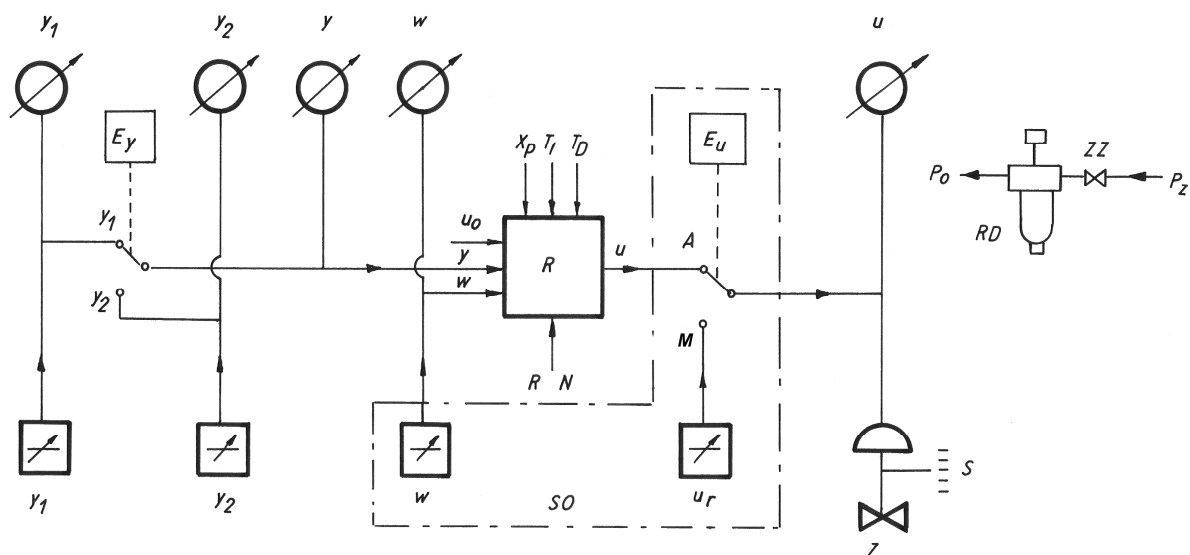


7. PNEUMATYCZNY REGULATOR PID – WŁAŚCIWOŚCI STATYCZNE I DYNAMICZNE

Cel zadania: Zbadanie statycznych i dynamicznych właściwości przemysłowego, pneumatycznego, analogowego regulatora PID. Poznanie działania zadajnika pneumatycznego, stacyjki operacyjnej i zaworu regulacyjnego z pneumatycznym siłownikiem membranowym.

7.1. UKŁAD POMIAROWY

Schemat układu do badania właściwości pneumatycznego analogowego regulatora PID (proporcjonalno-całkująco-różniczkującego) przedstawia rysunek 7.1. Przedmiotem doświadczeń jest przemysłowy regulator (R) typu TRPID produkcji zakładów MERA-PNEFAL, sprzęgnięty ze stacyjką operacyjną (SO) typu A-601 tego samego producenta. Regulator, stacyjka i inne człony układu pomiarowego są zasilane powietrzem o ciśnieniu $P_0 = 150$ kPa z automatycznego reduktora ciśnienia RD . Do reduktora jest doprowadzone przez zawór odcinający ZZ powietrze o ciśnieniu $P_z = 250 \dots 300$ kPa ze stacji zasilania. Reduktor ciśnienia ma wbudowany filtr i odoliwiacz powietrza.



Rys. 7.1. Schemat układu do badania właściwości pneumatycznego regulatora PID

Do wejścia (y) regulatora R jest doprowadzony analogowy sygnał pneumatyczny wielkości regulowanej y z jednego z dwóch analogowych zadajników ciśnienia: y_1 lub y_2 , symulujących działanie przetwornika pomiarowego (z lewej strony planszy ćwiczenia).

Sterowany elektrycznie dwudrogowy zawór elektromagnetyczny E_y (nad zadajnikami) umożliwia skokowe przełączanie nastawionych wartości ciśnienia y .

Do drugiego wejścia regulatora (w) jest doprowadzony z zadajnika umieszczonego w lewej części stacyjki operacyjnej analogowy sygnał pneumatyczny wielkości zadanej w . Na wyjściu regulatora uzyskujemy sygnał wielkości regulującej u .

Sygnały pneumatyczne y , w i u mają standardowy zakres zmian ciśnienia powietrza 20...100 kPa; odpowiednie ciśnienia są mierzone sprężystościowymi manometrami y , w i u .

Układ regulatora umożliwia też przesuwanie charakterystyki statycznej (punktu pracy) przez dodawanie nastawianego sygnału u_0 . Zabieg ten ma praktyczne znaczenie przy optymalizowaniu nastaw regulatora P lub PD. Regulatory PI i PID są astatyczne i same znajdują optymalne położenie punktu pracy przy $e \approx 0$.

Regulator kształtuje sygnał wyjściowy (wielkość regulującą u) zgodnie z zadaniem algorytmem charakterystyki statycznej i dynamicznej P, PI, PD lub PID (patrz [1], rozdz. 18.2). Zmianę przebiegu charakterystyki regulatora umożliwiają: przełącznik kierunku pracy z normalnego (N) na odwrotny (R) – dźwignia z prawej strony obudowy regulatora, pokrętło nastawiania zakresu proporcjonalności X_p (obracane od spodu wystającej, przedniej części regulatora), pokrętła nastawiania czasu wyprzedzenia T_D i czasu zdwojenia T_I (obracane z boków wystającej, przedniej części regulatora), zaworek wyłączania całkowania I (na planszy ćwiczenia, w lewo od regulatora) oraz pokrętło nastawiania przesunięcia charakterystyki statycznej u_0 – na planszy ćwiczenia, poniżej zaworka wyłączania całkowania.

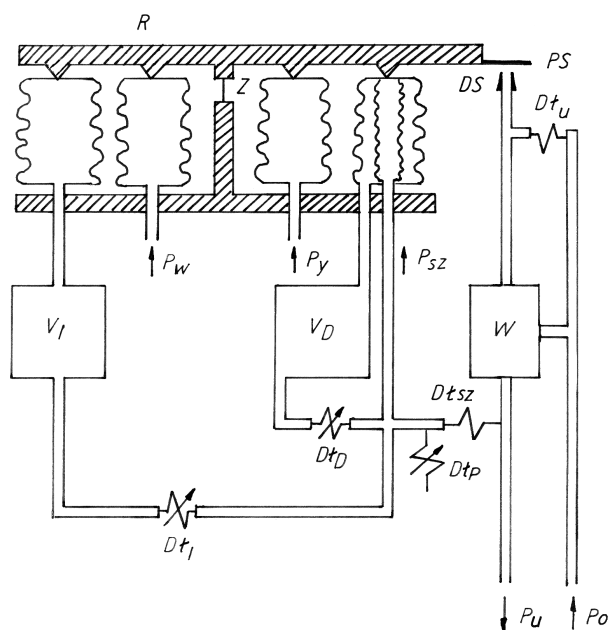
Analogowy, pneumatyczny sygnał wielkości regulującej u z wyjścia regulatora, jest przy pracy automatycznej doprowadzony do urządzenia wykonawczego, którym jest membranowy siłownik zaworu regulacyjnego Z . Zmiana ciśnienia u powoduje przesuwanie się grzybka zaworu, a stopień otwarcia zaworu pokazuje w procentach wskaźnik S .

Przy pracy ręcznej, siłownik jest łączony przełącznikiem E_u z ręcznym zadajnikiem wielkości regulującej u_r (pokrętło umieszczone z prawej strony stacyjki operacyjnej). Przełącznik E_u rodzaju pracy układu (M – „ręczna”, A – „automatyczna”) jest wbudowany w stacyjkę operacyjną (dźwignia pod wskaźnikiem ciśnień).

Opisany układ pomiarowy umożliwia badanie charakterystyki ręcznego sterowania urządzeniem wykonawczym, charakterystyki statycznej regulatora oraz jego właściwości dynamicznych (przebiegu odpowiedzi na wymuszenie skokowe – charakterystyki dynamicznej skokowej). Badania te są wykonywane w układzie otwartym, bez sprzężenia zwrotnego z wyjścia regulatora poprzez obiekt regulacji do jego wejścia – badany jest regulator, a nie układ regulacji.

7.2. BUDOWA I DZIAŁANIE REGULATORA

Schemat budowy pneumatycznego regulatora PID przedstawia rysunek 7.2. Pneumatyczne sygnały wielkości zadanej P_w i wielkości regulowanej P_y działają na mieszki sprężyste, znajdujące się po obydwu stronach dźwigni równoważni sił R , ułożyskowanej beztarciowo przy pomocy dwóch płaskich sprężyn Z . Układ mieszków stanowi człon sumujący regulatora (patrz [1], rozdz. 15.2.2). Czujnikiem stanu nierównowagi dźwigni R jest zespół dyszy DS i przesłony PS z dławikiem Dt_u , zasilany powietrzem o ciśnieniu P_0 (patrz [1], rozdz. 10.1.2 i 10.7.2.A). Sygnał nierównowagi dźwigni jest wzmacniany we wzmacniaczu pneumatycznym W i opuszcza regulator jako sygnał wielkości regulującej P_u .



Rys. 7.2. Schemat pneumatycznego regulatora PID

Liniowość charakterystyki członu sumującego uzyskuje się za pomocą pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego z dławikiem Dt_{sz} i wewnętrznym mieszkem sprężystym, zasilanym sygnałem P_{sz} . Zmianę wzmocnienia K_p układu (zakresu proporcjonalności regulatora X_p) umożliwia nastawny dławik Dt_p , tworzący wraz z dławikiem Dt_{sz} nastawny dzielnik ciśnienia i wpływający na wartość sygnału ujemnego, proporcjonalnego sprzężenia zwrotnego P_{sz} .

Kształtowanie dynamicznych właściwości regulatora umożliwiają dwie inercyjne pętle sprzężenia zwrotnego: ujemnego, z dławikiem Dt_D , pojemnością V_D i prawym, zewnętrznym mieszkem równoważni, nadającego regulatorowi charakterystykę różniczkującą (D) i dodatniego, z dławikiem Dt_I , pojemnością V_I i lewym mieszkem równoważni, nadającego regulatorowi charakterystykę całkującą (I). Nastawne dławiki Dt_D i Dt_I umożliwiają zmienianie czasu wyprzedzenia T_D i czasu zdwojenia T_I regulatora (patrz [1], rozdz. 18.2).

7.2. RĘCZNE STEROWANIE URZĄDZENIEM WYKONAWCZYM

Sprawdzić czy jest uruchomiona sprężarka stacji zasilania powietrzem (ewent. spytać laboranta) i czy ciśnienie powietrza w stacji (na korytarzu, prawy manometr) osiągnęło wartość przynajmniej 300 kPa (300 bar). Sprężarka jest sterowana automatycznie i wyłącza się po osiągnięciu zadanego ciśnienia (ok. 400 kPa).

Otworzyć **całkowicie** umieszczony w pobliżu reduktora ciśnienia *RD* zawór odcinający *ZZ*. Pokrętem reduktora (górnym) nastawić wartość ciśnienia $P_0 = 150$ kPa.

Dźwignię rodzaju pracy w stacyjce operacyjnej (poniżej regulatora) ustawić w położeniu prawym „ręczna” (*M*). Dźwignię kierunku pracy regulatora (z jego prawej strony) ustawić w pozycji *0* (regulator wyłączony). Obracać prawym pokrętem stacyjki i obserwować jej mały dolny wskaźnik, duży manometr wyjściowej wielkości regulującej *u* oraz wskaźnik stopnia otwarcia zaworu regulacyjnego *S*, wykalibrowany w procentach otwarcia. Dla co najmniej sześciu dowolnych położenia zaworu *S*, odczytać z dużego manometru odpowiadające im ciśnienia *u* i wpisać je do tabelki. Wartości ciśnień odczytywać z dokładnością 1 kPa (uwaga na rzadsze działki skali manometru poniżej 10 kPa!).

7.4. PRZEŁĄCZANIE UKŁADU NA AUTOMATYCZNY RODZAJ PRACY

Przestawić w stacyjce operacyjnej dźwignię rodzaju pracy układu z położenia „*M*” (ręczna) w położenie „*A*” (automatyczna). Po dokonaniu przełączenia sprawdzić, że obracanie pokrętem ręcznego ustawiania zaworu nie zmienia już wartości ciśnienia *u* na wyjściu regulatora i nie wpływa na położenie wrzeciona zaworu regulacyjnego.

7.5. WŁAŚCIWOŚCI STATYCZNE REGULATORA PROPORCJONALNEGO (P)

Przełącznik kierunku pracy regulatora (z jego prawej strony) przestawić w pozycję *R* – praca odwrotna. Odwrotna praca regulatora oznacza, że ze wzrostem odchylenia regulacji $e = w - y$, wielkość regulująca *u* maleje (wzmocnienie regulatora $K_p < 0$). Równanie charakterystyki statycznej regulatora proporcjonalnego omówiono w literaturze ([1], rozdz. 18.2.1 i dodatkowa instrukcja teoretyczna do laboratorium nr 4), a ma ono postać:

$$u = K_p \cdot e + u_0 = \frac{100}{X_p} \cdot (w - y) + u_0 \quad (7.1)$$

gdzie:

u	–	wielkość regulująca,
$ K_p = \frac{1}{X_p} \cdot 100$	–	wzmocnienie statyczne (proporcjonalne),
X_p	–	zakres proporcjonalności (w %),
$e = w - y$	–	odchylenie regulacji,
u_0	–	przesunięcie punktu pracy.

Zminimalizować wpływ różniczkowania przez nastawienie (pokrętle z prawej strony wystającej części regulatora) **minimalnej** wartości czasu wyprzedzenia T_D . Wpływ całkowania **można by** zminimalizować przez nastawienie maksymalnie długiego czasu zdwojenia T_I , jednak ze względu na konieczność (przy długotrwałych pomiarach) zupełnego wyłączenia całkowania, **należy nastawić** (pokrętle z lewej strony wystającej części regulatora) **minimalną** wartość czasu zdwojenia i przekręcić dodatkowy zaworek I (na planszy ćwiczenia) w położenie „ **I wyłączone**”. Na koniec włączyć zasilania elektryczne wyłącznikiem W_S .

7.5.1 PRACA ODWROTNA, $X_p = 100\%$

Przed rozpoczęciem pomiarów należy przygotować sześć tabel z rubrykami: X_p , w , y , e , u i u_0 (rubryka „ e ” zostanie wypełniona dopiero podczas przygotowywania sprawozdania). Pokrętle nastawiania zakresu proporcjonalności (od spodu wystającej części regulatora) nastawić wartość $X_p = 100\%$ ($|K_p| = 1$). Pokrętle zadajnika y_1 nastawić wartość ciśnienia $y_1 = 60$ kPa. Przełącznik elektryczny zaworu elektromagnetycznego E_y ustawić w pozycji y_1 – świeci się lampka y_1 , do regulatora jest doprowadzony sygnał wielkości regulowanej $y = y_1$.

Pokrętle zadajnika w stacyjce operacyjnej nastawić $w = 60$ kPa. Ponieważ $y = w$, to $e = 0$ i $u = u_0$ (równanie 6.1). Obracając pokrętle u_0 nastawić $u = u_0 = 60$ kPa.

Pokrętle zadajnika wielkości regulowanej y_1 nastawić $y = y_1 = 20$ kPa. W celu zbadania charakterystyki statycznej regulatora, podwyższać wielkość regulowaną y_1 od 20 kPa do 100 kPa co 10 kPa, notując w tabelce wartości wielkości regulującej u . Wartości ciśnień odczytywać z dokładnością 1 kPa. Ze względu na wpływ niecałkowicie wyłączzonego w regulatorze układu różniczkującego, odczytu u dokonywać dopiero po ustaleniu się wskazań miernika (po upływie około 5 s od zmiany wartości y).

7.5.2. PRACA NORMALNA, $X_p = 100\%$

Nastawić wielkość regulowaną $y = y_1 = 20$ kPa, wielkość zadana nadal $w = 60$ kPa. Przełącznik kierunku pracy regulatora (z prawej) ustawić w pozycji N – praca normalna. Normalna praca regulatora oznacza, że ze wzrostem odchylenia regulacji wielkość regulująca rośnie ($K_p > 0$).

Podwyższać wielkość regulowaną y_1 od 20 kPa do 100 kPa co 10 kPa, notując w tabelce wartości wielkości regulującej u . Odczytu ciśnienia u dokonywać z dokładnością 1 kPa po ustaleniu się wskazań miernika (po upływie około 5 s).

7.5.3. PRACA NORMALNA, $X_p = 200\%$

Nastawić wielkość regulowaną $y = y_1 = 60$ kPa, wielkość zadana wciąż $w = 60$ kPa. Pokrętle nastawiania zakresu proporcjonalności nastawić $X_p = 200\%$ ($K_p = 0,5$). Pokrętle u_0 nastawić $u = u_0 = 60$ kPa.

Nastawić wielkość regulowaną $y = y_1 = 0$ kPa. Podwyższać wartość y_1 od 0 kPa do 120 kPa co 10 kPa, notując w tabelce wartości wielkości regulującej u po ustaleniu się wskazań miernika.

7.5.4. PRACA NORMALNA, $X_p = 50\%$

Nastawić wielkość regulowaną $y = y_1 = 60$ kPa, wielkość zadana nadal $w = 60$ kPa. Pokrętle nastawiania zakresu proporcjonalności nastawić $X_p = 50\%$ ($K_p = 2$). Pokrętle u_0 nastawić $u = u_0 = 60$ kPa.

Nastawić wielkość regulowaną $y = y_1 = 30$ kPa. Podwyższać wartość y_1 od 30 kPa do 90 kPa co 10 kPa, notując w tabelce wartości wielkości regulującej u po ustaleniu się wskazań miernika.

7.5.5. PRZESUWANIE PUNKTU PRACY

Kierunek pracy regulatora normalny (N). Wielkość regulowana $y = y_1 = 60$ kPa, wielkość zadana $w = 60$ kPa. Nastawić zakres proporcjonalności $X_p = 100\%$. Pokrętle u_0 nastawić $u = u_0 = 40$ kPa (przesunięcie charakterystyki statycznej o -20 kPa).

Nastawić wielkość regulowaną $y = y_1 = 0$ kPa. Podwyższać wartość y_1 od 20 kPa do 100 kPa co 10 kPa, notując w tabelce wartości wielkości regulującej u po ustaleniu się wskazań miernika.

Powyższe pomiary powtórzyć po nastawieniu (przy $w = y = 60$ kPa) wartości $u = u_0 = 80$ kPa (przesunięcie punktu pracy o +20 kPa).

7.6. WŁAŚCIWOŚCI DYNAMICZNE REGULATORA PID

Algorytmy i działanie regulatora PID omówiono w literaturze ([1], rozdz. 18.2 i dodatkowa instrukcja teoretyczna do laboratorium nr 4). W następnych etapach zadania będziemy badać poszczególne składowe algorytmu (P, PI, PD), a w końcu pełny algorytm PID.

7.6.1. REGULATOR PROPORCJONALNO-CALKUJĄCY (PI)

Algorytm regulatora proporcjonalno-całkującego (PI) ma postać:

$$u = \frac{100}{X_p} \cdot \left(e + \frac{1}{T_I} \int_0^{\tau} e \, d\tau \right) \quad (7.2)$$

Wielkość regulująca u jest proporcjonalna do wartości odchylenia regulacji e (działanie proporcjonalne) oraz do czasu trwania odchylenia regulacji $\int_0^{\tau} e \, d\tau$ (działanie całkujące).

Czas zdwojenia T_I , nastawiany pokrętelem w regulatorze, określa intensywność całkowania i jest czasem, po upływie którego w czasie badania odpowiedzi regulatora na wymuszenie skokowe y , składowa całkowa wielkości regulującej przewyższy jej składową proporcjonalną. Współczynnik X_p jest zakresem proporcjonalności regulatora.

Sprawdzić ustawienie normalnego kierunku pracy regulatora (N), zakresu proporcjonalności $X_p = 100\%$ ($|K| = 1$). Nastawić $y = y_1 = 60$ kPa (przełącznik y w położeniu y_1), nastawić $w = 60$ kPa ($e = 0$) i następnie pokrętelem u_0 obniżyć $u = u_0$ do 0 kPa. Wartość czasu wyprzedzenia T_D pozostawić bez zmian (minimalną), natomiast pokrętelem nastawiania czasu zdwojenia nastawić $T_I = 1$ min.

Nastawić $y_2 = 40$ kPa. Przygotować sekundomierz, tabelkę z rubrykami w , y , e , τ i u . Przeczytać najpierw ten punkt do końca, podzielić czynności między wykonujących ćwiczenie.

Tuż przed rozpoczęciem pomiarów **włączyć** całkowanie zaworkiem I – wartość u powinna wynosić około 0 kPa. Uruchomić pomiar czasu i w odstępach co 10 s zanotować trzy kolejne wartości u (pierwszy odczyt w czasie $\tau = 0$). Wszystkie odczytane wartości u powinny być zbliżone do 0 kPa, ponieważ całka z $e = 0$ jest stała.

W momencie $\tau = 30$ s, nie przerywając mierzenia czasu, zanotować czwartą wartość u i przełączyć wielkość regulowaną y z y_1 na y_2 (wymusić skok wartości y). Wartość y zmalała skokowo o 20 kPa, a odchylenie regulacji $e = w - y$ wzrosło skokowo od zera do +20 kPa. W dalszym ciągu co 10 s notować wartości wielkości regulującej u , aż do osiągnięcia $u = 100$ kPa. Zaobserwowaliśmy całkowanie wartości $e = +20$ kPa i liniowy wzrost wartości całki (u).

W momencie osiągnięcia $u = 100$ kPa, nie przerywając mierzenia czasu i notowania wartości u co 10 s, przełączyć wielkość regulowaną z y_2 z powrotem na y_1 . Odchylenie regulacji e osiągnęło ponownie wartość zerową. Nadal co 10 s notować wartości wielkości regulującej u przez 30 s (całka z zera znów jest stała). W tym czasie szybko nastawić pokrętkiem zadajnika $y_2 = 80$ kPa.

Po upływie 30 s, nadal nie przerywając mierzenia czasu i notowania wartości u , przełączyć wielkość regulowaną z y_1 na y_2 . Wartość y wzrosła skokowo o 20 kPa, wartość e zmalała skokowo od zera do -20 kPa. Co 10 s notować wartości u aż do osiągnięcia $u = 0$ kPa. Zaobserwowaliśmy całkowanie wartości $e = -20$ kPa i liniowy spadek wartości całki (u).

7.6.2. REGULATOR PROPORCJONALNO-RÓŻNICZKUJĄCY (PD)

Algorytm regulatora proporcjonalno-różniczkującego ma postać:

$$u = \frac{100}{X_p} \left(e + T_D \frac{de}{d\tau} \right) + u_0 \quad (7.3)$$

Wielkość regulująca u jest proporcjonalna do wartości odchylenia regulacji e (działanie proporcjonalne) oraz do szybkości zmian odchylenia regulacji w czasie $de/d\tau$ (działanie różniczkujące). Czas wyprzedzenia T_D , nastawiany pokrętkiem w regulatorze, określa intensywność różniczkowania i jest czasem, po upływie którego przy liniowo narastającym odchyleniu regulacji, składowa proporcjonalna wielkości regulującej przewyższy jej składową różniczkową. Współczynnik X_p jest zakresem proporcjonalności regulatora.

Wyłączyć całkowanie zaworkiem I , wartość czasu zdwojenia T_I nastawić na minimum. Nastawić wielkość zadaną $w = 80$ kPa i wielkość regulowaną $y = y_1 = 70$ kPa (przełącznik sygnału y w położeniu y_1). Wartość y_2 nastawić na 50 kPa. Zaczekać, aż u osiągnie wartość około 10 kPa, czyli $w - y$. Nastawić czas wyprzedzenia $T_D = 5$ min. Nie zmieniać nastawionej w poprzednim doświadczeniu wartości $u_0 = 0$.

Przygotować sekundomierz, tabelkę z rubrykami w , y , e , τ i u . Przeczytać najpierw ten punkt do końca, podzielić czynności pomiędzy wykonujących zadanie. Uruchomić pomiar czasu i w odstępach co 10 s zanotować trzy kolejne wartości u (pierwszy odczyt w czasie $\tau = 0$, wszystkie odczytane wartości u powinny być zbliżone do 10 kPa).

W momencie $\tau = 30$ s zanotować czwartą wartość u i przełączyć wielkość regulowaną y z y_1 na y_2 . Wartość odchylenia regulacji e wzrosła skokowo z +10 kPa do +30 kPa (o +20 kPa). W dalszym ciągu co 10 s notować wartości u , aż do osiągnięcia stabilnej w czasie wartości $u \approx 30$ kPa ($w - y$). **Dodatkowo należy zanotować w tabelce wartość i czas osiągnięcia maksimum u natychmiast po przełączeniu wartości y** (efekt różniczkowania gwałtownego skoku e).

Po zakończeniu pomiarów nastawić w regulatorze minimalną wartość czasu wyprzedzenia T_D .

7.6.3. REGULATOR PID

Regulator PID łączy w sobie właściwości poprzednio zbadanych rodzajów regulatorów P, I oraz D.

Przełącznik sygnału y ustawić w pozycji y_1 . Nastawić wielkość zadaną regulatora $w = 60$ kPa oraz wielkość regulowaną $y = y_1 = 60$ kPa. Nastawić wartość $y_2 = 40$ kPa. Wartość u powinna wynosić około 0 kPa ($w - y$). Nastawić $T_D = 5$ min, $T_I = 1$ min, $X_p = 100\%$, praca regulatora normalna (N). Przygotować sekundomierz, tabelkę z rubrykami w , y , e , τ i u . Przeczytać najpierw ten punkt do końca, podzielić czynności między wykonujących zadanie.

Tuż przed rozpoczęciem pomiarów **włączyć** całkowanie zaworkiem I , a następnie uruchomić pomiar czasu i w odstępach co 10 s zanotować trzy kolejne wartości u (pierwszy odczyt w czasie $\tau = 0$, wszystkie odczytane wartości u zbliżone do 0 kPa).

W momencie $\tau = 30$ s zanotować czwartą wartość u i przełączyć wielkość regulowaną z y_1 na y_2 . Wartość y zmalała o 20 kPa, odchylenie regulacji e wzrosło od 0 do +20 kPa.

W dalszym ciągu notować co 10 s wartości u , aż do osiągnięcia $u = 100$ kPa. **Dodatkowo należy zanotować w tabelce wartość i czas osiągnięcia maksimum u natychmiast po przełączeniu wartości y .**

7.7. WPLYW CIŚNIENIA POWIETRZA ZASILAJĄCEGO

Wyłączyć całkowanie zaworkiem I , nastawić minimalną wartość czasu zdwojenia T_I oraz minimalną wartość czasu wyprzedzenia T_D . Przełącznik sygnału y ustawić w pozycji y_1 . Nastawić wielkość zadaną $w = 90$ kPa, wielkość regulowaną $y = y_1 = 30$ kPa. Wielkość regulująca u powinna osiągnąć wartość około 60 kPa ($w - y$). Górnym pokrętelem reduktora ciśnienia RD (z prawej, bocznej strony planszy ćwiczenia) zmieniać ciśnienie P_0 zasilające cały układ pomiarowy w granicach 100...160 kPa co 10 kPa, notując w tabelce ustalone wartości wyjściowego sygnału regulatora u z dokładnością 1 kPa. Wpływ zmian ciśnienia zasilającego na wartość u powinien być niewielki!

7.8. ZAKOŃCZENIE ZADANIA

Nastawić $P_0 = 150$ kPa, przełącznik sygnału y ustawić w pozycji y_1 , nastawić $w = y_1 = y_2 = 60$ kPa, $u_0 = 60$ kPa. Przełącznik kierunku pracy regulatora ustawić w pozycji 0 . Przełącznik rodzaju pracy w stacyjce operacyjnej ustawić w pozycji „ręczna” (M). Wyłączyć zasilanie elektryczne wyłącznikiem W_s . Zamknąć zawór powietrza ZZ .

7.9. OPRACOWANIE WYNIKÓW DOŚWIADCZEŃ

7.9.1. RĘCZNE STEROWANIE URZĄDZENIEM WYKONAWCZYM

Korzystając z wyników doświadczeń z punktu 7.3 sporządzić wykres charakterystyki ręcznego sterowania zaworem $S = f(u)$. Ze względu na brak przy siłowniku ustawnika pozycyjnego (pozycjonera), charakterystyka ta może być nieliniowa i obciążona histerezą, co jest spowodowane między innymi nieliniową charakterystyką sprężyny powrotnej siłownika i tarciem w dławicy zaworu.

7.9.2. CHARAKTERYSTYKA STATYCZNA REGULATORA P

Na **poziomym** arkuszu papieru o formacie A-4 (najlepiej ręcznie, na papierze milimetrowym), **we wspólnym układzie współrzędnych**, sporządzić wykresy charakterystyk statycznych $u = f(e)$ regulatora proporcjonalnego (P) **dla wszystkich** badanych zakresów proporcjonalności, kierunków pracy i wartości u_0 (punkt 7.5). Wykresy charakterystyk powinny być prostymi! Dla każdej prostej wyznaczyć z jej nachylenia i punktu przecięcia z osią rzędnych wartości K_p i u_0 (równanie 7.1). Przy każdym wykresie charakterystyki napisać wyznaczone równanie regulatora.

7.9.3. WŁAŚCIWOŚCI DYNAMICZNE REGULATORA PID

Korzystając z wyników doświadczeń z punktu 7.6.1, sporządzić wykres odpowiedzi na wymuszenie skokowe $u = f(\tau)$ regulatora PI. Na ten sam rysunek nanieść wykres skokowych przełączeń odchylenia regulacji $e = f(\tau)$.

Na oddzielnym wykresie przedstawić odpowiedź na wymuszenie skokowe $u = f(\tau)$ regulatora PD (punkt 7.6.2). Również na ten rysunek nanieść przebieg skokowej zmiany wartości odchylenia regulacji $e = f(\tau)$.

Na trzecim rysunku sporządzić wykres odpowiedzi na wymuszenie skokowe regulatora PID (punkt 7.6.3). Również i tu nanieść na rysunek przebieg skokowej zmiany wartości odchylenia regulacji $e = f(\tau)$.

7.9.4. WPŁYW CIŚNIENIA POWIETRZA ZASILAJĄCEGO

Sporządzić wykres $u = f(P_0)$ (punkt 7.7). Dla maksymalnej badanej różnicy ΔP_0 obliczyć wartość współczynnika stabilizacji wewnętrznej zasilania regulatora γ (wg wzoru 7.4). Wartość Δu wyrazić w procentach całego zakresu zmienności u (20...100 kPa), natomiast wartość ΔP_0 w kPa.

$$\gamma = \frac{\Delta u}{\Delta P_0} \quad [\%]/[\text{kPa}] \quad (7.4)$$

7.10. SPRAWOZDANIE

Sprawozdanie z wykonania zadania powinno zawierać:

- uproszczony schemat blokowy układu do badania statycznych i dynamicznych właściwości regulatora pneumatycznego PID z krótkim opisem,
- wykres charakterystyki ręcznego sterowania zaworem $S = f(u)$,
- tabelki z wynikami badania charakterystyki statycznej regulatora P oraz odpowiedzi na wymuszenia skokowe regulatorów PI, PD i PID,
- wykresy charakterystyk statycznych regulatora P $u = f(e)$ wraz z równaniami uzyskanych prostych,
- wykresy odpowiedzi na wymuszenia skokowe $u, e = f(\tau)$ regulatorów PI, PD oraz PID,
- tabelkę i wykres $u = f(P_0)$ oraz obliczenie wartości współczynnika stabilizacji wewnętrznej zasilania regulatora γ ,
- wnioski dotyczące **wszystkich** wykonanych doświadczeń i wyników obliczeń.

7.11. LITERATURA

Podstawowymi źródłami umożliwiającymi poszerzenie materiału zawartego w instrukcji są notatki z wykładów „Pomiary i automatyka” na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności, dodatkowe cztery instrukcje teoretyczne do laboratorium oraz książki:

- [1] **Ludwicki M.: Sterowanie procesami w przemyśle spożywczym, PTTŻ, Łódź 2002.**
- [2] Romer E.: Miernictwo przemysłowe, PWN, W-wa 1978.
- [3] Żelazny M.: Podstawy automatyki, PWN, W-wa 1976.

Opracował: dr inż. Marek Ludwicki, Politechnika Łódzka, I-30

<http://snack.p.lodz.pl/ludwicki>
marek.ludwicki@p.lodz.pl

Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część tej pracy nie może być powielana, czy rozpowszechniana w jakiegokolwiek formie w jakikolwiek sposób, bądź elektroniczny, bądź mechaniczny, włącznie z fotokopiowaniem, nagrywaniem na taśmy lub przy użyciu innych nośników informacji, bez zgody autora.

Copyright © 2014-03-02
 All rights reserved