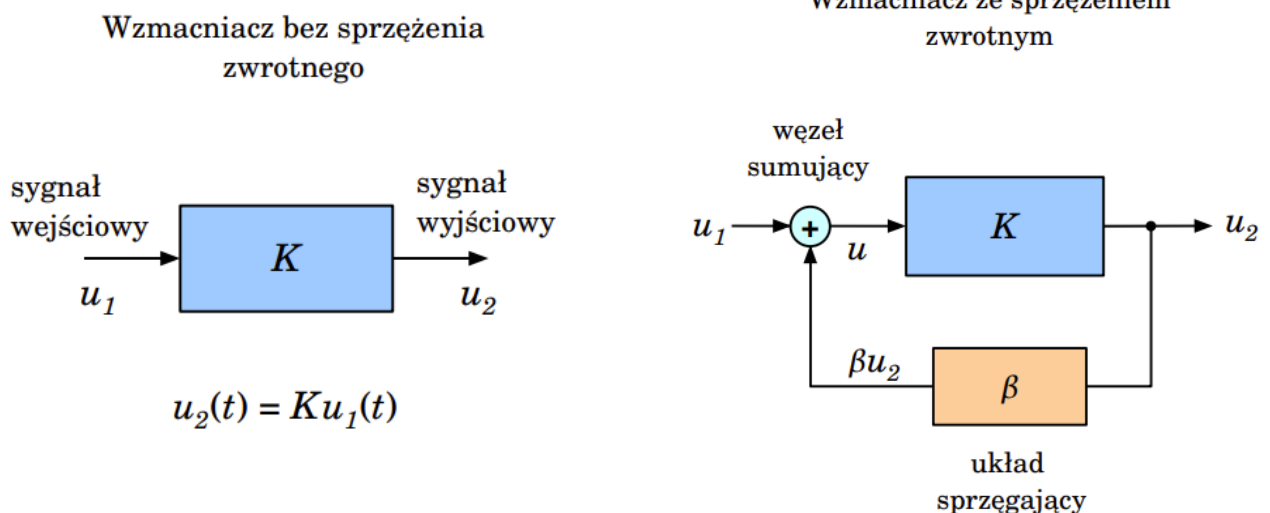


Wykład 11

Sprężenie zwrotne.

Sprężeniem zwrotnym nazywa się oddziaływanie skutku na przyczynę. Za pomocą sprężenia zwrotnego można wpływać na właściwości urządzeń elektronicznych. Podstawowym układem elektronicznym, w którym stosuje się sprężenie zwrotne jest wzmacniacz. Część sygnału wyjściowego, zwana sygnałem zwrotnym, zostaje skierowana do wejścia układu i zsumowana z sygnałem wejściowym.



Ujemne sprężenie zwrotne.

Fazy sygnału wejściowego i sygnału sprężenia zwrotnego są przeciwne ($\sqrt{2} < 0$). Całkowite wzmocnienie układu mniejsze od wzmocnienia samego wzmacniacza. Duża stabilność pracy układu. Parametry układu ze wzmacniaczem o dużym wzmocnieniu zależą wyłącznie od parametrów układu sprężenia zwrotnego, a te mogą być bardzo stabilne (układy sprzęgające buduje się często tylko z elementów biernych). Zmniejszają się szумы i zniekształcenia sygnałów. Zwiększa się górna częstotliwość graniczna (szersze pasmo przenoszenia). Modyfikacja impedancji wejściowej i wyjściowej.

Dodatnie sprzężenie zwrotne.

Fazy sygnału wejściowego i sygnału sprzężenia zwrotnego są zgodne ($\sqrt{2} > 0$). Efektywne wzmocnienie ulega zwiększeniu.

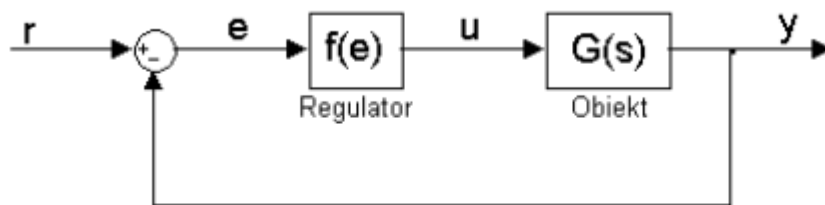
Jeżeli $\sqrt{2}K \rightarrow 1$ to oczekujemy, że wzmocnienie dążyć będzie do nieskończoności. W rzeczywistości wzrost wzmocnienia jest ograniczony – sygnał wyjściowy nie może być większy niż napięcie zasilające wzmacniacz. W układach takich dzięki silnemu sprzężeniu następuje generacja drgań co wykorzystywane jest do budowy generatorów. Układy z $\sqrt{2}K < 1$ stosuje się rzadko z uwagi na małą stabilność pracy oraz wzrost zniekształceń sygnałów.

Histereza.

Często pewna ilość histerezy jest celowo dodawana do obwodu elektronicznego, aby zapobiec niepożądanemu szybkiemu przełączaniu. Ta i podobne techniki są stosowane do kompensacji odbicia styków w przełącznikach lub szumu w sygnale elektrycznym.

Regulator dwupołożeniowy.

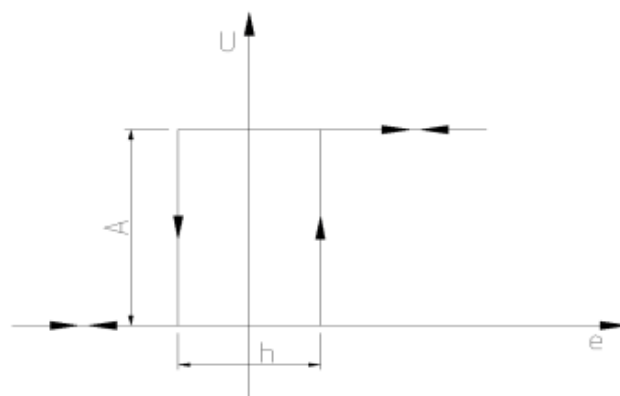
Regulatory dwupołożeniowe są chętnie stosowane w przypadku prostych problemów regulacyjnych. Warunkiem stosowalności jest wymaganie, by obiekt regulacji miał charakter inercyjny lub całkujący. W sytuacji, gdy aplikowane są do regulacji temperatury często mówi się o termostatach.



Rysunek 1. Schemat blokowy układu regulacji.

r - sygnał referencyjny
 e - błąd
 u - sygnał sterujący
 y - wyjście z obiektu

Sygnał wyjściowy z regulatora ma charakter dwustanowy i może być wystawiany poprzez przełącznik, stycznik, tranzystor (pracujący jako klucz elektroniczny) itp.

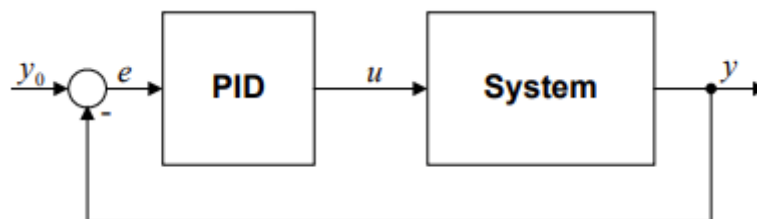


Rysunek 2. Charakterystyka regulatora – $f(e)$.

Funkcję $f(e)$ regulatora przedstawia rysunek 2. Podczas projektowania układu regulacji należy wyznaczyć amplitudę A sygnału sterującego oraz histerezę h . Gdy amplituda jest już ustawiona na stałe (należy mieć świadomość, iż zależna jest ona od układu wykonawczego) proces strojenia polega na doborze przebiegu pętli histerezy.

Regulator PID.

Schemat układu z regulatorem PID. Regulator porównuje zmierzoną wartość procesu y z referencyjną wartością zadaną y_0 . Różnica lub błąd e jest procesowana do obliczenia nowego wejścia u . Wejście spróbuje skorygować zmierzoną wartość procesu do żądanej wartości zadanej.



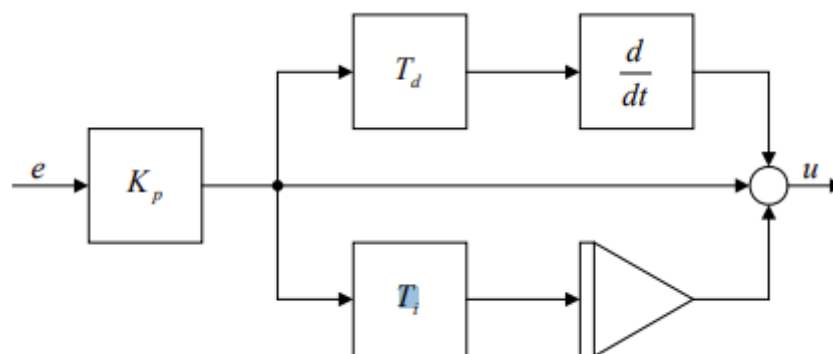
W przeciwieństwie do prostych algorytmów sterowania PID może manipulować wejściami w oparciu o historię i szybkość zmian sygnału. Daje to bardzo dokładną i stabilną metodę kontroli. Podstawowym rozwiązaniem jest to, że sterownik odczytuje stan systemu za pomocą czujnika. Następnie wylicza błąd. Błąd będzie wykorzystany w trzech sposobach, do regulacji teraźniejszości – przez proporcjonalność, przeszłości przez całkę i przyszłości przez pochodną.

Stałe czasowe:

T_p – proporcjonalna

T_i – całkowania

T_d – pochodna

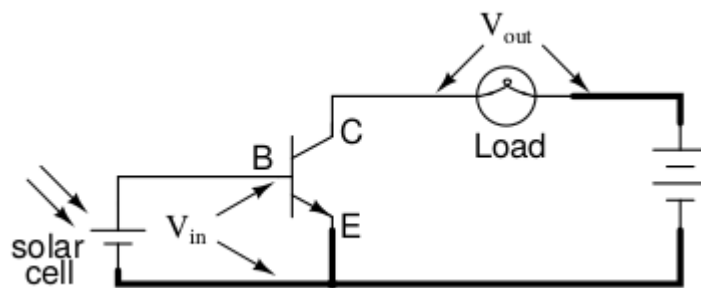


Wykład 12

Wzmacniacze tranzystorowe.

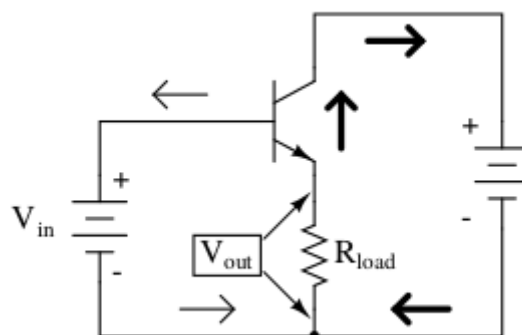
Wspólny emiter.

Zasadniczą cechą tego rodzaju wzmacniaczy jest to, że wzmacniane napięcie sygnału wejściowego podawane jest pomiędzy bazę a emiter tranzystora, natomiast sygnał po wzmacnieniu odbierany jest pomiędzy kolektora a emitera. Emiter jest więc "wspólny" dla sygnałów wejściowego i wyjściowego - stąd nazwa układu. Ponieważ sygnał wyjściowy zbierany jest z kolektora, wzmacniacz w układzie wspólnego emitera odwraca polaryzację sygnału podawanego na wejście.



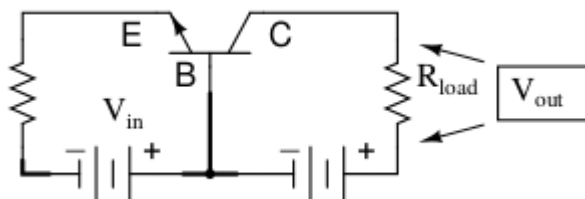
Wspólny kolektor.

Wzmacniane napięcie sygnału wejściowego podawane jest pomiędzy bazę a kolektor tranzystora, natomiast sygnał po wzmacnieniu odbierany jest pomiędzy kolektora a emitera. Kolektor jest więc "wspólny" dla sygnałów wejściowego i wyjściowego - stąd nazwa układu.



Wspólna baza.

Wzmacniane napięcie sygnału wejściowego podawane jest pomiędzy bazę a emiter tranzystora, natomiast sygnał po wzmacnieniu odbierany jest pomiędzy bazy i kolektora. Baza jest więc "wspólna" dla sygnałów wejściowego i wyjściowego - stąd nazwa.

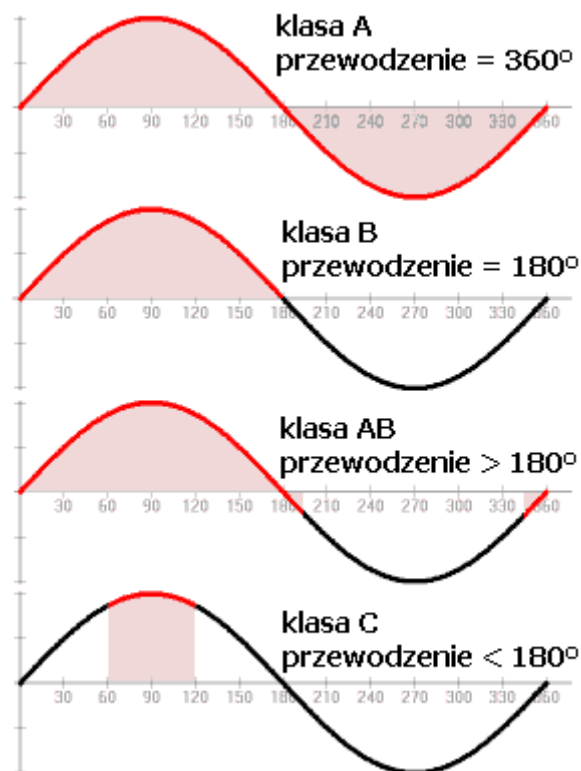


Klasy wzmacniaczy.

Wzmacniacz typu A - punkt pracy znajduje się w środku liniowej części charakterystyk statycznych tranzystora lub lampy. Przez cały okres sinusoidy (360 stopni) lampa lub tranzystor przewodzi wzmacniany sygnał. Wzmacniacze te charakteryzują bardzo dobrą liniowością (niskie zniekształcenia) i to nawet przy prostej strukturze układu, ale mają małą sprawność. Niska sprawność powoduje, że wykonanie wzmacniacza klasy A o dużej mocy wiąże się z problemami technicznymi i dużym kosztem.

Wzmacniacz typu B - mają punkt pracy na początku charakterystyki statycznej elementu wzmacniającego. Prąd płynie przez jeden półokres (180 stopni) napięcia sterującego. Aby wzmacnić cały okres sygnału sinusoidalnego potrzeba dwóch pracujących przeciwsobnie tranzystorów lub lamp. Wzmacniacze klasy B mają dobrą sprawność. Niestety charakteryzują się one dużymi zniekształceniami powstającymi przy wzmacnianiu tych części przebiegów gdzie jeden element kończy przewodzenie, a drugi przewodzenie zaczyna (ang. crossover distortion).

Wzmacniacz typu AB - kompromis pod względem sprawności i zniekształceń w porównaniu z klasami A i B. Punkt pracy znajduje się między klasą A i klasą B, a każdy z elementów wzmacniających przewodzi przez okres większy niż 180 stopni lecz mniejszy niż 360. Aby wzmacnić cały okres sygnału sinusoidalnego potrzeba dwóch pracujących przeciwsobnie tranzystorów lub lamp. Najczęściej czas przewodzenia nieznacznie przekracza 180 stopni, co pozwala uzyskać dość dobrą sprawność. Zastosowanie większego prądu spoczynkowego i związane z tym zwiększenie zakresu przewodzenia przez element wzmacniający powoduje większe straty energii. Tranzystorowe wzmacniacze klasy AB to najpowszechniej stosowane rozwiązanie w stopniach mocy urządzeń audio. We wzmacniaczach lampowych wyróżnia się różne warianty klasy AB (AB1, AB2), w zależności od wzajemnego napięcia siatki i katody.



Wzmacniacz typu D - (inaczej nazywany też wzmacniaczem cyfrowym lub wzmacniaczem impulsowym) to wzmacniacz, w którym tranzystory pracują jak binarne przełączniki i są przełączane pomiędzy dwoma stanami - pełnego przewodzenia lub całkowitego wyłączenia. Termin klasa D nie mieści się w klasycznym podziale klas pracy wzmacniaczy (klasy A, B, AB, C), gdzie poszczególne urządzenia są klasyfikowane według tego jaką część sygnału sinusoidalnego przewodzi element wzmacniający czy też według punktu pracy tranzystora (lampy).

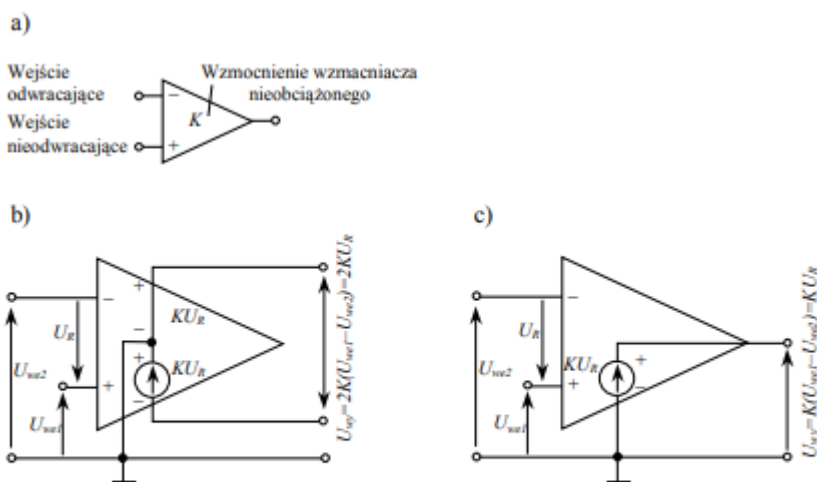
We wzmacniaczu klasy D sygnał wyjściowy jest uzyskiwany poprzez odpowiednią modulację strumienia impulsowych sygnałów o wysokiej częstotliwości. Najczęściej stosowana jest modulacja gęstością impulsów (PDM, Pulse-Density Modulation) oraz modulacja szerokością impulsów (PWM, Pulse-Width Modulation). Typowo częstotliwość impulsów stopnia wyjściowego wzmacniacza klasy D w zastosowaniach audio wynosi kilkaset kHz.

Cechą wyróżniającą wzmacniacze klasy D jest wysoka sprawność - tracą one bardzo mało energii w postaci ciepła. Spotykane są wzmacniacze klasy D, które przy pracy z mocami zbliżonymi do swojej mocy maksymalnej osiągają sprawność powyżej 90%. Wysoka sprawność pozwala na zmniejszenie systemu chłodzenia i w ogóle na miniaturyzację wzmacniaczy pracujących w klasie D.

Wzmacniacz operacyjny.

Wzmacniaczem operacyjnym nazywamy wzmacniacz prądu stałego o dużym wzmocnieniu pracujący z zewnętrznym układem silnego ujemnego sprzężenia zwrotnego, które zapewnia lepszą stałość pracy, zwiększa zakres dynamiki, poprawia liniowość i poszerza pasmo przenoszenia wzmacniacza.

Wzmacniacze operacyjne w zależności od charakterystyki częstotliwościowej lub przejściowej mogą dokonywać operacji dodawania, odejmowania, całkowania, różniczkowania, logarytmowania i wielu innych i dlatego są stosowane w maszynach liczących, w przetwornikach analogowocyfrowych (A / D) i cyfrowo-analogowych (D / A) oraz w układach pomiarowych.



Rys. 7.1. Podstawowe symbole wzmacniaczy operacyjnych:
a) symbol ogólny, b) wzmacniacz idealny z wyjściem niesymetrycznym,
c) wzmacniacz idealny z wyjściem symetrycznym

Wzmacniacz odwracający.

Na rysunku 7.3 przedstawiono najczęściej realizowaną konfigurację wzmacniacza odwracającego. Zakładamy, że wzmacniacz operacyjny ma właściwości idealne. Zatem jego rezystancja wejściowa $R_d \rightarrow \infty$ i do wejść wzmacniacza nie wpływają żadne prądy.

Czyli $I_1 = I_2$, więc

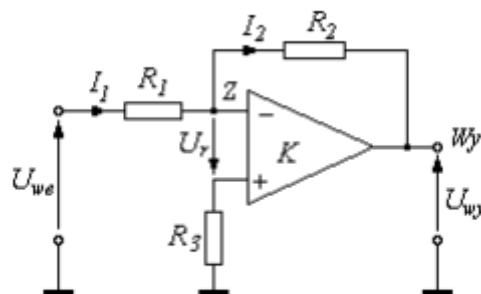
$$\frac{U_{we} + U_r}{R_1} = \frac{-U_r - U_{wy}}{R_2}$$

Jak widać z rysunku 7.3 potencjał na wejściu nieodwracającym jest równy potencjałowi masy (przez rezystor R_3 nie płynie żaden prąd). Zatem:

$$U_r = \frac{U_{wy}}{K}$$

W idealnym przypadku, gdy $K \rightarrow \infty$, napięcie U_r jest bliskie zeru, potencjał punktu Z jest bliski potencjałowi masy. Z tego powodu punkt ten nazywamy masą pozorną. Zakładając, że $U_r = 0$ otrzymujemy z powyższych wzorów wartość wzmocnienia napięciowego wzmacniacza odwracającego:

$$K_s = \frac{U_{wy}}{U_{we}} = -\frac{R_2}{R_1}$$



Rys. 7.3. Wzmacniacz liniowy odwracający

Rezystancja wejściowa tego układu jest równa R_1 . Wartość rezystora R_3 należy dobrać równą rezystancji połączenia równoległego R_2 i R_1 . Uzyskuje się wówczas najmniejszy błąd spowodowany napięciem niezrównoważenia, powstającym na skutek przepływu wejściowych prądów polaryzujących.

W ogólnym przypadku rezystory R_1 i R_2 należy zastąpić impedancjami Z_1 i Z_2 ma to niekiedy istotne znaczenie. Wówczas uogólniony wzór określający wartość wzmocnienia napięciowego wzmacniacza odwracającego przyjmuje postać:

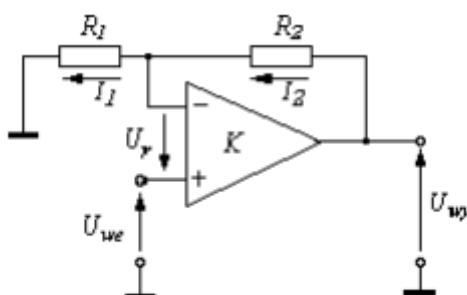
$$K_s = \frac{U_{wy}}{U_{we}} = -\frac{Z_2}{Z_1}$$

Typowe wartości elementów wzmacniacza odwracającego

K_{uf}		R_1	R_2	f_{gf}	R_{we}
dB	V/V	k Ω	k Ω	Hz	k Ω
0	-1	10	10	10^6	10
-20	-10	10	100	10^5	10
-40	-100	1	100	10^4	1
-60	-1000	1	1000	10^3	1

Wzmacniacz nieodwracający.

W układzie nieodwracającym przedstawionym na rysunku 7.6 napięcie doprowadza się do wejścia nieodwracającego, do drugiego wejścia jest doprowadzana przez dzielnik oporowy część napięcia wyjściowego.



Rys. 7.6. Wzmacniacz nieodwracający

Zgodnie z oznaczeniami na rysunku 7.6 otrzymujemy:

$$U_r K = U_{wy}$$

Zatem mamy:

$$\left(U_{we} - U_{wy} \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) K = U_{wy}$$

Stąd:

$$U_{we} = \frac{U_{wy}}{K} + U_{wy} \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Przyjmując, że $K \rightarrow \infty$ (wzmacniacz idealny) uzyskujemy wzór końcowy określający wzmocnienie napięciowe układu:

$$K_s = \frac{U_{wy}}{U_{we}} = \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$