

# Dobór nastaw regulatorów

## I CIĄGŁYCH

Jest to bardzo ważne i jednocześnie trudne zadanie do rozwiązania w automatyce. W chwili obecnej istnieją dwa główne sposoby wprowadzenia nastaw parametrów regulatorów (także w wielokrotnych układach regulacji automatycznej): ręczny i automatyczny.

Przy ręcznym wprowadzaniu nastaw wartości parametrów regulatora powinny być po pierwsze - proste do doreczenia, a po drugie - gwarantować wymagane wskaźniki jakościowe procesu przejściowego i to zarówno przy zmianie wartości zadanej, jak i zakłóceniu.

W sytuacji ręcznego wprowadzania nastaw wykorzystuje się następujące metody:

a) dobór nastaw w funkcji parametrów obiektu sterowanego (procesu) regulowanego dla przyjętego kryterium jakości regulacji. Są to najczęściej zestawienia tabelaryczne sporządzone dla różnych klas obiektów (statyczne, astatyczne, oscylacyjne itp.) i różnych oddziaływań (zmienności zadanej lub zakłócenia). Podstawową wadą tej metody jest konieczność wcześniejszej identyfikacji parametrów obiektu metodą składową jednostkową.

b) pomiar parametrów oscylacji wg Zieglera - Nicholasa, jest to metoda nie wymagająca identyfikacji obiektu, co jest jej zasadniczą zaletą. Metodę tą posiada bardzo wiele mutacji (metoda Pessena, Opelta, Hansena itp.).

W przypadku automatycznego dobioru wprowadzania nastaw korzysta się z następujących metod:

a) regulator - po przejściu się w tryb pomiar - wyznacza wartości parametrów ~~procesu~~ ~~przebiegu~~ ~~przebiegów~~ ~~przebiegów~~ (maksymalne przebiegi, czas regulacji, błąd ustalony itp.). Parametry te mogą być odczytane przez regulator po nawiązaniu przez użytkownika na ekranie LCD regulatora wymaganego przebiegu wielkości regulowanej. Regulator nastaw regulatora, jeżeli parametry te ulegają zmianie podczas pracy UKA, to zachodzi autoadaptacja nastaw (autotuning);

b) w nowoczesnych regulatorach nastawami są porządane wartości parametrów przebiegów przejściowych (maksymalne przebiegi, czas regulacji, błąd ustalony itp.). Parametry te mogą być odczytane przez regulator po nawiązaniu przez użytkownika na ekranie LCD regulatora wymaganego przebiegu wielkości regulowanej.

Metody strojenia regulatorów PID można podzielić na 6 grup:

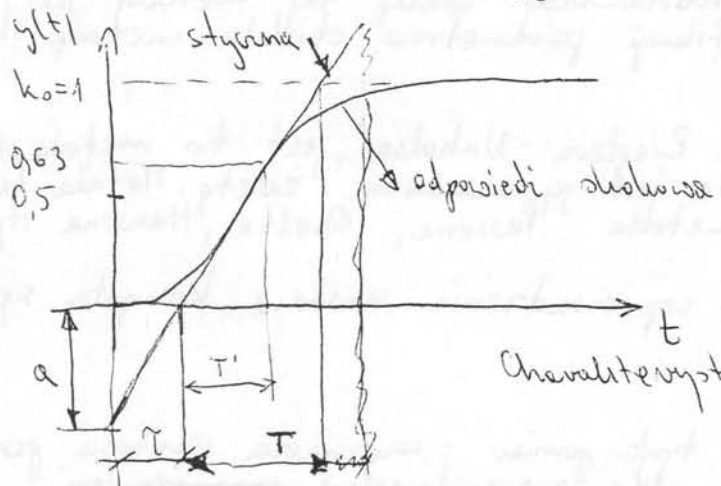
- 1) Zieglera - Nicholse
- 2) strojenie w dziedzinie częstotliwości, metody te dają informacje o czasie wzmacnienia i fazy
- 3) wykorzystujące parametry dogaz w przekształconym układzie regulacji automatycznej
- 4) oparte na optymalizacji kryteriów, głównie całkowych,
- 5) z modelem wewnętrznym
- 6) inne - na przykład oparte na rozpoznawaniu obrazów, wg zatoronej transmitencji układu zamkniętego, rozkładu pierwiastków zamkniętej pętli regulacyjnej, kryterium optymalnego modułu itp.

Przypadek 1: obiekty inercyjne

transmitancje obiektu  $G_o(s) = \frac{1}{(s+1)(3s+1)(2s+1)^3}$

W celu doboru nastaw regulatora do tego obiektu wykorzystuje się model o transmitencji

$G_m(s) = \frac{ke^{-sT}}{1+sTz}$ , który reprezentuje  $G_o(s)$



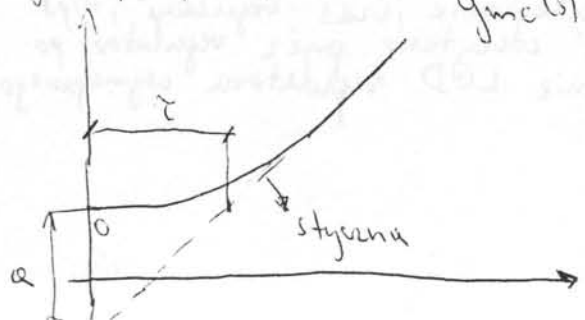
Dobór parametrów za pomocą tabel

Przypadek 2: obiekty całkujące

$G_o(s) = \frac{1}{s(s+1)(3s+1)(2s+1)^3}$ . W celu doboru nastaw regulatora do tego obiektu

wykorzystuje się model

$G_m(s) = \frac{ke^{-sT}}{s}$  lub  $G_m(s) = \frac{e^{-sT}}{sT_F}$



### Przykład 3: Dobór nastaw regulatorów nie wymagający znajomości dynamiki obiektu

Przedstawione wreszcie metody doboru nastaw regulatorów wymagają identyfikacji dynamiki obiektu, co w warunkach przemysłowych jest często trudne lub niemożliwe do zrealizowania. Dlatego też dużą popularność uzyskały metody, które stawią takiego wyniku. Prekursorami tych metod byli Ziegler i Nichols, którzy swoją metodę opublikowali w 1942 r. dla pneumatycznych regulatorów (P) wykonanych w amerykańskich Turbinach podwodnych. Metoda ta jest pośrednio wykorzystywana do chwili obecnej w automatyce dławikowej (i nie tylko). Dobór nastaw wg tej metody wymaga wykonania następujących czynności:

- 1) Jeżeli w UKA pracuje regulator PID, to należy nastawić go na działanie proporcjonalne przez nastawienie  $T_c = \max$  (lub  $\infty$ ) i  $T_d = \min$  (lub 0)
- 2) Zwiększając stopniowo współczynnik wzmocnienia  $k_p$  regulatora, należy doprowadzić do oscylacji wielkości regulowanej, mierząc ich okres  $T_{osc}$  oraz więcej krótką wartość współczynnika wzmocnienia  $k_{pk}$ , przy którym te oscylacje wystąpiły.
- 3) Określić nastawy regulatorów wg podanych przez Zieglera-Nicholsa zależności:

dla regulatora P  $k_p = 0,5 k_{pk}$

dla regulatora PI  $k_p = 0,45 k_{pk}$ ,  $T_c = 0,85 T_{osc}$

dla regulatora PID  $k_p = 0,6 k_{pk}$ ,  $T_c = 0,5 T_{osc}$ ,  $T_d = 0,12 T_{osc}$

Zaletą tej metody jest to, że wyznaczone nastawy gwarantują (prawie zawsze) stabilność UKA, choć nie zapewniają dobrych wskaźników jakościowych.

W celu poprawy tych wskaźników (zmniejszenie przebiegu, czasu regulacji, błędów ustalonych i innych) można dokonać korekty wyznaczonych nastaw, traktując je jako wyjściowe. Według tej metody jest konieczność doprowadzenia UKA do nietrwałych oscylacji.

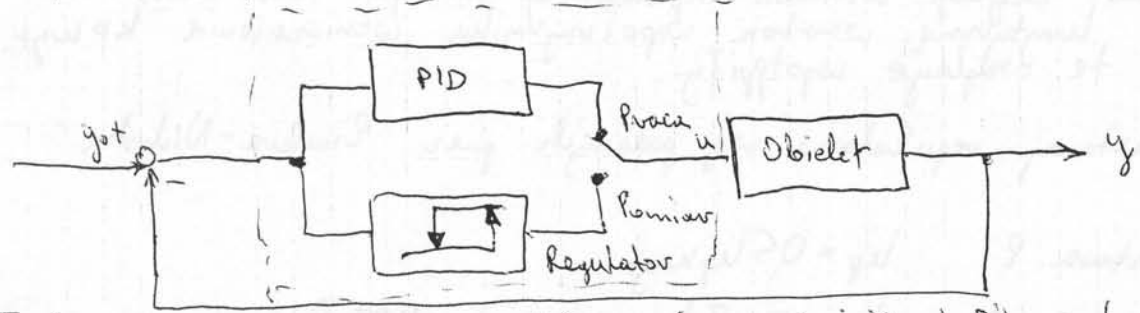
W przypadku regulatora PI zaleca się nastawić mniejszą wartość współczynnika  $k_p$  niż dla reg. P, co wynika z destabilizującego wpływu ujemnego przesunięcia fazowego wprowadzonego przez działanie całkujące. Z kolei istnienie działania różniczkującego (regulator PID) umożliwia zwiększenie współczynnika  $k_p$ , jak również zwiększenia intensywności działania całkującego, co wyraża się przez zmniejszenie czasu całkowania (zdwojenia).

Warto zauważyć, że  $T_d \approx \frac{T_c}{4}$ , co jest ogólnym regułą przy doborze nastaw regulatorów. Inne metody opierają się na metodzie Zieglera-Nicholsa (Lessena, Hanzena, Offerensa).

Przebiegi  $y(t)$  URH z regulatorem PID nastrojonym wg metody Zieglera - Nicholasa oraz Hansena-Offferensa są zbliżone

Przypadek 4: Automatemy dobór nastaw regulatorów

Współczesne regulatory elektroniczne posiadają możliwość automatycznego doboru nastaw, wykorzystując metody odpowiedni składowej, cyfłu granicznego lub metody korelacyjne. W metodzie tej, nastawy są obliczone wg wzorów Zieglera - Nicholasa. Potrzebne do obliczeń parametry (wzmożenie krętyczne i okres oscylacji na granicy stabilności) wyznaczane są w układzie zamkniętym z melcharnik dwupolozniowym



Tryb normalnej pracy regulatora (praca) i identyfikacji (pomiar) parametrów cyfłu granicznego

W celu określenia parametrów cyfłu granicznego regulator przełącza się w tryb pomiar. Obiekt jest wtedy sterowany przez melcharnik dwupolozniowy z histerezą  $H$ , a w układzie wystają drgania ustalone  $f$ . Na podstawie pomiarów amplitudy  $A_{osc}$  oraz okresu oscylacji  $T_{osc}$  oblicza się nastawy wg Zieglera - Nicholasa stosując następujące uproszczone zależności (dla niewielkich opóźnień)

$$R = \frac{\pi}{4U} \sqrt{A_{osc}^2 - H^2}$$

$$I = \frac{H}{4U}$$

$$d = \sqrt{R^2 + I^2}$$

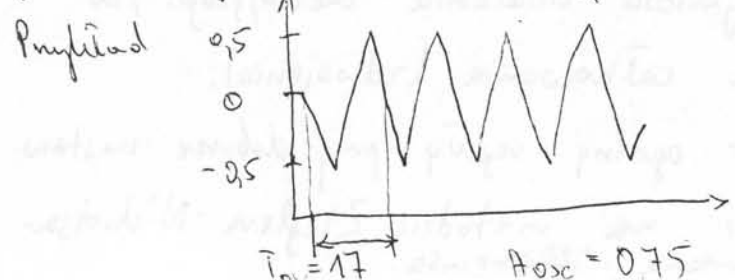
$$\omega_{osc} = \frac{2\pi}{T_{osc}}$$

$A_{osc}$  - amplituda oscylacji wielkości regulowanej  
 $H$  - histereza melcharnika  
 $U$  - amplituda zmian sterowania

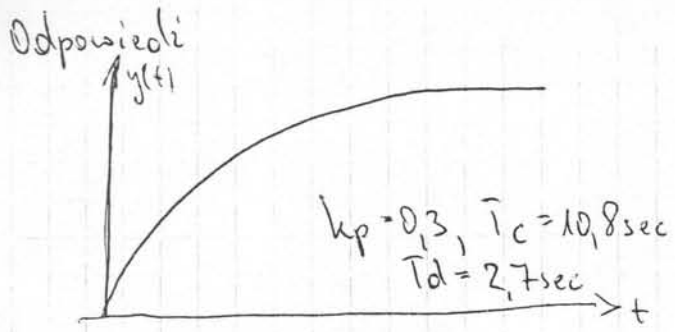
Dla wielostopniowych niedurzych opóźnień obiektu przyjmuje się:  $k_p = 0,5$   
 $T_c = \frac{4}{\omega_{osc}}$

Dla dwustopniowych opóźnień  $k_p = 0,25$ ,  $T_c = \frac{16}{\omega_{osc}}$

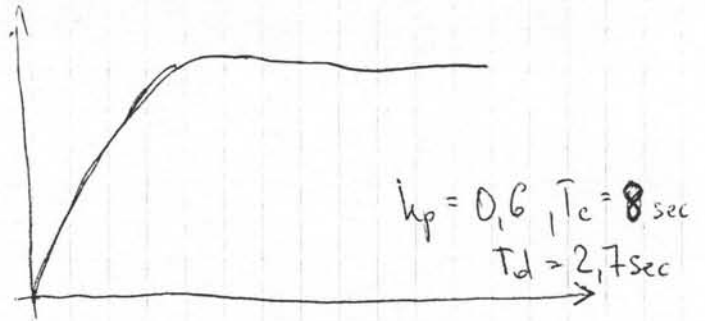
Dla PID  $T_d = \frac{T_c}{4}$ , jeżeli ze względu na załóczenia działania minimalizującego powinno być  $T_d = \frac{T_c}{6,25}$



$d = 0,6$   
 $\omega_{osc} = 0,3696 \left[ \frac{rad}{sec} \right]$   
 $k_p = 0,3$ ;  $T_c = 10,8 sec$ ;  $T_d = 2,7 sec$



przebieg plynny



Przebieg po modyfikacji z regulatorem PID stosując metodę cyklu granicznego

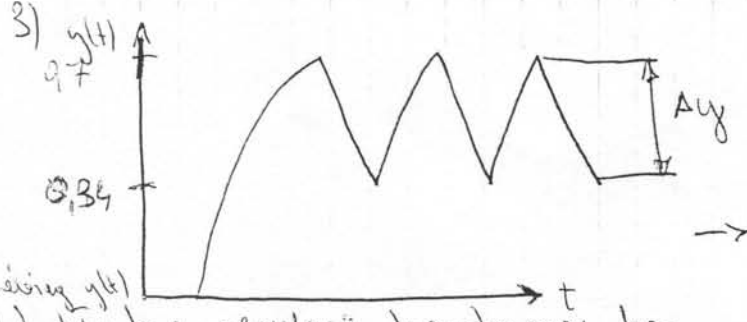
## II Dobór nastaw regulatorów dwustawnych

Zasadniczy wpływ na ~~dobór~~ nastaw jakości regulacji dwustawnej wywiera wzmocnienie  $k_p$  regulatora. Istotny wpływ ma również czas wzniesienia  $T_d$ , a zbyt duża jego wartość powoduje oscylacyjny charakter wielkości regulowanej. W układach regulacji dwustawnej stosunek czasu wzniesienia  $T_d$  do czasu całkowitego  $T_c$ , tj.  $\frac{T_d}{T_c}$  nie jest stały ale zależy od  $\frac{\tau}{T}$ .

Dobór nastaw regulatora dwustawnego z korektą można przeprowadzić bez znajomości parametrów obiektu ( $\tau, T, y_{max}$ ), sposobem będącym odpowiednikiem metody Zieglera-Nicholsa dla reg. ciągłych.

Procedura postępowania jest następująca:

- 1) Wyjrzeć działanie korekcyjne, następnie  $y_0 = \frac{1}{2} y_{max}$
- 2) Zarejestrować przebieg  $y(t)$



Pomierzyć okres oscylacji  $T_{osc}$  oraz wartość regulacji  $\Delta y$  w stanie ustalonym.

$\rightarrow T_{osc} = 7 \quad \Delta y = 0,36$

W układzie regulacji dwustawnej bez korekcyjnej

- 4) Określić nastawy regulatora dwustawnego z korektą, dynamiczny węg. zależność

$k_p = \frac{0,75}{\Delta y} \quad T_c = \frac{T_{osc}}{4 \Delta y} y_{max} \quad T_d = \frac{1}{12} T_{osc}$

Wzrostkiwosci  $T_{gran}$  elementu przedmiotowego można wyznaczyć:

$f_{max} = \frac{1}{4 T_d k_p}$