

KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE PROJEKTOWANIA

UKŁADÓW REGULACJI - WYKŁAD 1

MECHATRONIKI

INFORMATYKA

AUTOMATYKA

DUŻO
OBliczeN,
RóWNAŃ

PLUGI CZAS
DODLICZEŃ
METODY
POŁOWE
(SKOMPLIKOWANE)

ROBOTYKA

MODEL OPARTY NA
LINIOWYCH RÓWNAŃACH RÓZNICZKOWYCH

MODEL OPARTY NA
RÓWNAŃACH STANU

- jeśli rząd równań ujemnie się rozwija
- analiza przestrzeni stanu
- zapis macierzowy

UKŁADY STEROWANIA

TRANSMITANCJA
OPERATOROWA

- jeden z najprostszych modeli
- wyjście do wejścia
- na ogół SISO

MODEL OPARTY NA
UKŁADACH ROZMYTYCH

- np. modele socjologiczne i biologiczne, istnieje np. model wzrostu populacji
- brak ścisłego wnioskowania,拓扑 opis
- opis związkami, związki określają wzory
- brak równań stanu i różniczkowych, wzory lingwistyczne zamiast tego

STEROWANIE ROZMYSŁE

JAKO NELINIOWY UKŁ-ST.

- dla rozmytych można przedstawić na model matematyczny z niepewnościami lub syntezą

MODEL OPARTY NA

UKŁADACH NEURONOWYCH

- wprowadza się próbki, na ich podstawie proces uczenia maszyny tworzy model

UKŁAD STEROWANIA

SCHEMAT BŁOŃY

- graf - sposób przedst. modelu
- będzie rysować na wykresie

ELEMENTY UKŁ. ST.

- elementy bieżące
- zmienne

REGULATOR

- generowanie odp. sygnału sterującego
- zapewnienie odp. param. regulacji

STER. W PETLI OTWARTY

- proste, bez info. o tym co w obiekcie
- dop. duże różnice między war. ob. i cel. i wyj.

STER. W PETLI ZAMKNIĘTY

- = inf. o zmianach wychodzących z obiektu

ELEMENT POMIAROWY

- pomiar poszczególnych wartości
- potrzebne do FB
- potrzebne do kontroli modelu

PRZEBIEG

- stany ustalone : niestalone

PARAM. CHARAKT.

CZAS NAROSTU

- różnicę definiującą

CZAS ZDP.

NR ZAKLĘCIEŃ

- czas po którym
zakl. jest wyeliminowane

CZAS USTALANIA

PRZEREGULOWANIE

UCHYB USTALONY

- różnica wstęp. w. zadanego
i rzeczywistego

STEROWANIE

ZADĒPIECZENIA

FUNKCJE

UKŁ. REGULACJI AUTOMATYCZNEJ

OPTYMALIZACJA

REGULACJA

TRANSMITANCJA

- jak zmienia się wyjście zat. obiektu

GŁÓWNA

$$T(s) = \frac{y(s)}{r(s)} = \frac{G(s)K(s)}{G(s)K(s)+1}$$

$$\lim_{s \rightarrow 0} T(s) = 1$$

- jak wyj. zmienia się w z. określonej

ZAKŁADNIOWA

- jak obiekt reaguje przy poj. sig. zat. obiektu
- jak wyjście reaguje na zatłoczenie?

$$D(s) = \frac{y(s)}{r(s)} = \frac{G(s)}{G(s)K(s)+1}$$

$$\lim_{s \rightarrow 0} D(s) = 0$$

- zatłoczenie działa na obiekt
- oraz regulator - zmienia się sygнал zatłoczenia

WYMAGANIA

zatylkowianstwo utraty wyjścia jah na wyciąc

brak wpływu zatł. na wyjście

REGULATOR

KŁASZCZĄCA STRUKTURA STEROWANIA - UKŁ. ZLOŻONE

- Stosowanie: obiekty przedstawione jako zw. balistyczne połączonic zatłoków
- Dynamika pętli zw. musi być dużo szybsza niż pętli sterującej
- Reg. zw. optymalnie steruje częstotliwością sterowania, zw. - zatrudnieniem
- Uklad prosty, bo każdy regulator steruje jednego zmienia. Metoda stonu, dla przymiania, steruje kątowa naraz.
- Zatł. w zw. pętli jest szybko eliminowane. Działy wpływ na uklad ma zw. pętla.
- Zw. regulator steruje kątem zw. zatrudnieniem, nawet jeśli ukl. zw. jest sterowany nie linowo.
- Pętla zw. nie może mieć dynamiki większej niż uklad, bo uklad może wpalić w oscylacje.

TYPY REGULATORÓW

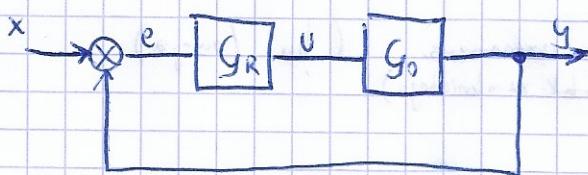
- Regulator linijne: P, PID, PI, FDC, IP, 2DoF
- Reg. ścisłozawodowe - steruje sterowane do ster. zatł. balistycznych, w ZSSR zostało wiele abb. na obiektach
- Reg. przedyktywne - pozwala sterować jednym obiektem rachunkami w przyszłość, a nie patrząc na aktualny stan obiektu
- Reg. rozmaito-
- Reg. rewersywne
- Inne

Klasa: opisówka / projektówka

PROJEKTOWANIE NAPĘDÓW - WYKŁAD 2

12.10.2021

PODSTAWY UKŁ. REG:



x - sygnał wejściowy; e - błąd regulacji; y - wyjście
 u - sygnał sterujący

- tor główny - tor sygnału $x \rightarrow y$
- tor sprzężenia zwrotnego.

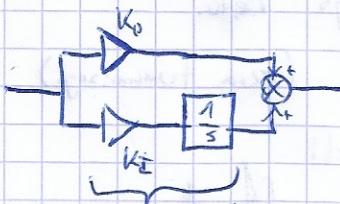
Elementy cyklowane i obrot są tu scalone, ale zazwyczaj się je rozdziela na schematach.

- Projektowanie UR: dobieranie nastaw i typu regulatora, żeby uzyskać pożądane przebiegi.
- Polistawne regulatory: P, PI, PID. Zaktabamy, że dopasujemy PI.

- Regulator PI : $G_r = K_p + \frac{K_i}{s}$

czprop. cz całkująca

Czas całkujący pojawia się, gdy zmianienie wyraźniej na poziomach ujemnych.



na ejekty tworzą się tą formę I,
nie zmieniać miejscami

- Metody strojenia: metody doboru nastaw regulatora. Moga oniśmy m.in. dobrać biegunki w wielomianie charakterystycznego.

Zauważmy, że $G_o = \frac{1}{sT}$ (czynią całkującą)

Transmitancja ukł. zadanego: $\frac{y}{x} = \frac{G_r \cdot G_o}{1 + G_r \cdot G_o}$

$$G_2 = \frac{G_r G_o}{1 + G_r G_o} = \frac{\left(K_p + \frac{K_i}{s}\right) \frac{1}{sT}}{1 + \left(K_p + \frac{K_i}{s}\right) \frac{1}{sT}} = \left(\frac{s^2 T}{s^2 T + s K_p + K_i}\right) =$$

$$\frac{K_p s + K_i}{s^2 T + s K_p + K_i}$$

} co wykazuje $x \rightarrow y \rightarrow y$
} elementy na bieżąco pozytywne,
z uwzględnieniem znaku

Równanie charakterystyczne: $s^2T + sK_p + K_I$

po zmianie formy: $s^2 + \frac{K_p}{T} + \frac{K_I}{T} = s^2 + 2\zeta\omega s + \omega^2$

Pozytywniemy wybrane równanie do wielomianu charakterystycznego. Wybieramy wielomian, który nasz układ ma nosić.

Wybieramy wsp. tłumienia i pulsacji rezonansu. (ksi (omega))
(bieg ukl. zamkniętego).

$$\frac{\omega^2}{s^2 + 2\zeta\omega s + \omega^2}$$

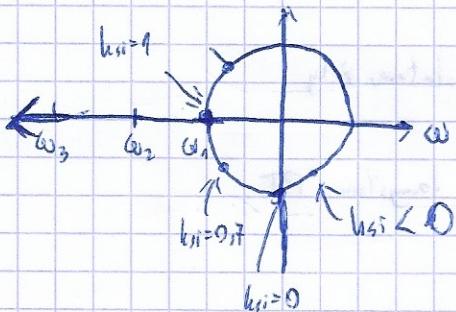
↑
izkra
oszylający

$$s^2 + s\frac{K_p}{T} + \frac{K_I}{T} = s^2 + 2\zeta\omega s + \omega^2$$

$$\frac{K_p}{T} + \frac{K_I}{T} = 2\zeta\omega s + \omega^2$$

Z powyższych:

$$\begin{cases} \frac{K_p}{T} = 2\zeta\omega \rightarrow K_p = T2\zeta\omega \\ \frac{K_I}{T} = \omega^2 \rightarrow K_I = Tw^2 \end{cases}$$



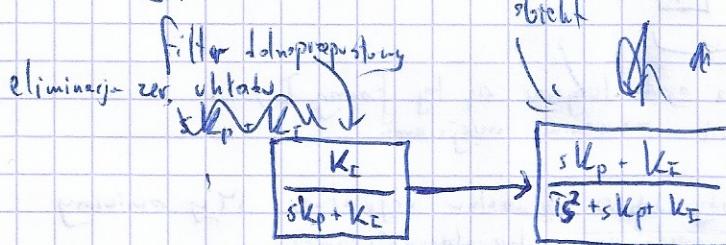
Biegący na osi ujemnej, południowej: $\phi = 180^\circ$
Układ może być przekształcony, jeśli chcemy mieć odp. amplitudę, a nie fazę T .

Niektóre $\omega \rightarrow$ czas narasta bieżący

Biegący przemierzając się po okręgu
Liczony tylko moduł ω .

* Formuła Datta: jak dobrze ω , aby uzyskać przedziały czas
 $\frac{1}{12}$ ukladu dwoistego reżimu.

Przy net. wielomianu, wyższe rzędy licznika (żera transmitancji) wpływają na uklad negatywnie.



obiekt

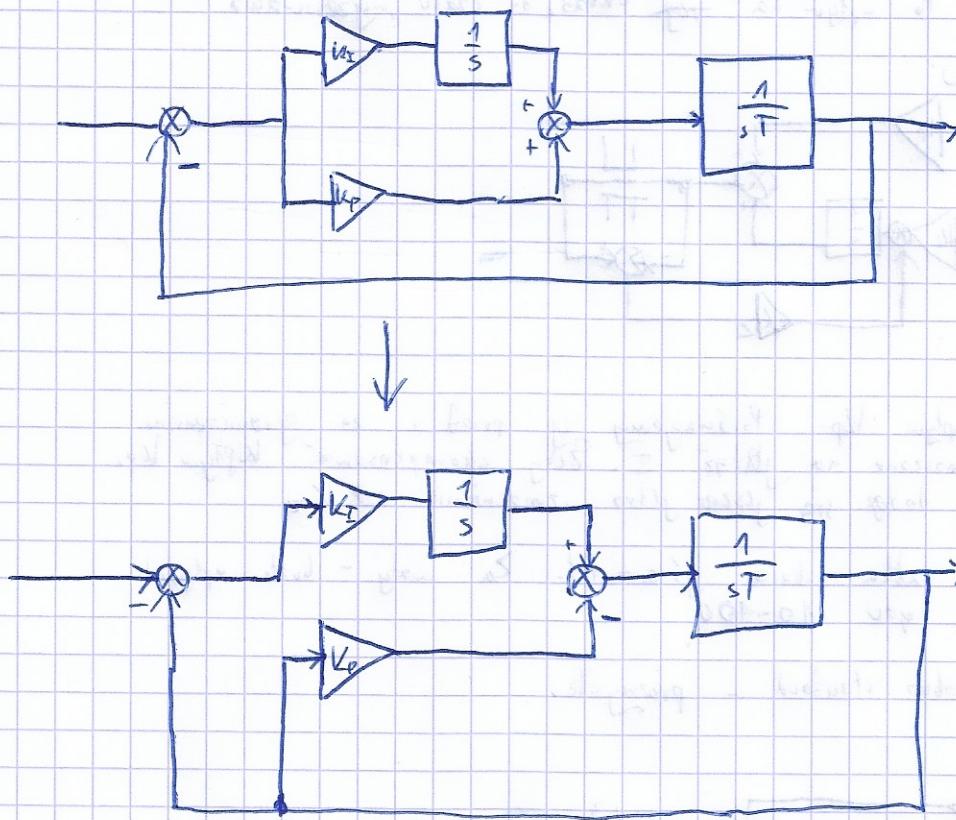
$$\frac{sK_p + K_I}{s^2 + sK_p + K_I}$$

chebyszowski + gory sK_p .

Przy końcach:

* s — właściwa. W stanie ustalonego się zevuje, bo zmiany nie zachodzą.
Dlatego, w filtrze dajemy na górze K_I , bo w stanie ustaloneym działa "s" żarówka, zasłania ją tylko myślą.

- Regulator IP - inna metoda eliminacji zera.



Czyn. P zostaje przenoszony do pętli sprzężenia zwrotnego.

Transmitancja układu:

uwzględnione
twe fazy spłaszczone
zawrotnych

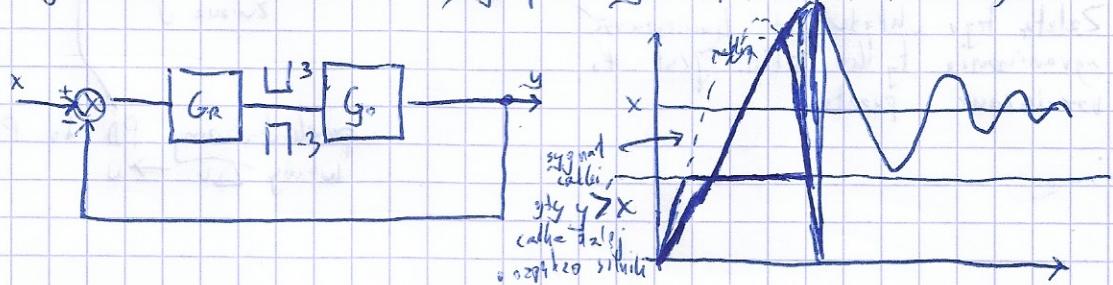
$$G_2(s) = \frac{\frac{K_I}{s} \cdot \frac{1}{sT}}{1 + \frac{K_P}{sT} + \frac{K_I}{s} \cdot \frac{1}{sT}} \rightarrow \frac{K_E}{s^2 T + s K_P + K_E}$$

bush rożekki
nie ma konieczności
uwzględniania filtra.

UKŁADY ANTI-WINDUP

Miejsce

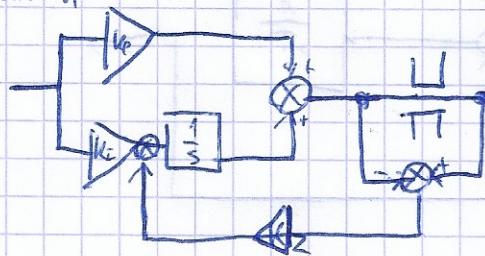
- Twarde ograniczenia VR: fizyczne ograniczenie. Unikaj aby zawsze odbiegac od fali.
- Miękkie ograniczenia: fale, które możemy przeprzeć (przykłady na Antre XD)



Czyn. w ANTI-PW nie działa od początku, tylko kiedy y po pierwszym taktie pracy układu. Sygнал sterujący ma wartość $1 \cdot K_P = K_P$

Po pewnym czasie całka nie ma już ważności, rozłatajemy ją.
Ale i tak ma to wpływ na ten układ do czasu "wyzerowania".

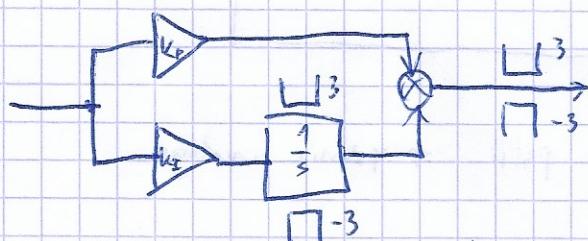
- Pierwsze wzmocnienie AW:



Na AW ma wpływ K_p . Pośuwajemy ją przed i za ograniczeniem.
Różnica jest przenoszona na głąbkę I. Gdy chomponować wpływ K_p ,
to FB na całkę dodaje się jeszcze jedno wzmacnianie $\rightarrow K_2$

Za duży $K_2 \rightarrow$ całka szacuje góra - dół. Za mały - brak wpływu.
 K_2 zawsze jest wtedy 10-100.

- Drugie podejście: podobno standard u prosto.



Układ powinien mieć ograniczenie całki wówczas ograniczenie wyjścia.
Nie powinno się ograniczać całki więcej - może wtedy nie pojawić
uchyb ustalony przez założenia (M_0), kiedy przekształcanie się zmniejsza.

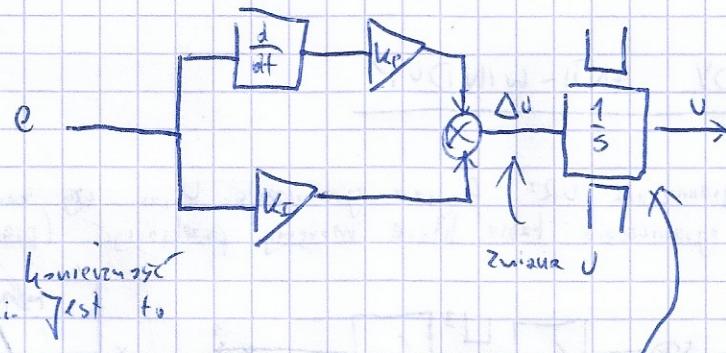
- Wersja przyrostowa regulatora PI:

$$\text{Z równania regulatora: } u = K_p e + K_i \int e dt \quad | \frac{d}{dt}$$

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

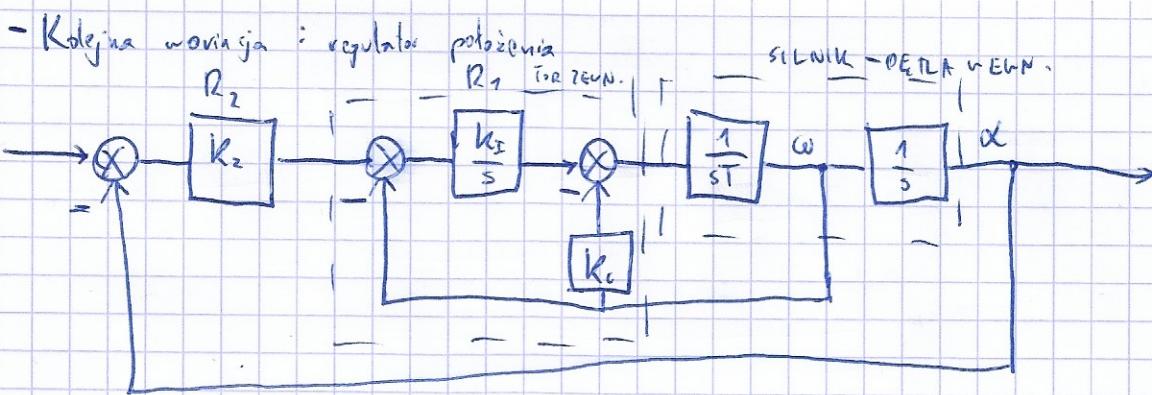
$$\Delta u = \Delta e K_p + K_i e \quad (\text{wzór przyrostowy})$$

Z przyrostowych wzorów:



Zadziały tego układu jest konieczne ograniczenie typu całki. Jest to uzupełnianie prostsze.

Przekształcamy PD do PI matematycznie.
Wtedy $\Delta u \rightarrow u$



W ukt. regulacji α mogą pojawiać się oscylacje i do kwestii
zadzielić ich potencjalne przyczyny.

Poniższa struktura to struktura regulacji haszatowej.
Zjawiska w petli wewnętrznej muszą zachodzić w S razy
szyciejsze niż w zewnętrznej.

Najpierw dobieramy nastawy regulatorów w celu kompensowania
stalej mechanicznej - czyli żeby relatywnie szybko sterować
obiektem.

Transmit. petli wewnętrznej to $\frac{1}{s+1}$, co jest przedstawione
także jako $\frac{1}{s+K_2}$.

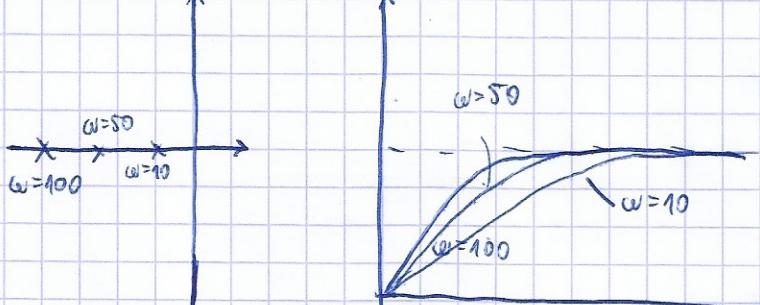
Po przyjęciu petli wewnętrznej $= 1$, dla petli zewnętrznej:

$$\text{Ukt. 1 ogółem} = \frac{\omega}{s+K_2} = \frac{K_2}{1 + K_2 \frac{1}{s+1}} \rightarrow \frac{K_2}{s+K_2}$$

Równ. char. vs. utlenianiu obniżenia

$$s + K_2 = s + \omega \rightarrow K_2 = \omega \quad (\text{brak stałej czasowej})$$

$$f = \frac{1}{\omega}$$



Jeli regulując tylko P , mogą pojawiać się oscylacje biorąc się z
pominątych wproszeń - przesunięcie ω przesuwa też taki biegung.

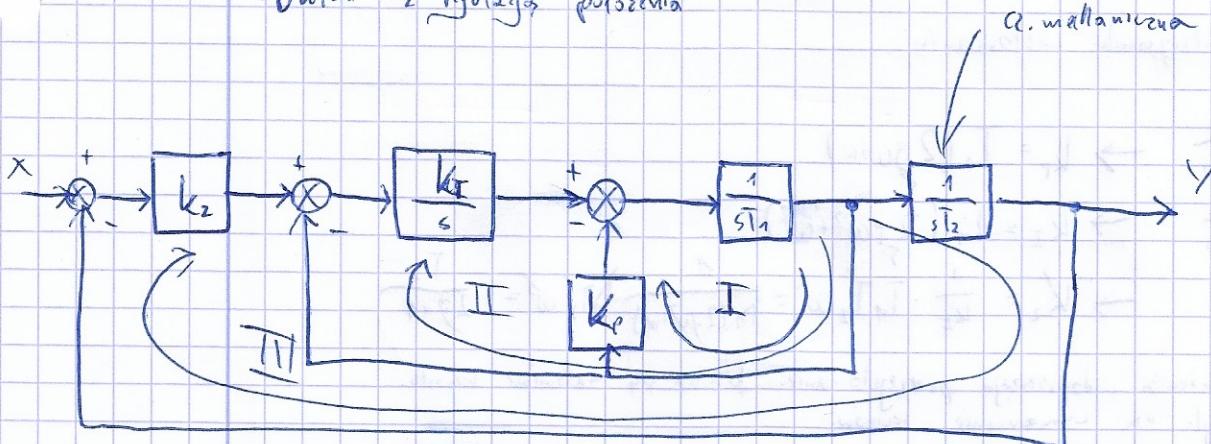
Im mniejsze różnice czasów reakcji między petlą zw. i niewid.,
w układzie mogą się pojawiać oscylacje.

Mogą tu pojawić się problemy zrozumienia przez analizę pierwotną
stanu: na tej podstawie sterować określającą petlami naraz.

MODELOWANIE NAPĘDÓW - WYKŁAD 3

17.02.2021

- Uklad z regulacją położenia



a. matematyczna

Zasada struktury klasycznej. Regulator IP. Nie występuje zera licznika, który ma jazdzący efekt zakłócający.

Regulator K_2

Dobierając regulator klasyczny, przez poziomie bieguna, rezygnujemy z ujemniej pętli. Biegung odsuwamy od 0. \rightarrow biegung wysoce stabilizacyjne.

Dynamika pętli rul. musi być znacznie mniejsza od dyn. pętli zwrot. o 5 razy.
Alternatywne podejście: rozważenie całego ukladu naraz — otrzymujemy wzory na nastawy 3 regulatorów naraz.

- Określamy 3 pętla regulacji i piszemy transmitancje obk. zamkniętego:

$$\frac{Y}{X} = \frac{K_2 \cdot \frac{K_I}{s} \cdot \frac{1}{sT_1} \cdot \frac{1}{sT_2}}{1 + \frac{K_p}{sT} + \frac{K_2}{s^2T_1} + \frac{K_2K_I}{s^3T_1T_2}}$$

Sprawdzamy to do postaci standardej, czyli przekształcamy przez $\frac{s^3T_1T_2}{s^3T_1T_2}$.
Uzglednienie T_1T_2 przekaźna w przescie rownania.

$$\frac{Y}{X} = \frac{K_2 K_I}{s^3 T_1 T_2 + s^2 T_2 K_p + s K_2 T_2 + K_2 K_I}$$

Wyznaczy wartości s takie same — nie będzie uchybu ustalonego.
Dlatego „s” oznacza zmiany krytyczne. Po pewnym czasie, w wyniku $s \rightarrow 0$. Dostajemy wtedy 1 na wyjściu — co gie błąd przeliczeniowy ($\rightarrow \frac{X}{Y} = 1$) uchybu ustalonego.

$$\frac{Y}{X} = \frac{K_2 K_I}{(s+\omega)(s+\xi\omega^2 s + \omega^2)}$$

Z mianownika powyższego:

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

Otwierany wielomian charakterystyczny powinien do postanego wielomianu transmitancji:

$$s^3 + s^2(2\zeta\omega + \omega) + s(2\zeta\omega^2 + \omega^2) + \omega^3 = s^3 + s^2 \cdot \frac{K_F}{T_1} + s \frac{K_E}{T_1} + \frac{K_E K_F}{T_1 T_2}$$

Przygotowujemy wstępny wynik: wielomianu:

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

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

$$\omega^3 = \frac{k_2 \omega_2}{T_1 T_2} \rightarrow K_2 = \frac{1}{k_2} \cdot \frac{1}{T_1 T_2} \omega^3 = \frac{1}{T_1 (2\pi f_{\text{ref}})} T_2 \omega^3 = \frac{T_2}{2\pi + 1}$$

Czasami ukt. reg. położenia doprowadza do przeregulowania. Wykazuje się natomiast brak regulowania z uwzgl. na wzmocnienie skumów.

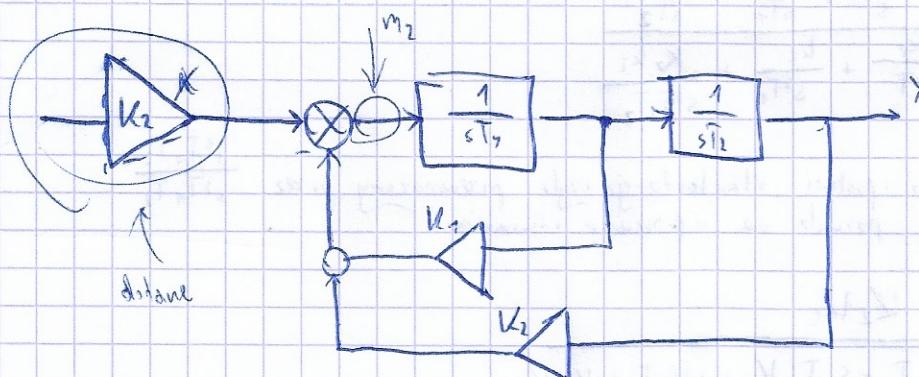
Brah w sp. tlumieñiu oznacza źle biegły co na osi ujawniaj.

Wsp. fluorowania można uproszczyć precyzyjnie, gdyby układ mierzący odległość nie do końca jasne pierwiastki. Wtedy nawet w granicznym przypadku, zsyłka nie następuje.

Układ ma działać tak jak my chcemy, a nie tak jak wynika z warunków czy higienicznych regulacji.

Zdarza się, że cyfry, gdy stabilna jest nie稳定性 przed pewnym zakresem, potem staje się稳定性 przy ~~zakresie~~ wyższych.

REGULATOR STANU



Wszystkie zmiany uwzględniamy w pętli sprawcza zwracającą przy rejestracji.

Regulator stawia wiele streszczeń dla obiektów każdego rynku

Transmitancja obiektywów

$$\frac{1}{sT_1} + \frac{1}{sT_2} = \frac{h_1}{sT_1} + \frac{h_2}{sT_1 T_2}$$

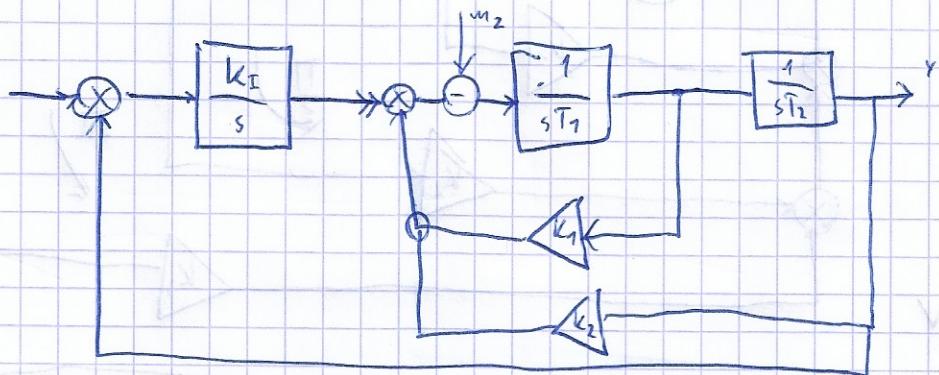
Po przedstawieniu:

$$\frac{1}{s^2 T_1 T_2 + s \bar{T}_2 k_1 + k_2}$$

W stanie ustalonym, $G = \frac{1}{k_2}$. Pojawia się uchyb ustalony.
Aby go kompensować, dodajemy na wejście wzmacnienie $\frac{1}{k_2}$.

Ponadto, brakuje zbiornika I - uchyb ustalony pojawia się przy wystąpieniu zakłócenia, np. momentu.

Względnienie I daje poniższy układ:



Transmitancja całego układu:

$$\frac{\frac{K_I}{s} \cdot \frac{1}{sT_1} \cdot \frac{1}{sT_2}}{1 + \frac{K_1}{sT_1} + \frac{K_2}{s^2T_1T_2} + \frac{K_I}{s^2T_1T_2}}$$

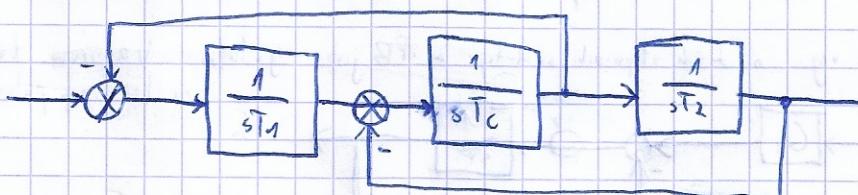
Wyjdzie to samo, co przedtem, w poprzednim układzie: analiza wielomianu char. i te wszystkie przekształcenia.

W regulatorze stanu, przy każdej kolejnej zmiennej stanu usuwamy ograniczenie → pktli zw. pkt. do prostokątch.

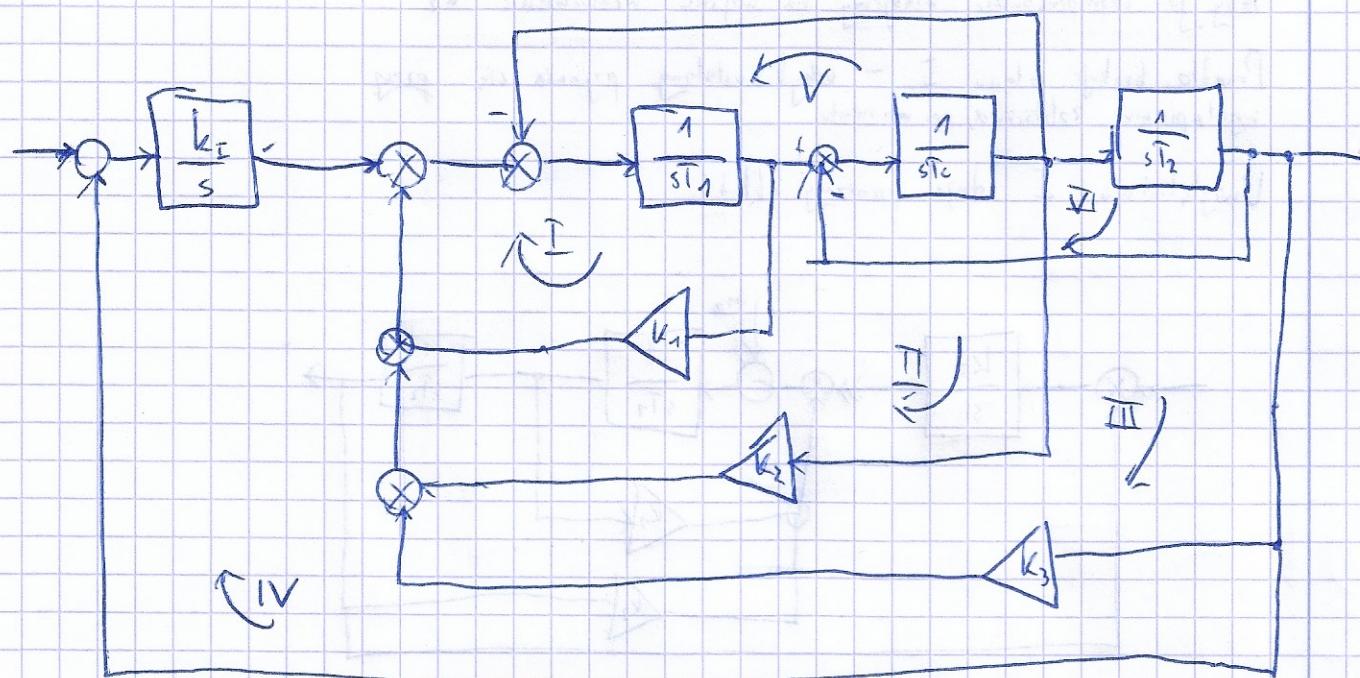
Wady tego układu jest brak ~~ograniczeń~~^{funkcji} uprawnienia ograniczeń zmienionych stanu. W bardziej, sprawdza się to do ograniczenia np. w regulatorze nadziedzonym. W reg. stanu, ograniczenie można uprawnić na sygnał sterujący.

W regulatorach stanu, ograniczeń zmienionych używa edywans - wanych metod, np. przedykujących.

UKŁAD DWUMASOWY



Przykłady reg. stanu. Zaczynamy od zdefiniowania zmienionych stanów.



W układzie pojawiają się też pętle zależne od siebie.
Zapisujemy równanie:

$$\frac{y}{x} = \frac{\frac{k_I}{s} \cdot \frac{1}{sT_1} \cdot \frac{1}{sT_2}}{1 - \left(\frac{-k_1}{sT_1} - \frac{k_2}{s^2 T_1 T_2} - \frac{k_3}{s^3 T_1 T_2 T_3} - \frac{k_I}{s^4 T_1 T_2 T_3} - \frac{1}{s^2 T_1 T_2} - \frac{1}{s^2 T_2 T_3} \right) + \left(\frac{k_1}{sT_1} \cdot \left(-\frac{1}{sT_2} \right) \right)}$$

Układy całkujący zapewnia nam, że nie pojawia się ukłyb ustalony.

układów odp. za pętle niezależne

Ogólne informacje: ukłyb ustalony

$$\dots + s^2 b_2 + s b_1 + b_0 \\ \dots + s^3 a_3 + s^2 a_2 + s a_1 + a_0$$

- war. eliminacji ukłybu ust.: $a_0 = b_0$

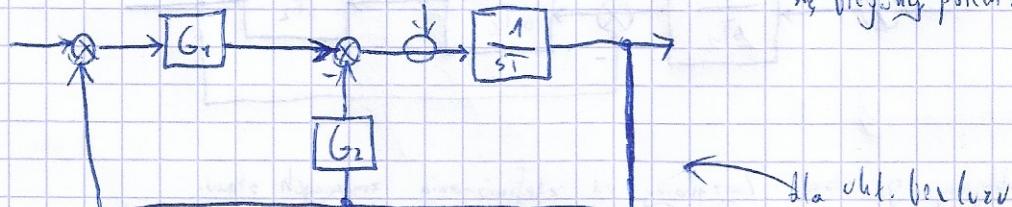
- eliminacja ukłybu przedziałkowego: $b_0 = a_0$

- eliminacja ukłybu połącz. $\oplus a_2 = b_2$

ogólne:
z pętli:
A BC:

$$+ (AB + BC + AC) \leftarrow ABC$$

Mówiąc fr. o reg. o dwóch stopniach mamy: w FB jest regulator. Najpierw oblicza się liegony potencja.



PROJEKTOWANIE NAPĘDÓW - WKL. 3:

MODEL SYSTEMÓW DWUMASOWYCH

- Będziemy omawiać finiure struktury sterowania.
- Ukt. dwumasowe to np. silniki lotnicze, turbiny wiatrowe, silniki i wałki produkcyjne. Duże zastosowanie przemysłowych.
- W wielu układach nie widać różnic między przedmiotami maszyny roboczej i silnika. Tętniąco częsty przykład na przyjęte ujednolicenie złączania sprzążkowe — złączanie się wału jak spigoty.
- Przykład: przenośniki taśmowe.

Ramka wału: chce my ją najmniej modyfikować. ~ elementy rur, cewise i co za bieżącej postacie na obrot. mechan. Można projektować nowe złączające albo nowe materiały.

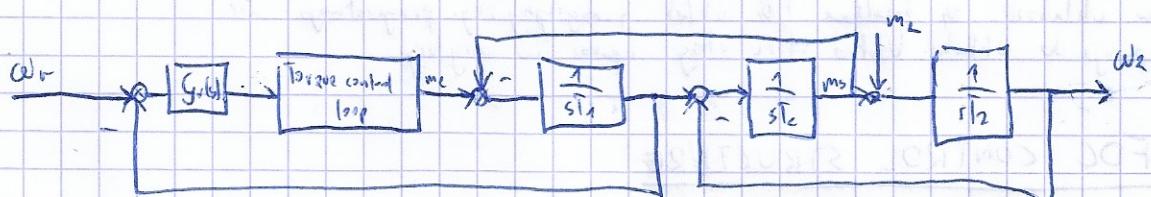
Turbina wiatrowa: w celu zw. niezawodności, trzeba upr. ogr. na momenty skrętne.

Autony kosmiczne: wynioj bardzo precyzyjnego ustalenia położenia, a przy tym kompensacja wszelkich ograniczeń.

- Problemem jest często zjawisko dżawów chętnych — może to np. uniściąć wał maszyny. Organia muszą być pod kontrolą.
- Projekt ukt. st. dla dwumasy zaczyna się podobnie do sposobu klasycznego sterowania haszko-dżawowym zaczynamy od gętki reakcji, potem zwaln. i kompensujemy state czasowe.

STRUKTURY SYSTEMÓW STEROWANIA WKL. DWUMASOWYCH

- Podstawowy ukt. dwumasy:



$$K_p = 2 \sqrt{\frac{T_a}{T_c}} \quad K_i = \frac{T_a}{T_c T_b}$$

Param. uktatu nie zależy od g ; w — zależy tylko od param. uktatu.

- Jedynie z podajrō jest alternatywne rozłożenie biegunków. Ukt. dwumasy z regulacją to ukt. 4. w kąt. Biegunki można rozłożyć na kąt lub na prostą. Nie zawsze można to zastosować.
- Dodatkowe sprzążnienia ewentualne: to ukt. upr. sp. zw. od istniejących zmienionych stanu. 3 ster. param., 4 biegunki — lepiej koncentruje się. Można też zrobić FB A' w postaci południowej np. poch. równicy w.

Chci sprawić aby zmiany mogły mieć podobny charakter.

Niektóre zmiany jest łatwiej estymować, niektóre trudniej.
Może być 7 dodatkowych FB \rightarrow 3 różnych grup.

Każde dod. FB poprawia parametry stp. układu, ale przy tym należy pamiętać, że jede zmiany mają wpływ na wszystkie, inne - mniej.

- Obiekt dwumassowy jest bardziej skomplikowany, bo jego struktura złożnika ma 4 ciągi, zależne od siebie, i przez to można je rozmielić jednozakresowe na pl. zespalonej.

- Metoda z regulatorem o dwóch stopniach swobody.

Czasem nazywane regulatorem alfa-beta.

Metoda polega na tym, że przy zmianie wartości zadanej

Działający regulator reaguje tylko na zmiany tzw. trosk wartości zadanej.

Eliminacja uchyb gwałtownych i przyspieszeniowych: jeśli podążamy za sygnałem, to w pewnym momencie będziemy mieć uchybę ustaloną, opierając się o aktualny sygnał wejściowy.

Kompensacja tych uchyb ~~to jest~~ można robić badając zakłócenie i dopasowując dodatkowe FB o określonych współczynnikach na nim bazujące \rightarrow „Efekt zer”.

OGRANICZENIE MOMENTU - ARI

- Można stosować rozwijanie położenia do Anti-Windup. Jeżeli jesteśmy w układzie z dodatkowymi FB, układ反馈 reagujący reg. przyrostowego nie pasuje do układu. Układ może stąd upadać w oscylacje.

FDC CONTROL STRUCTURE

- Metoda ta eliminuje zero i zneutralizuje ustalą bięźnię.
- Transmituje zapistycie się jako zmiany ujemne. Określa się zmianę sterującą i sterowane. Kolejne przekształcanie powoduje, że pochłonie w sumiach zmieniający się na wartości bazowe.
- Ukł. pamięta zakłócenie i potrafi je uwzględnić w regulacji.
- Układ potrafi utrzymywać state przedziałów przy zmieniającym się periodycznie momencie obigżenia.
- Na laboratoryjum bieżącym się tym bardziej zajmować

PROJEKTOWANIE NAPĘDÓW - WYKŁAD 4

26.10.21

2-3 wykłady

WPROWADZENIE DO STEROWANIA ROZMYTEGO

- Doliczając mnożnikiem model-pow "model-based control" - sterowanie w oparciu o model matematyczny obiektu. Sterowanie rozmyte rezygnuje z wykorzystywania modelu.
- Pierwszy - Modelowanie i sterowanie rozmyte - opisy bieżące trafiające do sterowania rozmytego
- Klasyczna logika mówi, że 0 to fakty, 1 to prawa. Logika rozmyta nieznana stanu przekonuje. Logika rozmyta wprowadza nieskończoność, gdzie przedziałem np. 0,86 to prawda
- W modelu rozmytym wiele, wprowadzamy za pomocą stał - inaczej, niż w modelu matematycznym; i mówimy, że wykorzystaj po wprowadzeniu - czyli możliwość wykorzystania dla sterowania rozmytego.

• JEŻELI temperatura jest wysoka I lekko spada

TO dopływ energii jest średnio-wymi!

- Regulator rozmyty jest z technicznego punktu widzenia regulatorem nielinijnym. Czynnikami parametru można dobrze tak, aby "biały" stan był regulatorem liniowym.

Funkcja liniowa jest tylko szczególnym przypadkiem funkcji nielinowej - stąd funkcja nielinowa może mieć więcej możliwości niż funkcja liniowa.

- Rozwijaj sterowania rozmytko

1. Systemy bazujące na zbiorach typu I

Oznaczamy pewne zbory i nazywamy je - wartości małe, duże, średnia, etc. Warto była konieczność znajomości logiki tych zbiorów

2. Systemy bazujące na zbiorach typu 2

Zbory te same w interpretacji rozniały się na kolejnych okresach. Niektóre części zbiorów są jasno określone, nicht przedzielają je rozmyte granice - strefa niepewności.

Zbory typu 2 są bardziej precyzyjne w realizacji, ale dają lepszą wykonanie swoje zadanie określania granicznosci stanu.

3. Obliczenia na stowach.

Praktycznie: realizacja zbiorów nie mających dodatkowych cech, gdzie można stwierdzić odległość jaka "blisko" i "dalszo" i na tej podstawie przesiągać się.

Rozja: Stwierdza się to gdy istnieje funkcja na napięciu, a kluczowe metody nie definiują - prosty sposób określić sterowanie.

ZALETY STERU

- Zalety sterowania rozmytego

- Implementuje się tryb ekspresji w ułatwach regulacji przemysłowej. Wszystko wizualnie zapisane słownie i model jest w stanie na tej podstawie dokonać działań do wykonyania.
- Odporne sterowanie rozmyte nie potrzebuje znaczeń stałych nastaw regulatorów przy zmianie warunków pracy układu. Jest to założenie np. sterowania adaptacyjnego czy przetłumionego.
- W modelach rozmytych można poprawić znaczenie parametry procesu.
- Systemy lingwistyczne są bardziej rozumiałe dla różnych grup inżynierów.
- "Fuzzy logic" to hasło marketingowe, a przy tym przewala na reklamowanie nowych patentów, na rzeczywistość, którą nikt nie wie o co chodzi.

- Ograniczenia sterowania rozmytego:

- Nie da się zbudować rozmytego sterowania bez uprzedniego zdefiniowania obiektu i operatora.
- Czas włączenia projektu jest sterowany tylko w ułatwach skomplikowanych. Przy sterowaniu silnikami, kiedy konieczny jest wykorzystać metody klasyfikacji.
- Brakuje metod sprawdzania stabilności regulatorów - choć ten argument jest już w zasadzie nieaktywny.

SPOŚJĘ ZAPewnienia STABILNOSCI W U.R.

Wprowadza się pewien zakres pracy. Przekroczenie tego zakresu jest wykrywane przez regulator supervizyjny, np. P, który pozytywnie wpływa na obiekt.

- Zestawiania logiki rozmytej:

1. Monitorowanie procesów.
2. Diagnozowanie błędów.
3. Wspomaganie planowania i projektowania.
4. Sterowanie procesami.

WYSŁAŻKI DOT. STOSOWANIA REGULATORÓW ROZMYTYCH

- W przypadku określonych kryteriów, sterowanie rozmyte może poprawić parametry jakości sterowania, ale przy tym pozwoli zmniejszyć tryb ust. st. Dofiniejsze to zwiększa wielkościach określonych jakości zasługiwanych.
- Układ tradycyjny może być supervizorem ukł. rozmytego, poprawiającym jakość sterowania. Sterowanie hybrydowe.
- Układ rozmyty może zakończyć zastępstwo sterowanie klasyfikacyjne.

Układ rozmyty, po labotarium będzie kontynuować wstępne

MODELOWANIE NAPĘDU - WYKŁAD 5

- Simulink: Fuzzy Logic Toolbox

WPROWADZENIE DO STEROWANIA ROZMYSŁEGO - CD.

- Regulatory rozmyte bazują na regułach ~~zdefiniowanych~~ ze zmiennymi (lingwistycznymi, zdefiniowanymi) za pomocą fuzji stanów rozmytych.

Ale jak zdefiniować zbiory rozmyte?

- Zbiory rozmyte spektrują pewne właściwości - algorytmy:

ALGORYTMY SCHWABA:

1. Lektanie z reguły nie postępuje się stereotypowo prostokątnymi funkcjami przynależności - jeden element może należeć do kilku zbiorów.

2. Pierwsza pełnotna intuicyjnej funkcji przynależności jest ciągła w całym zakresie

3. Druga pełnotna

4. Trzecia pełnotna

5. Zakrywająca intuicyjnej funkcji przynależności ma bardzo małe.

WARUNEK PODZIAŁU JEDNOŚCI

Suma przynależności każdego elementu x z przestrzeni rozważaną jest równa 1.

$$\sum_n \mu_{A_n}(x) = 1$$



Spłatek tego warunku daje zwykle gładszą pow. modelu rozmytego

ODCINKOWO-LINIOWE FUNKCJE PRZYNALEŻNOŚCI

Funkcje t. s. stochani prostymi połączeniami w pewne funkcje.

Zalety to:

W specyficznych miejscach funkcje są liniowe. Podejście metodem analogicznego.

Wadami są nieciągłości - stylem pow. liniowych nie mają pochodnej, więc w tych miejscach mogą wystąpić osiąganie w ułotkach.

SYMETRYCZNA FUNKCJA GAUSSA

Inna funkcja przyn. w fuzzy logic. Szczytka biega się w sposób ciągły, więc nie zachodzi problem z różniczkowalnością. Daje to lepsze właściwości regulacji.

Prawa liniowa nie są na obrazach proste zadawane, ale na nich stylem - tak.

$$n(x) = e^{-\frac{(x-b)^2}{a^2}}$$

- funkcja rozkładu Gaussa.

T. zba tu przedstawić wszystkie wyniki i przygotować sprawdzian, co utworzą m.in. m.in. Metody te eliminują się np. ustawiając przypomnienia.

Ponadto, Gauss powoduje nieznaczenie.

- 99% systemów oparte jest na f. logistycznych lub Gaussa.

ZBIORY ROZMYTE TYPU I

- Zbiór rozmyty przypisuje każdemu przedziałowi pewne wartości.

ZBIORY ROZMYTE TYPU II

- Np. jednostki czasu, staba/dobry / etc. Nie ma określonej wartości przypisanej każdemu przedziałowi - są jedynie pewne granice.

Systemy oparte o zbiory rozmyte typu II są bardziej złożone, ale mają lepsze właściwości regulacji.

PODSTAWOWE OPERACJE NA ZBIORACH ROZMYTYCH:

- Iloczyn: częst. wspólna z zbiorem
- Suma: wartości maks. z 2 zbiorników, ale niekon.
- W logice rozmytej sami definiujemy czym jest iloczyn, czym suma.
- Norma - funkcja przypominająca iloczyn; f-heja o charakterze iloczynu. Norma w logice rozmytej jest tzw.

OPERATOR T-NORMY

- W aktuach T-norma musi odróżniać jasne wartości. Stąd wybór ogólniejszych mnisz, aby stwierdzić mniej więcej wysoką czy niską.

NIEESTATEWALNE OPERATORY S-NORMY

- S-normy definiują sumy tak jak T-normy definiują iloczyny. Sumy mnisza definiowane są wizualnie sposoby.

Tu też mnisza definiują stopień optymalizmu - od niskiego do wyższego.

Operator MAX dość najmniejsze wartości, ale mnisza działać inne.

OPERATORY KOMPENSACYJNE

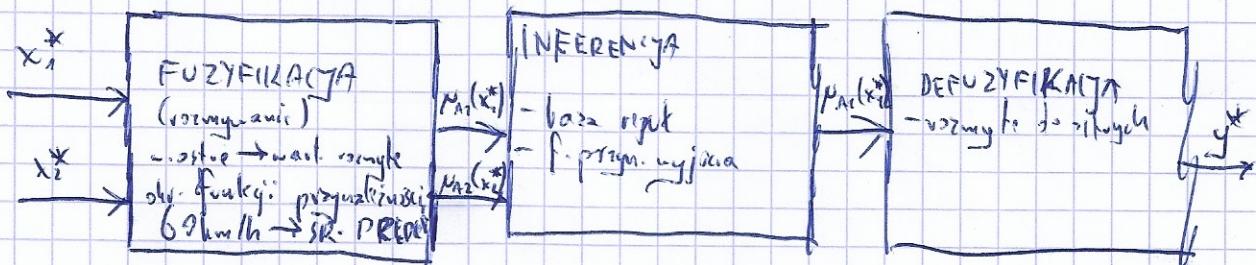
IF (sensu) jedna sztuka AND (prawdowość jest blisko) THEN (hamuj)

Przy małych odd. z 1 potencjalny, ~~ale~~ układ może nie działać - przykład: spadek za wolnym gąbem zastaje się MIN.

Operatory kompensacyjne prowadzą - wartości związków AND (0) ; OR (1).

MODELE ROZMYSTE

- Naszym celem jest stw. modelu, w celu aby regulować. Podst. modele rozmyte składają się z 3 podst. elem:



- Defuzyfikacja polga na przekształcaniu logiki rozmytej na fizyczne wartości \rightarrow DUZE NAPIĘCIE \rightarrow 220V.

- W syst. typu III rozmywa się i wartości ogólnych.

- Fuzyfikacja zmaga się z nieprecyzyjną i ogólną.

- Inferencja - uzupełnianie. Występuje cztery operacje. Stopień spłaniań przekłada się.

- Operacja amplifikacji jeśli w systemie jest kilka reguł, które mówią że system ma działać,

- Istnieje wiele metod defuzyfikacji.

= METODA ERODOWA CIGIĘTKA: usztyftuje fuz. zakl. zdefiniowane kiedykolwiek w procesie defuzyfikacji male rozmycia to daje najbliższe obliczenia

= METODA WYSOKOŚCI: wykazuje różnicami co do wzorca który opisuje co następuje zbiórów zbiorów jednoelementowymi.

BAZA REGUL

- Wiedzieć jaka jest struktura całego systemu rozmytego. Wiedzieć analizując za pomocą skomplikowanych metod, prowadzących do określonych wniosków.

- Liczba reguł zależy od liczby zbiorów rozmytych i liczby węzłów.

KOMPLETNOŚĆ

- Linguistyczny: system jest kompletny, jeśli wszystkie zbiory są używane w regułach

- Numeryczny: tabela z której zbaduje jakie reguły.

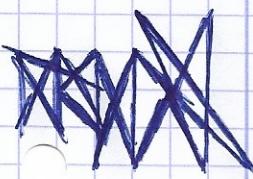
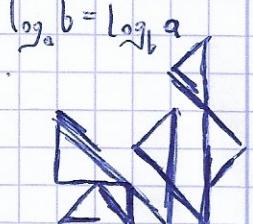
ZGODNOŚĆ BAZY REGUL

- Reguły nie powinny być ze sobą spłaszczone.

REDUNDANCJA BAZY REGUL

- W bazie reguł występują identyczne reguły - albo celowe, albo przez powtarzanie.

$$\log_a b = \log_b a$$



PROJEKTOWANIE URA - WYKŁAD 6

09.11.2021

STEROWANIE ROZMYTE

STATYCZNE REGULATORY ROZMYTE

- Reg. o stałej charakterystyce, np. P z ograniczeniem.
- Na wyjściu można umieścić fizby - upraszcza to stwierdzenie, ale regulator rozmyty.
- W reg. dwupotocznym
- Linia reguły - równa liczbie funkcji rozmytych na wejściu.
- Przykładem się dwóch przedziałów daje f. linowa.
Funkcje odciętości-liniowe zakończone są fikcją liniową zakładającą się
- Reg. historyczny - reg. dynamiczny - potrzeba jest znać poprzednią wartość sygnału.

REGULATORY DYNAMICZNE

- W przedmiotach do klasyfikacji PID, układ rozmyty sumuje sygnały czterech w sposób nieliniowy
- Forma przystosowana jest prostsza do udrożnienia, zwłaszcza w przypadku układów anti-windup.
- Jeśli wejście A_1 jest zbiorem rozmytym i wejście C_2 jest zbiorem rozmytym, to wyjście wtedy jest zbiorem rozmytym.
- Reg. TSK : zwiększa fikcję liniową na wyjściu, fikcja reg. PD
- Stopień spełnienia przestanki określana $\text{wartość wyjścia regulatora}$.
- Miejsce poszczególnych funkcji w reg. rozmytym uchodzi w obszarze niskiej, przejściowej i wysokiej poszczególnymi funkcjami.

Gwałtowne zmiany funkcji nie powinny zachodzić, bo może to prowadzić do gwałtownych zmian wzmocnienia, a więc oscylacji.

Reg. TSK - aby na spore zwiększenie wymagań przesyłek. Z jednej strony \Rightarrow chęć inteligentnego systemu, z drugiej - klasyczne reg. PID.

- Model Tskamoto: z ruchomymi konkiliacjami. Dotyczącego np. tyle były - stałych konkiliacji. Tutaj konkiliacje \Rightarrow ruchome, czyli przestanki zmieniają położenie konkiliacji
- System - z parametryzowanymi konkiliacjami: położenie konkiliacji zależy od dodatkowych zmienionych, lepszych sposobów osadzania w systemie.

- Falowne się neuronowo - oznacza. Się zależy od fazy wibracji. Występują funkcje falowne.

Funkcje falowne to wielinowe funkcje matematyczne. Zawierają licznych, m.in. m.in. typu II: w zbiornach typu I tabela opisują funkcje proporcjonalne. Zbiory typu II mogą umieszczyć funkcje wielokrotne i wykresy.

- Się neuronowo - oznacza typu II: w zbiornach typu I tabela opisują funkcje proporcjonalne. Zbiory typu II mogą umieszczyć funkcje wielokrotne i wykresy.

Na wykresie: regulator typu - określanie konkretnej wartości.

- Rekurencje: dokładanie ich poprawia parametry, ale zwiększa kompleksy. Tu zbliżamy się do klasycznej sieci neuronowej - model czuciowy skrypty, który zawartość nie jest interesującej.

STEROWANIE ADAPTACYJNE - PODZIAŁ OGÓLNY

- Adaptacja - przerzadzenie na temu, które warunki mogą się zmieniać. Wykorzystany algorytm, który dopasowuje nastawy regulatorów do nowych warunków po zmianach. Jest to pojęcie lepsze niż projektowanie ukl. odpowiednich.

- Pośrednie sterowanie adaptacyjne: dokonujemy identyfikacji zmieniających się parametrów. Pojawia się algorytm identyfikacyjny, który dobiera nastawy regulatorów na podstawie obiektowego modelu. Działanie temu parametry dynamiczne mogą być takie same przy różnych warunkach.

Ograniczeniem jest dokładność i szybkość algorytmu dobioru nastaw. Identyfikacja musi być czasem opóźniona, bo wprowadzenie nastawy mogą prowadzić do niestabilności obiektu.

- Bezpośrednie sterowanie adaptacyjne: mierzymy wyjście (czasem też wstęp) obiektu i na tej podstawie dobieramy nastawy regulatora. Metody tej wie mówią stosować dla obiektów bardziej skomplikowanych (wyższych stopni), bo musi to ograniczyć ich szybkość.

Przykład: MRAS, stw. adapt. z modelami dostępnymi. Jeżeli parametry obiektu (stale mechaniczne, etc.) się zmieniają, trzeba wprowadzić zmiany nastaw. W celu ich dotoru postępujemy się modelem referencyjnym (odniesienia). Jest to np. układ I stopnia - obiektowej stałej czasowej.

Zmiana sygnału wejściowego wpływa na model odniesienia. Powinny być to z wyjściem obiektu. Gdyli model odniesienia jest rygoryczny, wynikający bląd zwiększa nastawy regulatora.

Algorytm adaptacji może mieć formę określającą, na ile duże zmiany nastaw wprowadzamy. Często jest to czynnik PD, czasem PID. Metoda ta wie mniej np. generować nastaw o nieskończonej wartości - obiekt traci wtedy stabilność.

- Przykład zo słajdu: mójny adaptować wyjście - nastawy, kontaktry, itp. Kontaktry są np. wzmocnieniem regulatora. W najprostszym przypadku emulujemy właściwe kontaktry.

Na wykresie sektorowym 3D, zmiana kontaktry oznacza zmianę punktów podparcia. Jeżeli całość w adaptacji zależy od stopnia spławnia przesłuch, to w obiektach niewielkimi zmianami się tylko aktualny sektor pracy.

- Na początek "uznania" algorytmu, ~~funkcje~~ parametry układu są niewielkie i stałe. Z czasem prace zarządzających się regulują i układ osiąga lepszą dynamiczność. Następny etap nastąpi.
- Wady sterowania adaptacyjnego jest brakzenie niewielu buforów układu regulacji do systemu.

ADAPTACYJNE STEROWANIE SLIZGOWE

- Usunięcie z ciałek z wyjścia. Układ wykazuje parametry dla ciałek nerwów - ciałka nie ma w regulacji, ale jest w algorytmie adaptacyjnym.
- Do układu wpływu wprowadzić dodatkowy kompensator, poprawiający zgodność układu na zakłócenie.

PROJEKTOWANIE UR - WYKAD 7

16.11.2021

ODTWARZANIE ZMIENNYCH STANU W NAP. ELEKTRYCZNYM

- Podstawami stosowania estymatorów stanu są:
 - nieosiągalność pomiarów niektórych zmiennych

MET. EST. ZMIENNYCH STANÓW

- Algorytmiczne - przebieg do akt. regulacji.
 - Gsymulator ZS:
 - Olszynkiewicz Luenbergera: estymuje na podst. modelu
 - Filtr Kalmana
- Minimalizacja zakłóceń: analiza kilku problemów, wyk. historii zmian, moving horizon estimator.
- Met. op. o AI:
 - modelu regułującego
 - sieli neuronowej

Met. alg. o AI się co czasem używa w praktyce badawczej.

- Obs. Luenbergera: met. analityczne jak dla proj. Regulat. pojawienie się szumów i zakłóceń ma wpływ
- Alg. Filtr Kalmana: mechanizm filtracji \rightarrow się na zakłócenia skompensowane równania, ale wykonanie nienajlepsze
dla Q i $R \rightarrow$ nerealizowalne w praktyce

Filtr Kalmana powstaje gdy sepekt się pojęcie - Pierwsze użycie
w Apollo pojęcie to nie ma sensu.

- Sielne sieci neuronowe / reguły: opis - dow. nieosiągalny, model mat. ob. nie jest potrzebny

AI się przydatne, aby nie mamy wiele modelu mat. obiektu

- Kiedy estymator wprowadza opóźnienia - często estymuje się nawet nieistniejące, żeby opóźnienia były wszędzie takie same.

SYMULATOR ZMIENNYCH STANU

- Mały model, ale nie mamy wszystkich zmiennych stanu. Kopiujemy model i dajemy t. same rejestr. Nie jest to konieczne, bo model matematyczny \neq matematyczny.

W obiekcie są stany pozytywne. W akt. regulacji pozyje nie musi być zero - może to generować zakłócenia. Np. nieogniące rury.

Reakcja systemu zależy się z pewnym opóźnieniem. Staramy się uniknąć wystąpienia zakłóceń.

W pewnych syt. symulatory moimie stosować, ale nie zawsze.

OBSERWATORY ZMIENNYCH STANU

- Podsumowanie najś. obiektu - modelu \rightarrow boje to błąd estymacji. Analogia do regularnej regulacji. Obykt to powinna mać korekty zmiennych stanu.

Wartości bloku K mogą mieć różne formy - chętniej K , rzadziej.

OKL-Z POL SPREZYSTYM

- W obszarze Luenbergera: rozszerzenie układa stanu o moment obciążenia jest podst. operacją.

T_1, T_2, T_0 - wsp. korekcyjne.

Można rozszerzyć transmitancję obserwatora i dobrą ją wsp. na położenie met. ujemianiu odniesienia.

Pozostały problem: wybór celu w stosunku do celu układa ramkowego.

Zm. sztywności (gain): mniejsze czwarty, ale lepsze aktu. sygnału estymowanego.

Stan statyczny: obs. jest stały. Stan dynamiczny: szybki.

Występuje ujemnie sprzężenie obserwatora: przenoszenie aktu grawitacji na układ regulacji, co skutkuje np. oscylacjami, wahaniem momentu, itc.

- Eliminacja obciążenia: eliminacja momentu obs. over jgo 1 i 2 pochodzących.

- Estymacja T_2 / T_0 : proces różnicowania, często stojąc się np. $\frac{1}{T_2}$, bo wyznaczenie tego jest prostsze.

Dla uchodu wprowadza się akt. wielkości. Różnicujemy maseczkę stanu po estymowanej zmianie. W każdej próbce, po pojęciu wyż. masy, parametr estymowany.

Nieliniowy Filtr Kalmana

Istnieje problem z wykorzystaniem sobie znanej informacji.

Param. filtru są analogiczne do tych w obserwatorze L.

Mając upominać elementy określające, czy jest stan statyczny czy dynamiczny.

ZASTOSOWANIE ESTYMATORA NEURONOWO-ROZMYTEGO

- Zawiera klasyfikator ukł., estymatory neuronowo-rozmyte.

Użyj się estymatora rozmytego do śledzenia zmiennych stanów.

Est. rozmyte działa w sposób nietekstylny - brak klatek.

Mając zbiór wprowadzić opisanie (klatki), albo akt. aktuator wejściowy.

Sygnalizuje, kiedy nie wiadomo, sprawdza, czy giełda działa prawidłowo.

Est. neuronowych warstw się nie stosuje w przemyśle.

zesp. korekcyjny
proxy w Mac
paralelne metody
UKF

PROJEKT - UR A - WYKAD 8

23.11.2024

STEROWANIE PREDYCYJNE

- Model Predictive Control - gwarancja, w którym uzupełnia się model procesu w celu predykcji zmian przyszłych zmian sterowania w niskim procesu; za pośrednictwem tego sterowanie obiektem - prowadzenie celów sterowania z predykcjami skutkami.

St. pred. jest sterowaniem iteracyjnym - w każdym kroku trzeba znaleźć optymalne sterowanie, bazując na optymalnej trajektorii.

Sterowanie predykcyjne \rightarrow MPC

MPC pojawiło się w latach 70., ale zostało popularne w latach 90. Wcześniej możliwości optymalizacji ograniczały ich zastosowanie.

Cechą istotną MPC przesyła z priorytetu do uzupełnień.

- Struktura MPC:

Na obiekt działaają zatłoczenia. Mogą mieć różne charakter. Za pomocą obserwatora i algorytmów obserwujących znamy stan obiektu. W czasie każdy obiekt jest postępująco estymowany.

Jednak znamy dynamiczne zmiany zatłoczeń, możliwe dokonanie dokładniejszej predykcji.

Predyktor dokonuje predykcji na podstawie określonych znamionowych stanów. Wcześniej jest zasób optymalizacji dynamicznej, aby sterygować optymalne parametry sterowania (adapt).

W MPC przyjmuje się, że sygnał sterujący mało zmieniać się w 1-2 krokach. Robi się to w celu ograniczenia złożoności obliczeniowej.

- Model grynnawicz:

Istnieje kilka różnych modeli MPC. Najczęściej definiuje się model ciągły

\Rightarrow Dlatego stosuje się MPC?

- Ograniczenia MPC:

Fizyczne limitacje wzgl. ekonomiczne, obostr. techn., bezpieczeństwa. Istnieją też ograniczenia finansowe i nielegalne.

Istnieje kilka strategii radzenia sobie z ograniczeniami. Podstawowa jest myślenie niebezpieczne: np. "cautious" - ogranicza się pewne osiągnięcia dynamiczne - komunikuje się o prostu wymaganiami.

Evolutionary: stopniowo gospodarzy ekonomiczne ograniczenia. (anti-windup)

Tactical: sygnał sterujący jest przewidywany; kompensuje warunki zbliżające się ograniczenia - czyli MPC.

- Przykładem MPC jest granie w szachy.
- W MPC istnieje jedyne efektywne mat. funkcji albo (funkcje). Dzień, kiedy nastąpi spowodowany będzie naruszeniem dość pewnych reguł. Tu efektywna jest funkcja wyjścia o dowolnej formie.

Pozycje na plansze wynikają, można związać algorytmem w trakcie gry.

- Parametry sytuacji można mieć on-line i off-line