

1. Regulator 5x5 fuzzy
2. Zmienić f-kcje trójkątne na gaussa
*3. Regulator TSK

SPRAWKO

1. Temat ćw.
2. krótki opis – co trzeba było zrobić
3. uzyskane wyniki + struktura
4. krótkie wnioski do każdego ćwiczenia

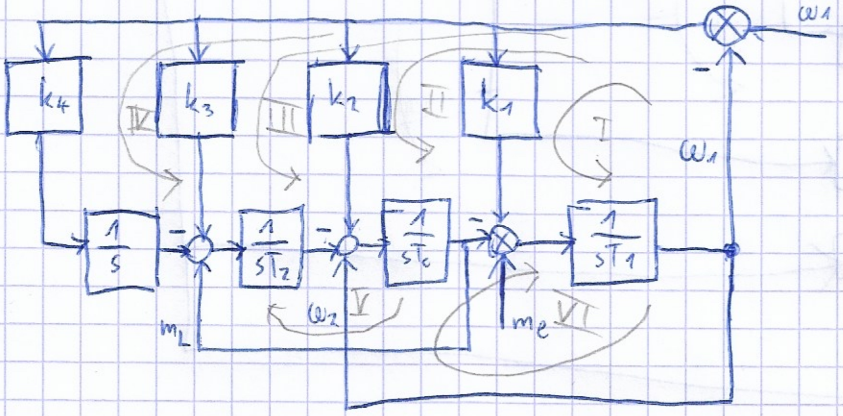
Format: PDF

ZALICZENIE

1. Rozmowa na ostatnich zajęciach
2. Zadania – „kolokwium domowe"
3. Wszyscy i tak mają 4.0 xD

URA - LAB X(?)

Temat: symulatory zmiennych stanu w ukł. dwumasowych



$$G(s) = 1 + \frac{k_1}{sT_1} - \frac{k_2}{s^2 T_c T_1} + \frac{k_3}{s^3 T_1 T_2 T_c} + \frac{k_4}{s^4 T_1 T_2 T_c} + \frac{1}{s^2 T_2 T_c} + \frac{1}{s^2 T_1 T_c} =$$

$$\cancel{= \frac{s^4 T_1 T_2 T_c + s^3 T_2 T_c - k_2 s^2 T_2 + k_3 s - k_4 + s^2 T_1 + s^2 T_2}{s^4 T_1 T_2 T_c}}$$

$$\cancel{= s^4 T_1 T_2 T_c + s^3 T_2 T_c + s^2 (T_1 - k_2 T_2 + T_2)}$$

$$G(s) = s^4 + s^3 \frac{k_1}{T_1} - s^2 \frac{k_2}{T_c T_1} + s \frac{k_3}{T_1 T_2 T_c} + \frac{k_4}{T_1 T_2 T_c} + s^2 \frac{1}{T_2 T_c} + s^2 \frac{1}{T_1 T_c}$$

$$= s^4 + s^3 \left(\frac{k_1}{T_1}\right) + s^2 \left(\frac{1}{T_2 T_c} + \frac{1}{T_1 T_c} - \frac{k_2}{T_c T_1}\right) + s \left(\frac{k_3}{T_1 T_2 T_c}\right) + \frac{k_4}{T_1 T_2 T_c}$$

$$s^4 + s^3 \, 4ap + s^2 (2p^2 + 4a^2 p^2) + s \, 4ap^3 + p^4$$

$\omega \to p$

$$4ap = \frac{k_1}{T_1} \quad \rightarrow \quad k_1 = 4apT_1$$

$$2p^2 + 4a^2 p^2 = \frac{1}{T_2 T_c} + \frac{1}{T_1 T_c} - \frac{k_2}{T_c T_1} \quad \rightarrow \quad k_2 = \frac{T_c T_1}{T_2 T_c} + \frac{T_1 T_c}{T_c T_1} - 2p^2 T_1 T_c - 4a^2 p^2 T_1 T_c$$

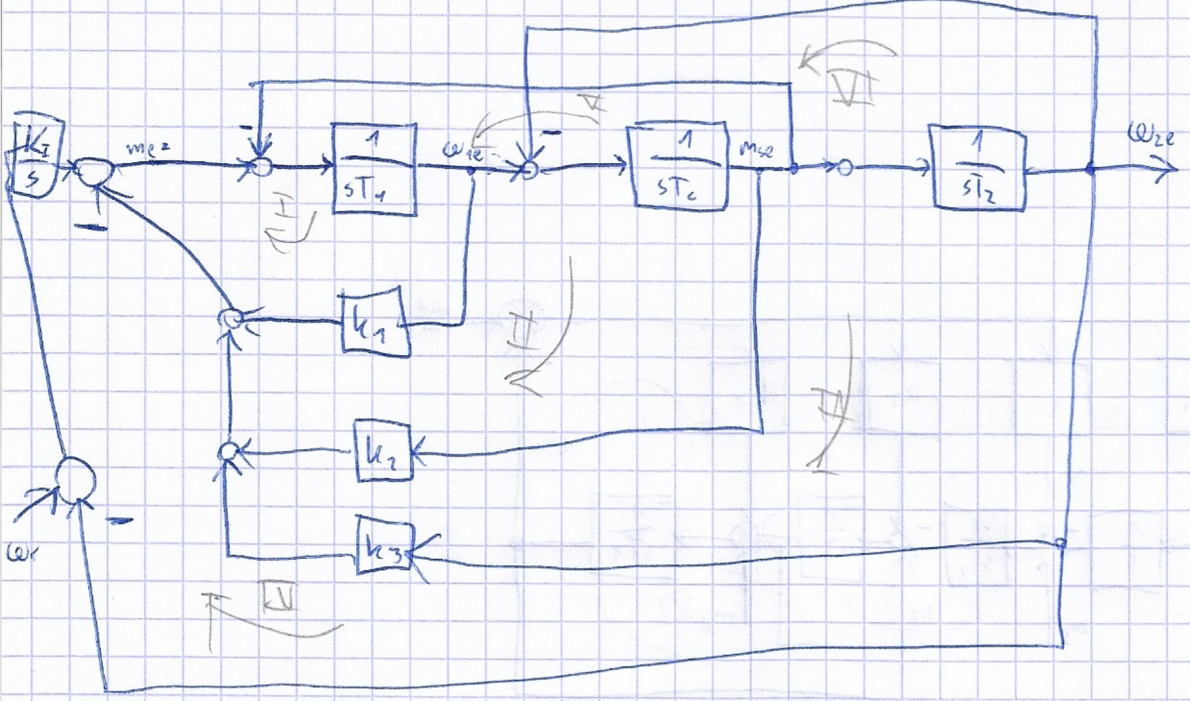
$$4ap^3 = \frac{k_3}{T_1 T_2 T_c} \quad \rightarrow \quad k_3 = 4ap^3 T_1 T_2 T_c$$

$$p^4 = \frac{k_4}{T_1 T_2 T_c} \quad \rightarrow \quad k_4 = p^4 T_1 T_2 T_c$$

układ, przebiegi, wnioski, punkty

sprawko

Zaprojektować ukł. z reg. stanu dla układu z połączeniem sprężystym



Reguła Masona

$\frac{K_i}{s} \quad \frac{1}{s}$

iloczyn wszystkich pętli niezależnych, tu: dwie

pętla I nie styka się z VI

$$G(s) = \frac{K_I}{s^4 T_1 T_2 T_c} +$$

$$G(s) = 1 + \frac{K_I}{s^4 T_1 T_2 T_c} + \frac{k_3}{s^3 T_1 T_2 T_c} + \frac{k_2}{s^2 T_1 T_c} + \frac{k_1}{sT_1} + \frac{1}{s^2 T_1 T_c} + \frac{1}{s^2 T_2 T_c} + I \cdot \cancel{VI} \quad (?)$$

$$= s^4 + s^3 \frac{k_1}{T_1} + s^2 \left(\frac{k_2}{T_1 T_c} + \frac{1}{T_1 T_c} + \frac{1}{T_2 T_c} \right) + s \frac{k_3}{T_1 T_2 T_c} + \frac{K_I}{T_1 T_2 T_c}$$

$$s^4 + s^3\, 4k\omega + s^2 (2\omega^2 + 4k^2\omega^2) + s(4k\omega^3) + \omega^4$$

$$4k\omega = \frac{k_1}{T_1} \rightarrow \underline{k_1 = 4k\omega T_1}$$

$$2\omega^2 + 4k^2\omega^2 = \frac{k_2}{T_1 T_c} + \frac{1}{T_1 T_c} + \frac{1}{T_2 T_c} \rightarrow \underline{k_2 = T_1 T_c \left(2\omega^2 + 2k^2\omega^2 - \frac{1}{T_1 T_c} - \frac{1}{T_2 T_c} \right)}$$

$$4k\omega^3 = \frac{k_3}{T_1 T_2 T_c} \rightarrow k_3 = 4k\omega^3 T_1 T_2 T_c$$

$$\omega^4 = \frac{K_I}{T_1 T_2 T_c} \rightarrow K_I = \omega^4 T_1 T_2 T_c$$

PI / przyrostowy / kaskada / rozmyty / adapt / dwumasa

wysłać sprawko na zajęciach!