

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA
WYDZIAŁ ELEKTRYCZNY
KATEDRA ENERGOELEKTRYKI

KIERUNEK STUDIÓW:

MECHATRONIKA

Studia stacjonarne inżynierskie

LABORATORIUM PODSTAW AUTOMATYKI

Instrukcje do ćwiczeń laboratoryjnych

Opracował: Janusz Staszewski

Wrocław 2018

WYKAZ ĆWICZEŃ

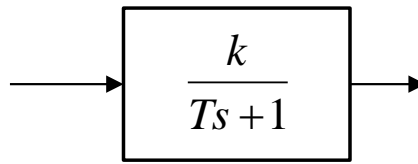
1. Metody analizy ciągłych liniowych URA [ćw. 1]
2. Symulacja układów sterowania z wykorzystaniem pakietu MATLAB [ćw. 4, 5]
3. Badanie liniowych impulsowych URA [ćw. 6]
4. Bezpośrednie sterowanie cyfrowe.....[ćw. 8]
5. Sterowanie pracą silnika z wykorzystaniem sterowników PLC (*instrukcja stanowiskowa*)
6. Analiza nieliniowych URA [ćw. 9, 10]

Uwaga: Numery podane w nawiasach kwadratowych odnoszą się do numeracji ćwiczeń w skrypcie¹.

¹ Podstawy Automatyki. Ćwiczenia laboratoryjne. Praca zbiorowa pod red. A. Wiszniewskiego, Wrocław 2000

1. METODY ANALIZY CIĄGŁYCH LINIOWYCH URA

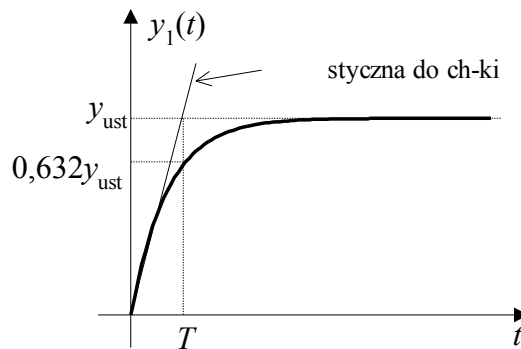
1. Dany jest element inercyjny I-rzędu o nieznanym parametrach k, T :



Wyznaczyć parametry k, T dwoma metodami:

1a. poprzez badanie odpowiedzi na skok jednostkowy:

$$k = \frac{y_{ust}}{u_1}, \quad u_1 - \text{wartość skoku jednostkowego}, \quad T - \text{wyznaczamy z wykresu:}$$



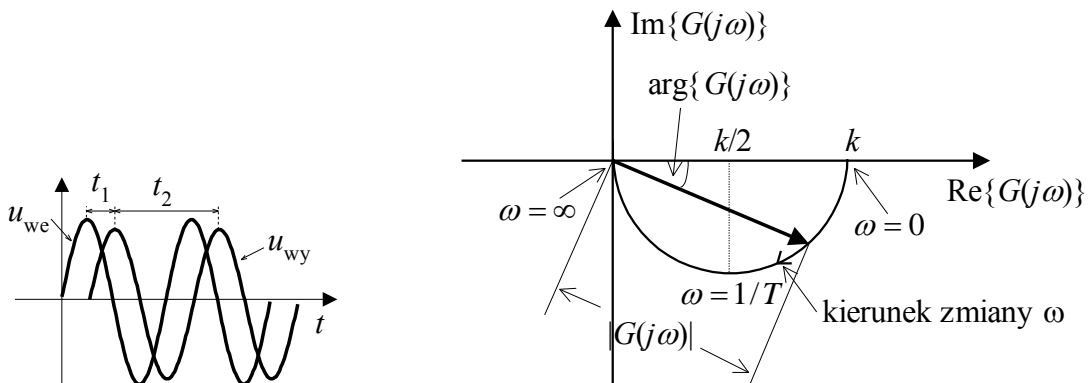
1b. poprzez wyznaczenie charakterystyki amplitudowo- fazowej

Na wejście układu podajemy sygnał sinus, poczynając od częstotliwości kilka (kilkanaście) Hz.

Wyznaczamy parametry:

$$|G(j\omega)| = \frac{U_{wy}}{U_{we}}, \quad \arg\{G(j\omega)\} = -\frac{t_1}{t_2} 360^\circ = -t_1 f 360^\circ$$

f - częstotliwość sygnału (można odczytać wprost z generatora).

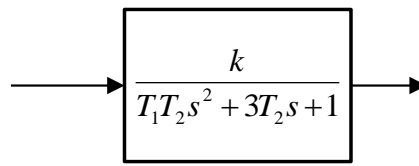


Pomiary przeprowadzamy dla różnych wartości f . Na bieżąco liczymy przede wszystkim wartość $\arg\{G(j\omega)\}$, dbając o w miarę równomierny rozkład kąta w przedziale $(0, -90^\circ)$.

Po wykreśleniu charakterystyki wyznaczamy parametry k (wprost z rysunku) oraz T (ze wzoru $\arg\{G(j\omega)\} = -\arctg(T\omega)$ dla pomiaru najmniej odbiegającego od aproksymowanej ch-ki).

Porównujemy wartości k , T obliczone (dwoma metodami) z wartościami nastawionymi na modelu.

2. Dany jest element II-rzędu o nieznanymi parametrach k , T_1 , T_2 :



Wyznaczyć parametry k , T_1 , T_2 dwoma metodami:

2a. poprzez badanie odpowiedzi na skok jednostkowy:

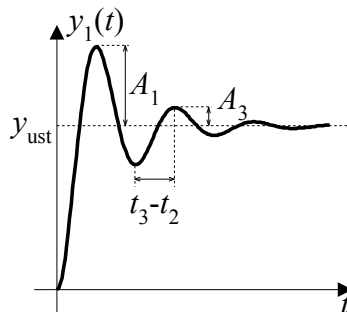
$$k = \frac{y_{ust}}{u_1}, \quad u_1 - \text{wartość skoku jednostkowego,}$$

Ponieważ, w innym, bardziej popularnym zapisie mamy: $G(s) = \frac{k}{T^2 s^2 + 2nTs + 1}$, zatem

w pierwszym kroku obliczamy wartości n , T wg wzorów:

$$n = \frac{\ln \frac{A_1}{A_3}}{\sqrt{4\pi^2 + \left(\ln \frac{A_1}{A_3}\right)^2}}, \quad T = \frac{\sqrt{1-n^2} (t_3 - t_2)}{\pi}$$

gdzie wartości A_1 , A_2 , A_3 oraz $(t_3 - t_2)$ wyznaczamy wprost z charakterystyki odpowiedzi na skok jednostkowy.



Następnie porównując współczynniki przy poszczególnych potęgach s , w obydwu równaniach na wartość $G(s)$ (tym z makiety i tym podanym powyżej), obliczamy wartości T_1 , T_2 .

2b. poprzez wyznaczenie charakterystyki amplitudowo-fazowej

Sposób wyznaczania charakterystyki analogicznie jak w punkcie 1b. Po wykreśleniu charakterystyki wyznaczamy parametry k , T_1 , T_2 . Potrzebne wzory znajdują się w skrypcie¹.

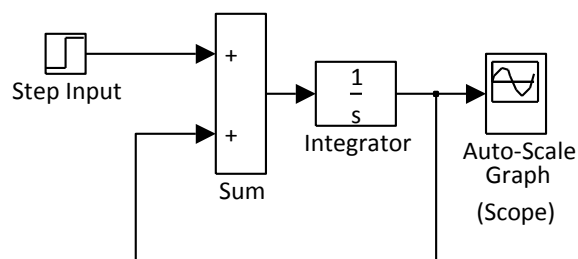
Porównujemy wartości k , T_1 , T_2 obliczone (dwoma metodami) z wartościami nastawionymi na modelu.

3. Opracować wnioski i uwagi do ćwiczenia.

¹ Podstawy Automatyki. Ćwiczenia laboratoryjne. Praca zbiorowa pod red. A. Wiszniewskiego, Wrocław 2000

2. SYMULACJA UKŁADÓW STEROWANIA Z WYKORZYSTANIEM PAKIETU MATLAB

1. Korzystając z nakładki Simulink programu Matlab zamodelować układ jak na rys. poniżej.



Zwrócić uwagę na fakt występowania sprzężenia dodatniego. Następnie zmienić sprzężenie na ujemne i powtórnie dokonać symulacji. W kolejnym kroku zmienić warunek początkowy na integratorze na niezerowy. Sprawdzić odpowiedź na skok jednostkowy.

2. Zamodelować w Simulink'u obiekt dany transmitancją II rzędu podaną przez prowadzącego (licznik - $k=1$, mianownik – równanie kwadratowe, $\Delta > 0$). Korzystać tylko z bloków sumatora (*Sum*), integratora (*Integrator*) oraz wzmacniacza (*Gain*). Sprawdzić odpowiedź na skok jednostkowy. Przykład – patrz skrypt¹, ćwiczc 4. str. 37, rys. 4.1

3. Korzystając z bloku sumatora (*Sum*) i bloku opisującego transmitancję (*Transfer Fcn*), zamodelować układ sterowania w obwodzie zamkniętym dla obiektu III-rzędu. Parametry obiektu dobrać tak, aby otrzymać odpowiedź stabilną o charakterze oscylacyjnym. Przyjąć $k=1$.

3. W programie Matlab, zdefiniować licznik i mianownik transmitancji z poprzedniego punktu. Np.

dla $G(s) = \frac{1}{4s^3 + 3s^2 + 2s + 1}$, licznik i mianownik definiujemy odpowiednio:

$l=1$;

$m=[4 \ 3 \ 2 \ 1]$;

Sprawdzić stabilność układu otwartego korzystając z najbardziej ogólnej definicji stabilności (o położeniu biegunów transmitancji). Wykorzystać komendę *roots(m)* do wyznaczenia biegunów transmitancji.

3. Sprawdzić i zaobserwować efekt działania funkcji *step(l,m)* i innych opisanych na stronie 61 (poniżej rysunku 5.4) w skrypcie¹. Szczególnie zwrócić uwagę na funkcje *nyquist(l,m)*, *nichols(l,m)* (łącznie z *ngrid*) oraz *margin(l,m)* pod kątem badania stabilności układu zamkniętego na podstawie analizy układu otwartego.

4. Zwiększając wzmocnienie obiektu, badać stabilność układu zamkniętego za pomocą 3-ch funkcji wymienionych w punkcie poprzednim. Doprowadzić do utraty stabilności.

5. Opracować wnioski i uwagi do ćwiczenia.

¹ Podstawy Automatyki. Ćwiczenia laboratoryjne. Praca zbiorowa pod red. A. Wiszniewskiego, Wrocław 2000

3. BADANIE LINIOWYCH IMPULSOWYCH URA

1. Badanie impulsatora.

Na wejście sterujące podajemy częstotliwość próbkowania f_p (na początek 10kHz). Na wejście impulsatora podajemy sygnał 900Hz (sinus). Oscyloskop podłączamy na wejście i wyjście układu. Obserwujemy wyjście układu dla różnych f_p (tw. Shannona!). Drukujemy tylko dla $f_p = 10kHz$.

2. Badanie ekstrapolatora zerowego rzędu i liniowego. Łączymy szeregowo impulsator i ekstrapolator. Reszta jak wyżej.

3. Wyznaczanie charakterystyk błędów układu impulsator - ekstrapolator:

a. $\delta = f(f_p) \Big|_{f_{we} = const}$

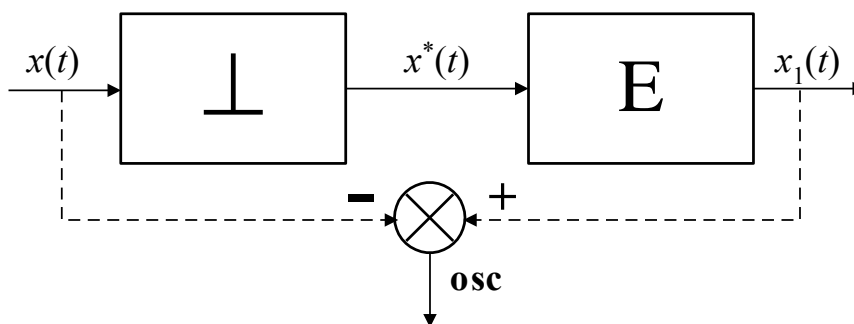
b. $\delta = f(f_{we}) \Big|_{f_p = 10kHz}$, $f_{we} = 1; 1,5; 2; 2,5; 3 \text{ kHz}$

oddzielnie dla ekstrapolatora 0-go rzędu i liniowego według wzoru:

$$\delta = \frac{|\max(x_1 - x)|}{2A_x} 100\%$$

gdzie A_x - amplituda sygnału wejściowego

Układ pomiarowy:

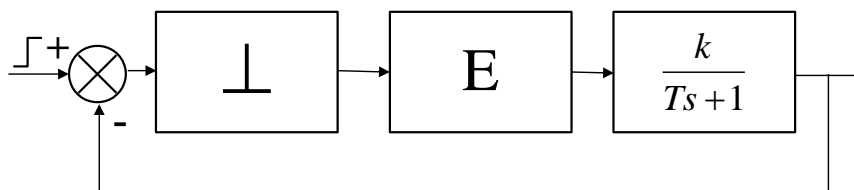


4. Badanie stabilności układu zamkniętego transmitancji I-rzędu w połączeniu z impulsatorem i ekstrapolatorem:

a. dla różnych k przy $T_p/T = const$,

b. dla różnych T_p przy $k = const$.

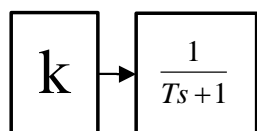
Układ pomiarowy:



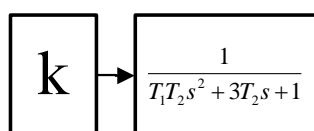
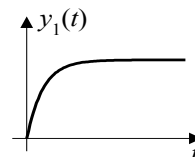
5. Opracować wnioski i uwagi do ćwiczenia.

4. BEZPOŚREDNIE STEROWANIE CYFROWE

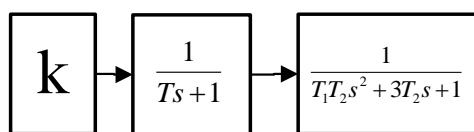
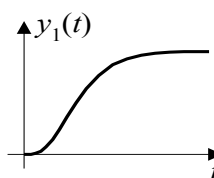
- Zamodelować obiekt odpowiednio I-go, II-go i III-rzędu. Parametry transmitancji dobrać tak (zapisać!), aby uzyskać odpowiedzi na skok jednostkowy zbliżone do tych na rysunku poniżej. Parametry czasowe dobrać w sekundach (nie ms!). Wartość skoku jednostkowego przyjąć maksymalnie 3V). Wyznaczyć: czas i wartość ustalenia. Każdą odpowiedź wydrukować (Print Screen). Dla obiektu III-rzędu sprawdzić czy prawidłowo dobrany został czas próbkowania (skrypt¹: wzór 8.13 str. 107). Jeżeli nie, to skorygować.



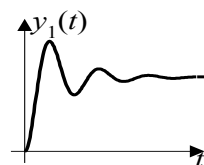
obiekt I-rzędu



obiekt II-rzędu



obiekt III-rzędu

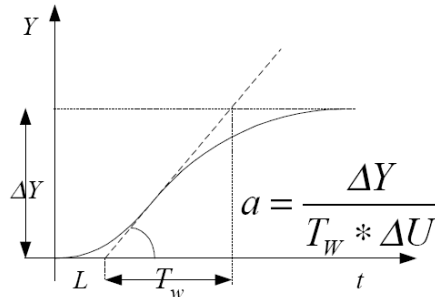


- Zbadać odpowiedź obiektu III-rzędu na skok jednostkowy w układzie zamkniętym. Aby uzyskać układ zamknięty bez regulatora PID, należy jego parametry ustawić odpowiednio: $K_p=1$, $K_i=0$, $K_d=0$. Wyznaczyć parametry: czas i wartość pierwszego maksimum, czas i wartość ustalenia.
- W układzie zamkniętym dobrać parametry regulatora P, PI i PID zgodnie z regułą Zieglera – Nicholasa, metodą granicy stabilności (skrypt: wzory w tabeli 8.1, str. 108). Nie dopuścić, aby wartości sygnałów przekroczyły poziom 5V. W razie potrzeby zmniejszyć wartość skoku jednostkowego. Wyznaczyć parametry (czas i wartość pierwszego maksimum, czas i wartość ustalenia) dla 3-ch rodzajów regulatora.
- Popróbować w sposób ręczny tak zmienić, parametry regulatora PID, aby uzyskać poprawniejszą odpowiedź układu. Prowadzący poda który parametr odpowiedzi zmienić (poprawić).
- Porównać i zinterpretować wszystkie otrzymane wyniki.
- Nie zmieniając parametrów obiektu i regulatora zmniejszyć 2-krotnie czas próbkowania. Obserwować odpowiedź na skok jednostkowy. Uzasadnić dlaczego odpowiedź się zmieniła.
- Opracować wnioski i uwagi do ćwiczenia.

¹ Podstawy Automatyki. Ćwiczenia laboratoryjne. Praca zbiorowa pod red. A. Wiszniewskiego, Wrocław 2000

5. STEROWANIE PRACĄ SILNIKA Z WYKORZYSTANIEM STEROWNIKÓW PLC

1. Wydrukować odpowiedź na skok jednostkowy dla silnika prądu stałego. Na podstawie odpowiedzi wyznaczyć parametr α (patrz rys. poniżej). Przyjąć $L=0,5s$.



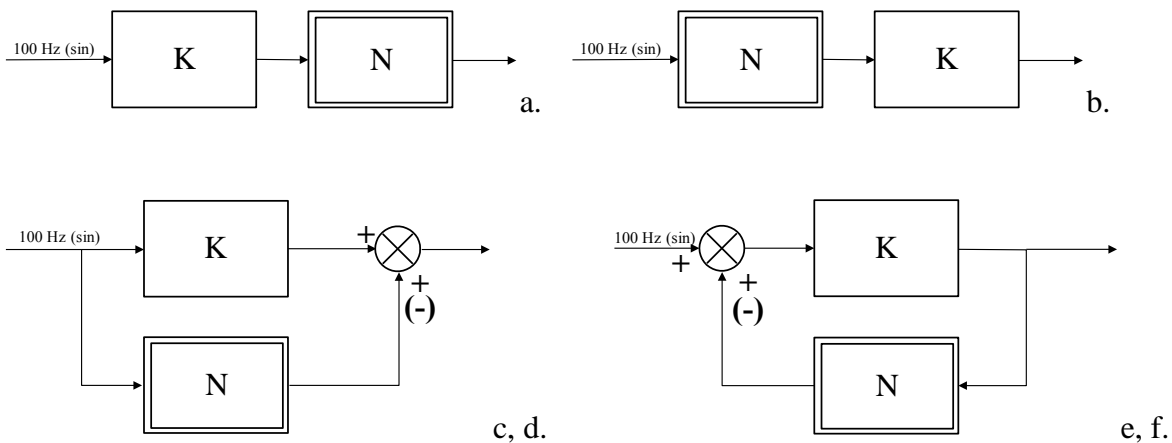
ΔY =obroty odczytane ustalone (po skoku) [obr/min] minus obroty odczytane ustalone (przed skokiem) [obr/min]

ΔU =(obroty zadane (po skoku) [p.u.] minus obroty zadane (przed skokiem) [p.u.])*1800 obr/min

2. Zgodnie ze wzorem (5) zewnętrznej instrukcji stanowiskowej wyznaczyć okres próbkowania. Obliczyć błąd pomiaru prędkości obrotowej silnika (patrz wzór w Dodatku zewnętrznej instrukcji stanowiskowej) Przed przystąpieniem do realizacji dalszej części ćwiczenia obowiązkowo skonsultować wyniki z prowadzącym. Skorygować wartość okresu próbkowania zgodnie z sugestiami prowadzącego.
3. Korzystając z tab. 2 i wzorów (7) zewnętrznej instrukcji stanowiskowej wyznaczyć parametry regulatorów P, PI i PID. Otrzymane czasy przeliczyć na minuty.
4. Wprowadzić obliczone parametry regulatorów (pomocna będzie tab. 1 zewnętrznej instrukcji stanowiskowej). Zadać skok jednostkowy, wydrukować odpowiedź.
UWAGA: jako wartość początkową (przed skokiem) przyjąć obroty w zakresie od 300 do 600 obr/min, jako wartość końcową (po skoku) przyjąć obroty w zakresie od 900 do 1300 obr/min.
5. Porównać i zinterpretować wszystkie otrzymane wyniki.
6. Opracować wnioski i uwagi do ćwiczenia.

6. ANALIZA NIELINIOWYCH URA

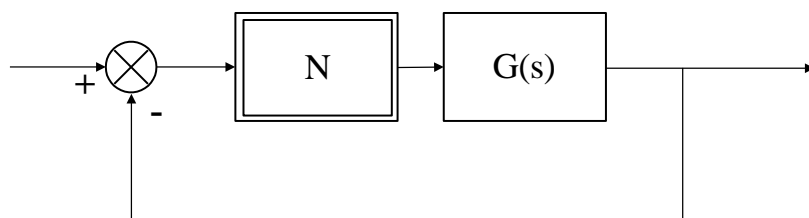
1. Podać na wejście elementu nieliniowego sygnał sinusoidę 100 Hz. Oscyloskop dokładnie wyzerować i nastawić jednakowe wzmocnienia w obydwu kanałach. Następnie podłączyć go na wejście i wyjście układu. Zmieniać parametry elementu nieliniowego i obserwować zarówno na 2 kanałach (tryb Yt) jak i w trybie XY. Wydrukować po jednym najciekawszym przypadku (takim, aby żaden z parametrów nie był wyzerowany, ani maksymalny). Po wydrukowaniu nie zmieniać nastaw elementu nieliniowego.
2. Powtórzyć powyższe dla drugiego elementu nieliniowego.
3. Analogicznie jak w punkcie 1 podłączyć tylko element liniowy o transmitancji $k=2$. obserwować w trybie XY dla różnych wartości k . Zrobić wydruk dla $k=2$.
4. Połączyć następujące układy według poniższych schematów (dla 1-go elementu nieliniowego):



Obserwować zachowanie się wyjścia układu w trybie XY dla różnych wartości k (na co ma wpływ zmiana k ?). Wydrukować każdy przypadek tylko dla $k=2$.

W domu graficznie wyznaczyć wypadkowe połączenie elementów (jeden dla przykładu a lub b oraz drugi dla przykładu c lub d. Dokładny opis wyznaczania charakterystyk znajduje się w skrypcie¹ na stronach 116 i 117)

5. Podłączyć układ według schematu poniżej (transmitancja II-rzędu, przekaźnik trójpołożeniowy z histerezą). Nic nie podawać na wejście układu. Zaobserwować pojawienie się drgań w układzie. Odczytać ich amplitudę i okres.



6. Opracować wnioski i uwagi do ćwiczenia.

¹ Podstawy Automatyki. Ćwiczenia laboratoryjne. Praca zbiorowa pod red. A. Wiszniewskiego, Wrocław 2000