INSTRUKCJA

„Regulacja PID, badanie stabilności układów automatyki”

Opracowano na podstawie:

1. **Kaczorek T.: Teoria sterowania, PWN, Warszawa 1977.**
2. **Węgrzyn S.: Podstawy automatyki, PWN, Warszawa 1980**
3. **Żelazny M., Podstawy automatyki, PWN, Warszawa 1976**
4. **Markowski A., Kostro J., Lewandowski A.: Automatyka w pytaniach i odpowiedziach, WNT, Warszawa 1979**
5. **Materiały dydaktyczne FESTO https://www.festo.com/cms/pl_pl/index.htm**

Cel ćwiczenia:

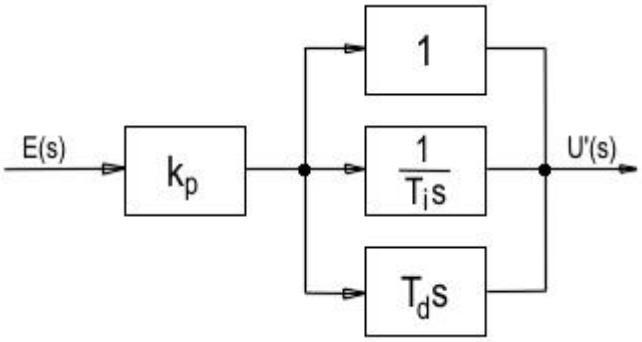
• Zapoznanie się z możliwościami stosowania regulacji PID do sterowania pracą fizycznych członów automatyki.

• Nabycie umiejętności doboru metody nastaw regulatorów PID na podstawie oceny wskaźników regulacji osiąganych po zastosowaniu różnych metod strojenia wykorzystujących metodę drgań granicznych.

1. Układy automatycznej regulacji wyposażone w PID

Regulator jest jednym z podstawowych elementów w układach automatyki. Jego zadaniem jest wygenerowanie takiego sygnału sterującego, aby w jak najszybszy sposób uzyskać wielkość zadaną. Regulator PID występuje w układzie zamkniętym, a sposób jego działania jest następujący:

- porównanie wielkości regulowanej (aktualnej) z wielkością zadaną,
- na podstawie tych dwóch danych wejściowych, obliczenie uchybu E(s) (różnicy między wielkością zadaną, a wielkością regulowaną),
- wygenerowanie sygnału sterującego w taki sposób, aby uchyb dążył do zera.



Rys. 1. Schemat blokowy regulatora PID

Regulator PID (Proporcjonalno – całkująco – różniczkujący) składa się z trzech członów:

- **P** Proporcjonalny – parametr regulowany: wzmocnienie $\mathbf{k_p}$

Człon ten jest głównie odpowiedzialny za sterowanie obiektem sterowanym w sposób proporcjonalny do wartości uchybu. Innymi słowy można ująć, że reaguje na bieżące wartości uchybu. Równanie czasowe regulatora typu P:

$$U_P(t) = K_p e(t)$$

- **I** Całkujący – parametr regulowany: czas zdwojenia $\mathbf{T_i}$

Człon całkujący umieszczony w układzie regulacji powoduje powolne wzmacnianie lub osłabianie sygnału sterującego w przypadku niezerowego uchybu. Z tego względu, że część całkująca wprowadza pewne opóźnienie do układu, to w przypadku zbyt dużego jej wzmocnienia powstaną oscylacje o częstotliwości mniejszej od tych, spowodowanych przez część proporcjonalną. Równanie członu całkującego:

$$U_I(t) = \frac{1}{T_i}\int_0^{\tau} e(t)dt$$

$$\tau - horyzont\ sterowania$$

- **D** Różniczkujący – parametr regulowany: czas wyprzedzenia $\mathbf{T_d}$

Ostatni człon regulatora PID, to człon różniczkujący. Jest on odpowiedzialny za wyliczanie gradientu wielkości regulowanej w taki sposób, aby „przewidzieć" uchyb w następnym cyklu pomiarowym i go zniwelować . Równanie czasowe członu różniczkującego jest następujące:

$$U_D(t) = T_d \frac{de(t)}{dt}$$

Nie wszystkie obiekty regulowane zawsze muszą wykorzystywać wszystkie człony regulatora PID. Możliwe jest „wyłączenie" członu całkującego (regulator PD) jeżeli układ ma sam w sobie charakter całkujący (obiekty astatyczne). W przypadku, gdy człon różniczkujący wpływa negatywnie na sterowanie obiektem (w obiektach o małej dynamice np. grzanie czy utrzymywanie stałej temperatury) stosuje się tylko dwa pierwsze człony regulatora PID. Aby z regulatora PID zrobić regulator z członem proporcjonalnym **P** należy przyjąć poniższe nastawy czasów całkowania i różniczkowania:

$$\boldsymbol{T_i = \infty, \quad T_d = 0}$$

Tabela 1. Ręczne strojenie regulatora PID

	Czas narastania	Przeregulowanie	Czas regulacji	Uchyb w stanie ustalonym
K_P	Zmniejszenie	Zwiększenie	Mała zmiana	Zmniejszenie
K_I	Zmniejszenie	Zwiększenie	Zwiększenie	Eliminacja
K_D	Mała zmiana	Zmniejszenie	Zmniejszenie	Bez zmian

1.1. Dobór parametrów regulatora PID

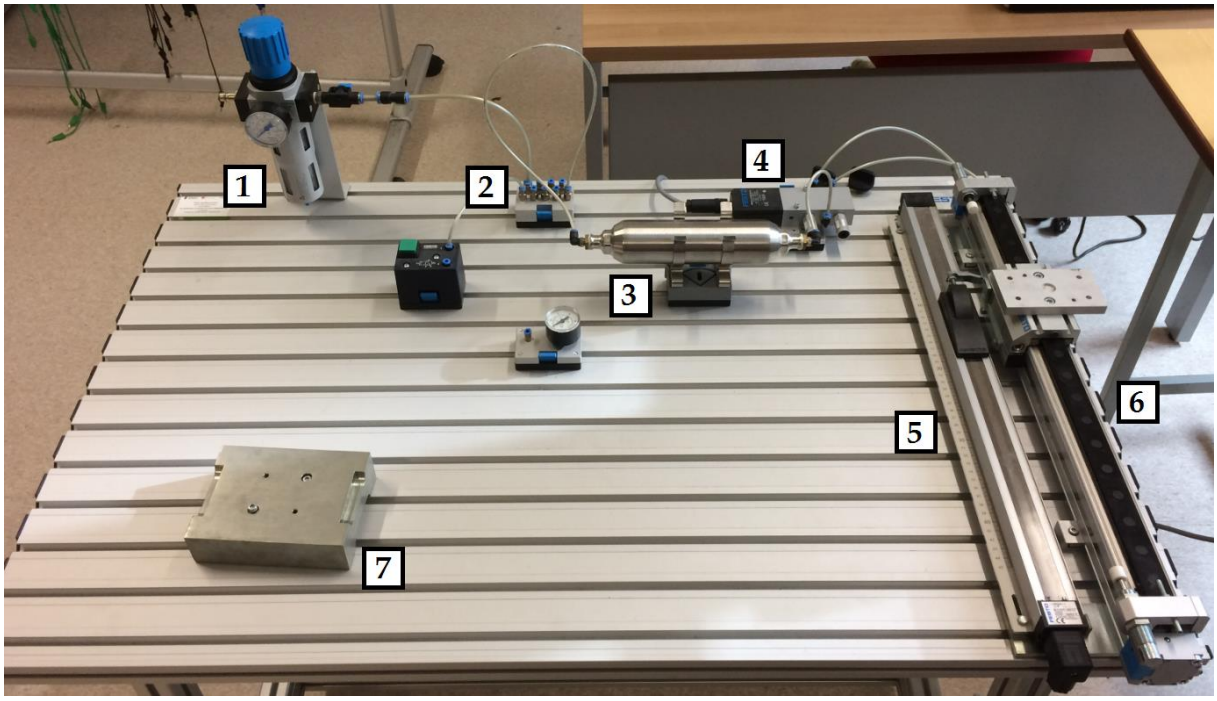
Istnieje wiele metod heurystycznych na dobór parametrów regulatora PID przy nieznanej transmitancji obiektu sterowania. Metody te polegają na pomiarze okresu oscylacji oraz wzmocnieniu krytycznym. Aby otrzymać te dane wejściowe należy skorzystać z poniższego algorytmu:

1) Przyjęcie regulatora PID jako regulatora tylko z członem proporcjonalnym **P**,
2) Eksperymentalnie znaleźć wzmocnienie krytyczne $\mathbf{k_{kryt}}$, dla którego układ będzie pracował na granicy stabilności (dokładność 0,1) – oscylacje niegasnące,
3) Na podstawie wykresu odpowiedzi układu, odczytać okres oscylacji $\mathbf{T_{osc}}$,
4) Skorzystać z jeden z dwóch metod zamieszczonych w tabeli poniżej,
5) Ręczna regulacja obliczonych nastaw dla jak najlepszej regulacji.

	Metoda Zieglera-Nicholsa	Metoda Pessena
k_c	$k_{kryt} * 0{,}6$	$k_{kryt} * 0{,}2$
T_i	$T_{osc} * 0{,}5$	$T_{osc} * 0{,}33$
T_d	$T_{osc} * 0{,}125$	$T_{osc} * 0{,}5$

2. Stanowisko badawcze

Na rysunku 2 pokazano stanowisko badawcze działania regulatorów PID wraz z opisem. Stanowisko badawcze stanowi zespół przygotowania sprężonego powietrza wraz z potrzebnymi elementami pneumatycznymi do sterowania siłownikiem.



Rys. 2. Widok stanowiska badawczego. 1) Zespół przygotowania powietrza wraz z reduktorem, 2) Rozdzielacz, 3) Zbiornik ciśnienia, 4) Rozdzielacz proporcjonalny, 5) Przetwornik drogi, 6) Siłownik pneumatyczny, 7) Dodatkowa masa

Sprężone powietrze, jako medium, trafia do układu poprzez zespół przygotowania powietrza, gdzie jego ciśnienie jest redukowane (1) do ustawionej wartości. Wartość ciśnienia w układzie reguluje się za pomocą ręcznego zaworu znajdującego się na górze zespołu przygotowania powietrza. Następnie przez zbiornik (3) oraz rozdzielacze (2, 4) powietrze jest kierowane do obiektu sterowania, którym jest siłownik pneumatyczny (6). Informacja zwrotna w postaci pozycji siłownika (5) wyrażona napięciem od 0 do 10 V trafia do karty pomiarowej National Instruments, która przetwarza ten sygnał na zakres od 0 do 50 cm. Dodatkowa masa (7) może być przymocowana do siłownika pneumatycznego w celu sprawdzenia, jak regulator zareaguje na dodatkowe zakłócenie w obiekcie sterowanym spowodowane jego zwiększoną bezwładnością.

Istnieją dwie możliwości regulacji obiektem sterowania:

- manualna lub
- za pomocą programu Lab VIEW przy wykorzystaniu karty pomiarowej podłączonej do komputera PC.

2.1. Regulacja manualna

Dane techniczne manualnego regulatora PID (rys. 3):

- Napięcie zasilania: 24 V DC
- Wskaźnik przesterowania:-10 > Ue > +10 V
- Zakres napięcia wejściowego: -13 – +13 V
- Ograniczenie napięcia wyjściowego: [0 – +10 V] [-10 – +10 V]
- Przesunięcie wielkości nastawczej: 5 ±3,5 V przy [0 – +10 V], 0 ±7 V przy [-10 – +10 V]
- Współczynnik proporcjonalny KP: 0 – 1000
- Współczynnik całkowania KI: 0 – 1000 s-1
- Współczynnik różniczkowania KD: 0 – 1000 ms
- Przyłącze: wtyczka bezpieczeństwa 4 mm

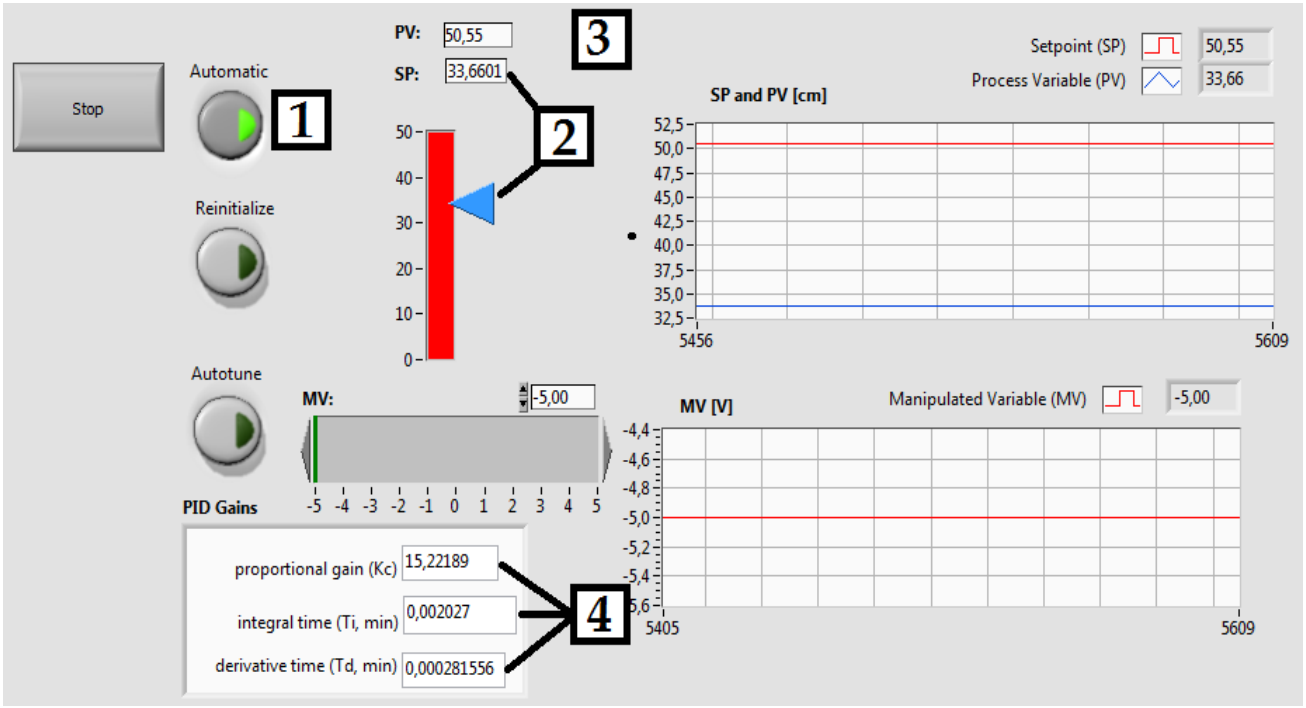
Regulator zawiera następujące funkcje:

- Zasilanie napięciem
- Wejścia różnicowe
- Komparator
- Człony regulacyjne: człon proporcjonalny, człon całkujący, człon różniczkujący
- Przesunięcie wielkości nastawczej
- Punkt sumujący
- Ogranicznik
- Wyjście

Rys. 3. Widok regulatora manualnego PID [https://www.festo.com/cms/pl_pl/index.htm]

2.2. Regulacja cyfrowa

Drugim sposobem regulacji obiektu sterowanego jest panel sterujący przygotowany w oprogramowaniu LabVIEW. Poniżej przedstawiono rysunek 4 z widokiem panelu programu sterującego tym obiektem.



Rys. 4. Zrzut ekranu programu sterującego. 1) Załączenie regulatora PID, 2) Zadawanie wartości SP, 3) Wartość aktualna PV, 4) Nastawy poszczególnych członów regulatora PID

3. Zadania do wykonania

Zadaniem do wykonania w trakcie zajęć laboratoryjnych jest dobór takich parametrów poszczególnych członów regulatora PID, aby w jak najkrótszym czasie siłownik pneumatyczny osiągnął zadaną wartość w przedziale od 200 do 300 mm.

4. Pytania kontrolne

1) Opisz działanie regulatora w układzie otwartym i zamkniętym,
2) Wymień i scharakteryzuj człony regulatora PID,
3) Opisz metodę wyznaczania parametrów poszczególnych członów regulatora PID
4) Wymień 3 przykłady zastosowania regulatora PID