

1. Aproxymacja cech układów astatycznych i dobór regulatora.

?

2. Dobór nastaw regulatora

Metoda Zieglera-Nicholsa. Należy wyznaczyć dwa parametry układu regulacji: wzmocnienie krytyczne k_{kr} oraz okres drgań krytycznych t_{kr} . Parametry te wyznaczamy doświadczalnie, włączając regulator na działanie proporcjonalne P i zwiększając wzmocnienie aż do momentu, gdy układ osiągnie granicę stabilności (tzn. w układzie powstaną drgania o stałej amplitudzie i okresie t_{kr}). Wartość wzmocnienia, przy której występuje powyższe zjawisko nazwiemy wzmocnieniem krytycznym k_{kr} .

Doboru nastaw dokonujemy w następujący sposób:

- Dla regulatora P – $k_p = 0,5 k_{kr}$
- Dla regulatora PI – $k_p = 0,5 k_{kr}$, $T_i = 0,85 t_{kr}$
- Dla regulatora PID – $k_p = 0,5 k_{kr}$, $T_i = 0,85 t_{kr}$, $T_d = 0,12 t_{kr}$

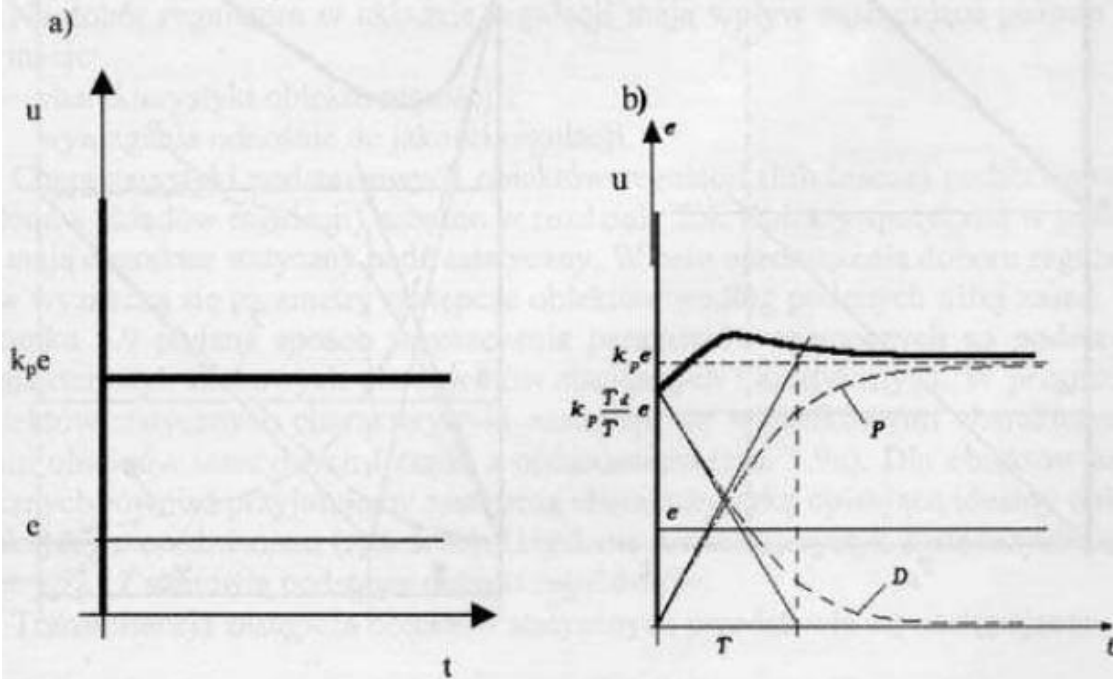
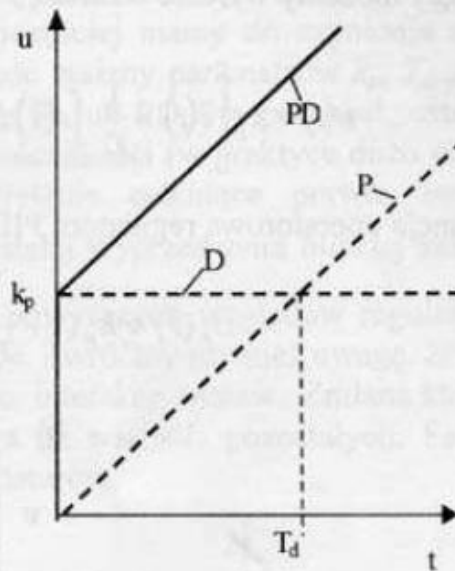
3. Regulator PD

Regulator PD realizuje sumaryczne działania proporcjonalne i różniczkujące. Transmitancja (z inercją) wyrażona jest wzorem:

$$G_r(s) = \left(\frac{k_p}{1 + sT} \right) (1 + T_d s)$$

Gdzie T_d – stała wyprzedzenia – czas po którym stała składowa z działania proporcjonalnego zrówna się ze składową z działania różniczkującego, po podaniu na wejście sygnału narastającego liniowo.

Rys. 5.6. Wyznaczanie stałej wyprzedzenia dla regulatora typu PD



Rys. 5.7. Charakterystyka skokowa regulatora typu PD: a) idealnego, b) z inercją

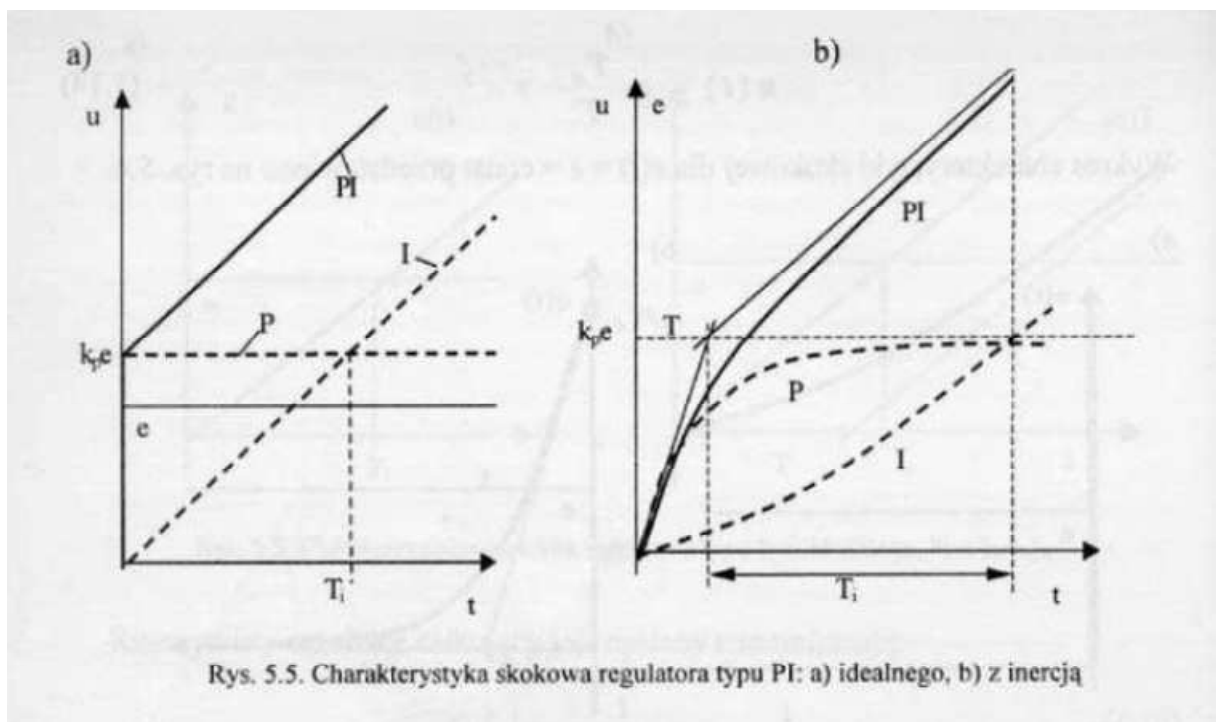
4. Regulator PI

Regulator typu PI realizuje sumaryczne działania proporcjonalne i całkujące.

Dla regulatora typu PI z inercją (rzeczywistego) mamy transmitancję:

$$G_r(s) = \frac{k_p}{1 + sT} \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right)$$

gdzie T_i jest stałą czasową zdwojenia i jest to czas, po którym składowa pochodząca z działania całkującego zrówna się ze składową pochodzącą z działania proporcjonalnego, po podaniu skoku na wejście regulatora.



5. Regulator PID

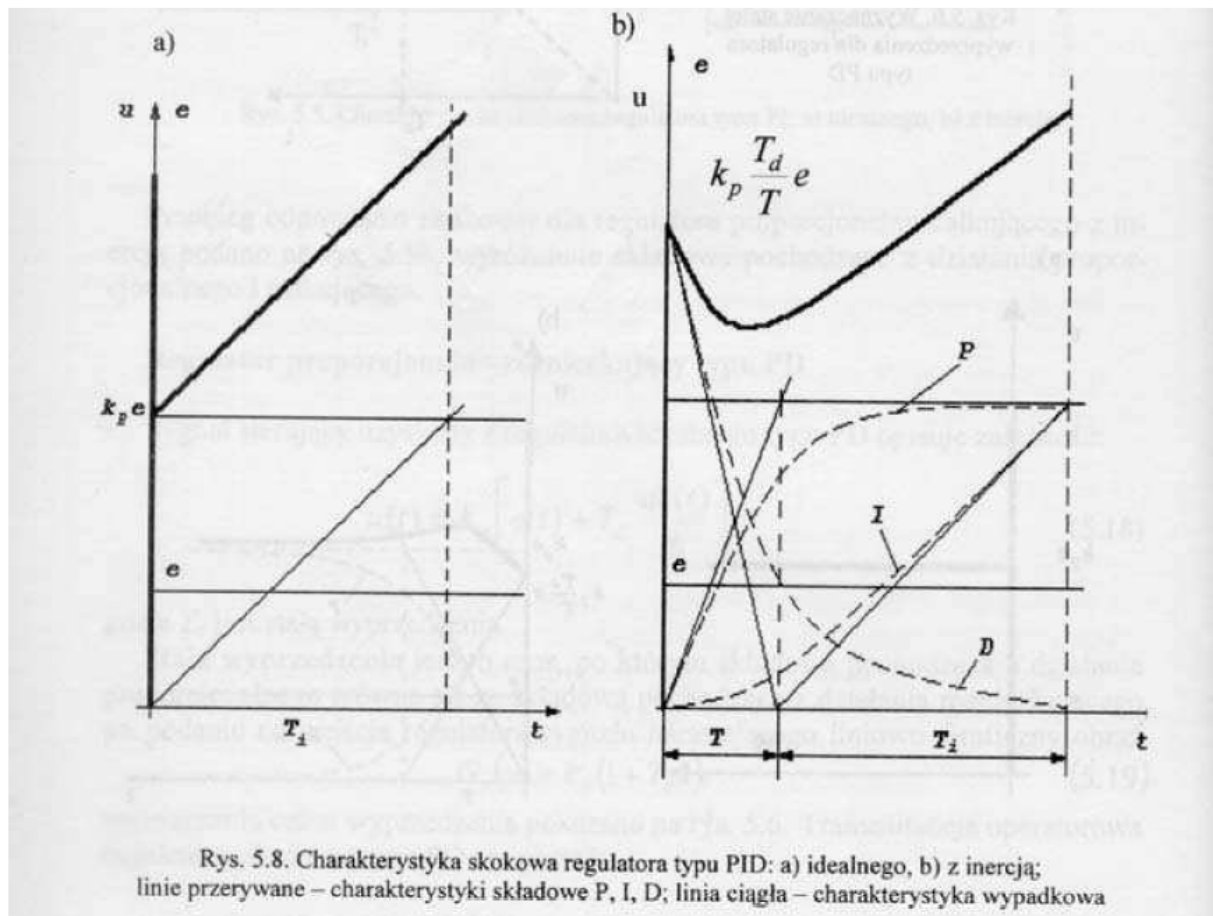
Regulator PID realizuje sumaryczne działanie regulatorów P, I i D (działanie proporcjonalne, całkujące i różniczkujące). Transmitancję operatorową rzeczywistego operatora PID (z inercją) opisuje się wzorem:

$$G_r(s) = \frac{k_p}{1 + sT} \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$

Gdzie:

T_d – stała wyprzedzenia – czas po którym stała składowa z działania proporcjonalnego zrówna się ze składową z działania różniczkującego, po podaniu na wejście sygnału narastającego liniowo.

T_i – jest stałą czasową zdwojenia i jest to czas, po którym składowa pochodząca z działania całkującego zrówna się ze składową pochodzącą z działania proporcjonalnego, po podaniu skoku na wejście regulatora.



6. Termistory

Termistor to opornik półprzewodnikowy, którego rezystancja (opór) zależy od temperatury. Wykonuje się je z tlenków: manganu, niklu, kobaltu, miedzi, glinu, wanadu i litu. Od rodzaju i proporcji użytych tlenków zależą właściwości termistora.

Rodzaje termistorów:

- NTC – o ujemnym współczynniku temperaturowym (ang. negative temperature coefficient) – wzrost temperatury powoduje zmniejszanie się rezystancji;
- PTC – (pozystor) o dodatnim współczynniku temperaturowym (ang. positive temperature coefficient), wzrost temperatury powoduje wzrost rezystancji;
- CTR – o skokowej zmianie rezystancji (ang. critical temperature resistor) – wzrost temperatury powyżej określonej powoduje gwałtowną zmianę wzrost/spadek rezystancji. W termistorach polimerowych następuje szybki wzrost rezystancji (bezpieczniki polimerowe), a w ceramicznych zawierających związki baru, spadek.

Podstawowe parametry:

- R – rezystancja nominalna, znormalizowana podawana jest zazwyczaj w temperaturze 25°C jako R₂₅
- α – TWR – Temperaturowy Współczynnik Rezystancji (dla termistorów typu CTR podaje się temperaturę krytyczną)

- P – dopuszczalna moc
- B – stała materiałowa [wyrażona zwykle w kK – kiloKelwinach
- tolerancja, w zależności od rodzaju wykonania termistora

Dla termistorów (z wyjątkiem typu CTR) dla niezbyt dużych różnic temperatur zależność rezystancji od temperatury można uznać za liniową, co można wyrazić wzorem:

$$R = R_0 * [1 + \alpha * (T - T_0)]$$

Gdzie:

R – rezystancja termistora w temperaturze T ,

R_0 – rezystancja w temperaturze odniesienia T_0 ,

α – główny współczynnik temperaturowy termistora.

Dla termistorów PTC współczynnik jest większy od zera, natomiast dla NTC – mniejszy od zera.

Zmiana temperatury wewnętrznej termistora, a tym samym i jego rezystancji może być powodowana zmianą temperatury otoczenia lub też zmianą natężenia prądu płynącego przez termistor (wydzielanej mocy elektrycznej).

Temperatura termistora zależy od wydzielanej w nim mocy zgodnie z zależnością:

$$T = K * P_T + T_a$$

Gdzie:

T – temperatura termistora

T_a – temperatura otoczenia – moc wydzielana w termistorze

K – opór cieplny liczony w [K/W].

Zależność oporu R termistora typu NTC od temperatury T (w kelwinach) wyraża się wzorem:

$$R(T) = R_0 \exp \frac{W}{2kT}$$

Gdzie:

R_0 - stała termistora,

W - szerokość pasma zabronionego półprzewodnika,

K - stała Boltzmanna.

Zastosowania:

Termistory wykorzystywane są szeroko w elektronice jako:

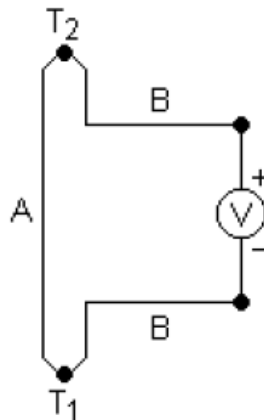
- czujniki temperatury (KTY), w układach kompensujących zmiany parametrów obwodów przy zmianie temperatury, w układach zapobiegających nadmiernemu wzrostowi prądu, do pomiarów temperatury,
- elementy kompensujące zmianę oporności innych elementów elektronicznych np. we wzmacniaczach i generatorach bardzo niskich częstotliwości.

- ograniczniki natężenia prądu (bezpieczniki elektroniczne) – termistory typu CTR, np. w układach akumulatorów telefonów, zapobiegając uszkodzeniu akumulatorów w wyniku zwarcia lub zbyt szybkiego ładowania.
- Czujniki tlenu.

7. Pirometr

Pirometr (in. termometr optyczny) to przyrząd pomiarowy służący do bezdotykowego pomiaru temperatury poprzez analizę promieniowania cieplnego emitowanego przez badane ciała (w zakresie widma widzialnego oraz bliskiej podczerwieni). Przykładowo ciało doskonale czarne emituje promieniowanie zależne tylko od temperatury.

8. Termopara



Termopara służy do pomiaru różnicy temperatur pomiędzy dwoma punktami, związanej z występowaniem zjawiska Seabacka. Jeżeli dwa końce tego samego przewodnika (A) będą miały różną temperaturę (T_1 i T_2) to powstanie między nimi różnica potencjałów elektrycznych. Aby ją zmierzyć trzeba by się do obu końców podłączyć (B) zamykając obwód. Gdyby użyć do tego tego samego rodzaju przewodnika wytworzyłoby się odwrotne napięcie niwelujące to które chcemy zmierzyć. Żeby temu zapobiec wykorzystuje się inny przewodnik (B), dla którego inna jest zależność różnicy temperatur do napięcia. W takim układzie mierzy się *de facto* różnice napięć wytworzonych przez taką samą temperaturę (T_1 i T_2) w różnych przewodnikach (A i B). Jedną ze spoin (tam gdzie mamy T_1) nazywamy pomiarową, a drugą odniesienia. Najczęściej wykorzystywane materiały to: Pt (platyna) + Rh (rod), Ni (nikiel) + Cr (chrom), Fe (żelazo) + konstantan. Do pomiaru wytworzonego napięcia wykorzystuje się miliwoltomierze magnetoelektryczne oraz specjalne kompensatory lub układy cyfrowe. Za pomocą miliwoltomierzy uzyskuje się klasę niedokładności 1 i 1,5.

9. Metoda funkcji opisującej

Funkcją opisującą $J(A)$ członu nieliniowego nazywamy stosunek wartości zespolonej amplitudy pierwszej harmonicznej odpowiedzi, wywołanej wymuszeniem sinusoidalnym, do amplitudy zespolonej tego wymuszenia:

$$J(A) \stackrel{\text{def}}{=} \frac{B e^{j\varphi}}{A} = \frac{B_1 + jC_1}{A}$$

10. Metoda płaszczyzny fazowej

Metoda płaszczyzny fazowej jest topologiczną metodą badania układów dynamicznych II rzędu, w tym także mechanicznych układów o jednym stopniu swobody. Polega ona na poszukiwaniu

rozwiązania dynamicznego równania ruchu nie jako funkcji czasu, lecz w postaci zależności między prędkością a przemieszczeniem. Metoda płaszczyzny fazowej pozwala określić podstawowe właściwości ruchu bez potrzeby rozwiązywania wyjściowych równań ruchu w dziedzinie czasu. Najwygodniej jest ją stosować gdy dysponujemy maszyną analogową z ploterem lub oscyloskopem.