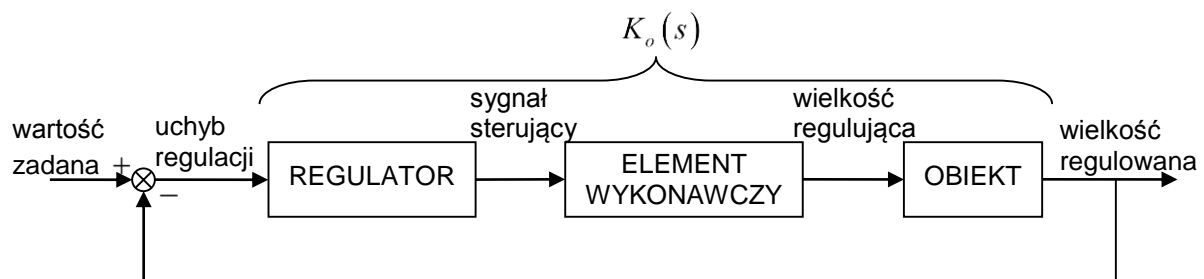


PODSTAWY AUTOMATYKI

LABORATORIUM

Ćw. 3. Analiza układu zamkniętego

Układem otwartym regulacji automatycznej nazywamy układ z rozwartą przy węźle sumacyjnym pętlą sprzężenia zwrotnego. Transmitancja tego układu $K_o(s)$ (rys. 1) jest równa iloczynowi transmitancji połączonych szeregowo w nim członów. Układ zamknięty regulacji definiujemy jako układ wykorzystujący ujemne sprzężenie zwrotne pomiędzy wyjściem (wielkością regulowaną) a wejściem (wielkością zadaną). Układ z zamkniętą pętlą sprzężenia zwrotnego nazywamy układem zamkniętym (rys. 1).



Rys 1. Schemat blokowy układu zamkniętego

Transmitancja układu wyznaczona w ramach ćwiczenia 2 jest prawdziwa jedynie wokół punktu pracy (u_0, y_0) . Właściwości obiektu liniowego opisanego transmitancją $K_m(s)$ poprawnie oddają właściwości obiektu jedynie dla niewielkich odchyłek od punktu pracy (stanu ustalonego). Należy tak dobrać punkt pracy aby wartość sygnału wyjściowego zdefiniowana była w połowie jego zakresu zmienności: $(u_0, y_0) = (f^{-1}(0.5 \cdot H_2), 0.5 \cdot H_2)$. Dodatkowo należy zapewnić aby obiekt regulacji wyposażony był w model elementu wykonawczego (np. układ sterujący natężeniem

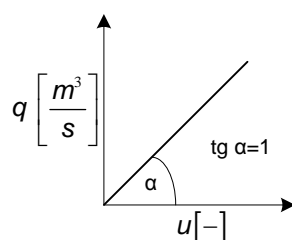
przepływu $q(t)$). Jako urządzenie wykonawcze $K_w(s)$ zamodelować należy element o dynamice opisanej następującym równaniem różniczkowym:

$$\dot{q}(t) = \frac{1}{T_3} u(t) - \frac{1}{T_3} q(t).$$

Stałą czasową T_3 należy dobrać w zależności od dynamiki (stałych czasowych) zlinearyzowanego obiektu regulacji: $T_3 = (0,2 \div 0,5) \cdot \min \{T_1, T_2\}$ ¹.

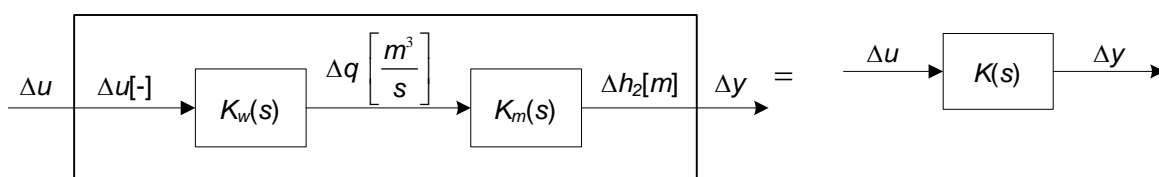
Charakterystyka statyczna urządzenia wykonawczego (rys. 2) dana jest zależnością:

$$q = \begin{cases} \operatorname{tg}(\alpha) \cdot u & \text{dla } u \geq 0 \\ 0 & \text{dla } u < 0 \end{cases}$$



Rys 2. Charakterystyka statyczna urządzenia wykonawczego

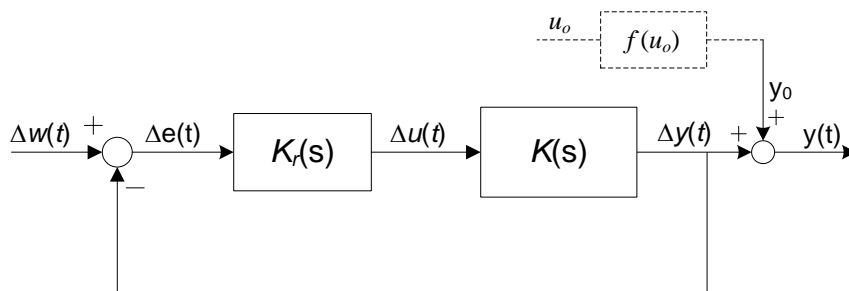
W rezultacie obiekt regulacji można przedstawić za pomocą następującego schematu blokowego przedstawionego na rysunku 3.



Rys 3. Schemat blokowy liniowego obiektu regulacji składającego się z układu dwóch zbiorników i elementu wykonawczego

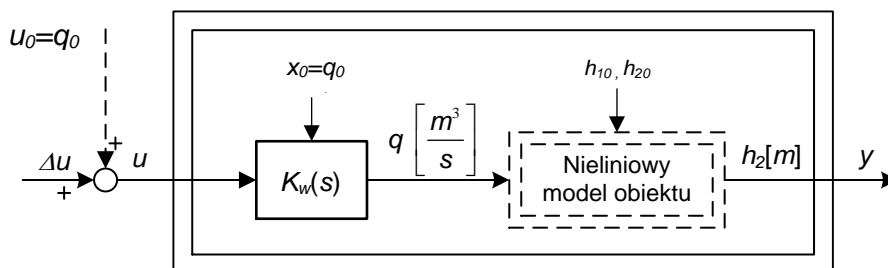
¹ W rzeczywistości wartość tej stałej czasowej nie zależy od właściwości (stałych czasowych) obiektu a jest wielkością opisującą właściwości elementu wykonawczego, która wynika z jego konstrukcji – jednak na potrzeby laboratorium zakładamy że jest to wielkość rząd mniejsza od mniejszej stałej czasowej obiektu (wartość ta podawana jest przez prowadzącego ćwiczenie)

W konsekwencji układ regulacji wykorzystujący model zlinearyzowany obiektu prawdziwy jest jedynie dla niewielkich przyrostów odpowiednich wielkości (rys. 4).



Rys 4. Układ regulacji z modelem zlinearyzowanym obiektu wokół punktu pracy i opisanym transmitancją $K(s)$

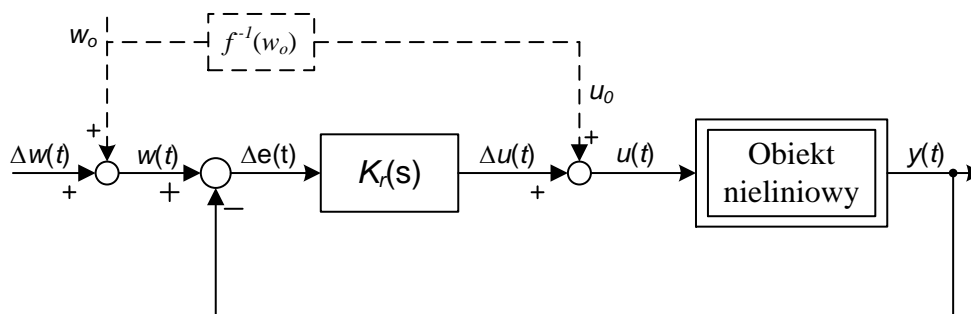
Celem ćwiczenia, między innymi, jest analiza odpowiedzi czasowych układu regulacji. W celu rejestracji i obserwacji reakcji układu na zmianę punktu pracy o $\Delta w(t)$ do sygnału zmiany wartości wyjściowej $\Delta y(t)$ dodawana jest wartość odpowiedniego sygnału w punkcie pracy y_0 .



Rys 5. Schemat blokowy nieliniowego obiektu regulacji składającego się z układu dwóch zbiorników

Reakcje układu ze zlinearyzowanym modelem obiektu porównywane są z odpowiedzią układu z nieliniowym modelem obiektu (rys. 5) na tą samą zmianę wartości zadanej. Model nieliniowy opisany jest układem równań różniczkowych nieliniowych modelujących zjawiska zachodzące w układzie dwóch zbiorników (*patrz ćwiczenie 1*).

Układ regulacji, z modelem nieliniowym obiektu, pozwalający na analizę odpowiedzi czasowych na zmianę skokową wartości zadanej (o odchyłkę od punktu pracy) pokazano na rys. 6.



Rys 6. Układ regulacji z modelem nieliniowym obiektu (opisanym równaniami różniczkowymi) pracującym wokół punktu pracy

Celem ćwiczenia jest analiza własności układów regulacji (rys. 1) oraz wskazanie możliwości poprawy jego działania poprzez dobór wartości wzmocnienia k_r regulatora o działaniu proporcjonalnym. W ramach ćwiczenia należy ocenić jakość regulacji badanego układu zamkniętego. Oceny jakości można dokonać w oparciu o przyjęte kryterium. Jednym z nich może być zestaw kilku wskaźników jakości regulacji². Podczas laboratorium badany jest wpływ nastaw regulatora dobieranych według: kryterium M_{\max} , zadanego zapasu fazy (lub zapasu modułu), oraz dla „dowolnie” wybranej wartości wzmocnienia regulatora.

PRZEBIEG ĆWICZENIA

1. Analiza UR z regulatorem typu P (model zlinearyzowany obiektu $K(s)$)

Dla układu regulacji (rys. 4) wyznaczyć zbiór wskaźników² pozwalających ocenić właściwości oraz jakość regulacji. Wartości nastawy regulatora P o transmitancji $K_r(s) = k_r$ należy dobrać wg następujących kryteriów:

1.1. Kryterium M_{\max} :

- wartość wzmocnienia k_r regulatora P dobierana jest tak aby wartość wskaźnika nadążania (amplitudowej charakterystyki częstotliwościowej)

² Patrz DODATEK „A”

$|M(\omega)|$ dla częstotliwości rezonansowej ω_{rez} zawierała się w przedziale od 1,1 do 1,5.

1.2. Kryterium zapasu fazy $\Delta\varphi$ lub zapasu modułu ΔK ³:

- a) zapas fazy $\Delta\varphi$: wartość wzmocnienia k_r regulatora P dobierana jest tak aby wartość zapasu fazy $\Delta\varphi$ wynosiła $\pi/6$;
- b) zapas modułu ΔK : wartość wzmocnienia k_r regulatora P dobierana jest tak aby zapas modułu ΔK wynosił 2.

Narysuj charakterystykę amplitudowo-fazową układu oraz odpowiedź układu zamkniętego na skokową zmianę wartości zadanej $\Delta w(t)$. Przeanalizuj przebieg uchybu w badanych układach regulacji.

2. Analiza UR z regulatorem P (model nieliniowy obiektu)

Dla układu regulacji (rys. 6) wyznaczyć wartości wskaźników jakości regulacji, związanych z odpowiedzią czasową układu, dla wszystkich wartości nastaw regulatora P (uzyskanych w punkcie 2. - dla układu regulacji z modelem obiektu).

POLECENIA MATLABA

```
plot();  
nyquist();  
bode();  
bodemag();  
rlocus();  
pzmap();
```

³ Patrz DODATEK „B”