

**INSTYTUT INFORMATYKI, AUTOMATYKI I ROBOTYKI
POLITECHNIKI WROCŁAWSKIEJ**

I-6

**LABORATORIUM URZĄDZEŃ I
UKŁADÓW AUTOMATYKI**

Ćwiczenie nr 5

REGULATORY O WYJŚCIU KROKOWYM

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest badanie właściwości regulatora krokowego i układu regulacji krokowej o różnych algorytmach działania.

2. Zakres ćwiczenia.

Badane regulatory z wyjściem krokowym:

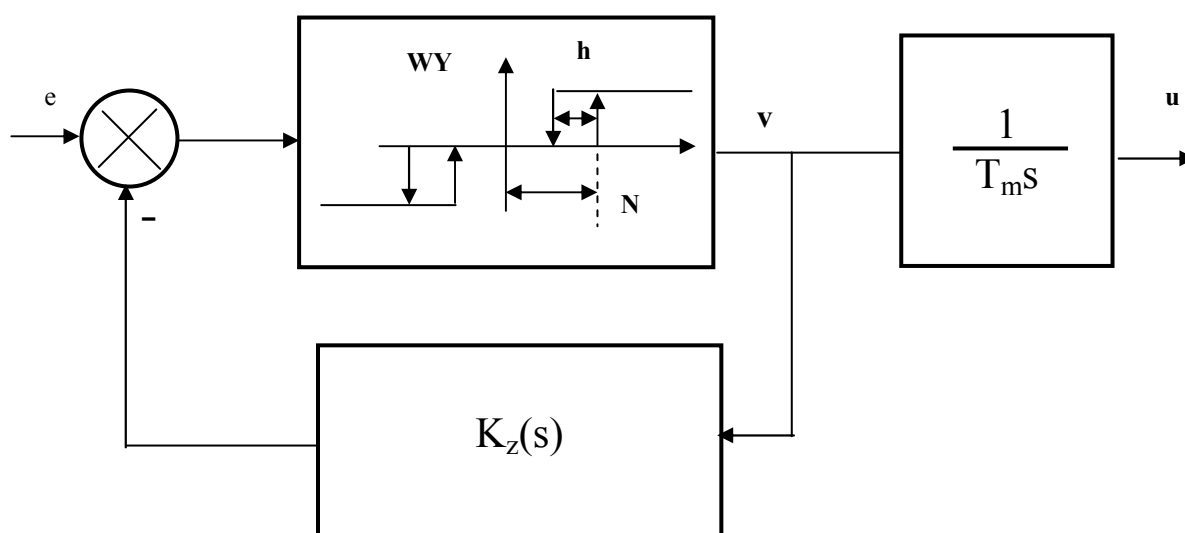
- MRP 51 (wykonanie: 1-001-111-11-4-00)
- MRP-41 (wykonanie: 03-103-112-01-02-00)

Program ćwiczenia zawiera :

- konfigurowanie regulatora do realizacji różnych algorytmów regulacji krokowej,
- realizacja układu regulacji położenia elementu wyjściowego siłownika (serwomechanizm),
- analiza pracy serwomechanizmu.
- realizacja innych układów regulacji krokowej,

3. Opis przebiegu ćwiczenia.

Regulatorem krokowym realizowanym w technice analogowej przyjęto nazywać regulator trójpołożeniowy z korekcyjnym sprzężeniem zwrotnym, w którym wypełnienie impulsowego sygnału wyjściowego (czas trwania impulsów) zależy od wartości odchyłki regulacji. Regulator ten współpracuje ze stałoprędkościowym elementem wykonawczym o działaniu całkującym (członem astatycznym $1/sT_M$). Nazwa regulatora pochodzi stąd, że wskutek pojawiania się impulsów wyjściowych (+1, 0, -1), całkujący element wykonawczy przestawia nastawnik małymi przesunięciami - krokami. Schemat blokowy takiego regulatora krokowego przedstawia rys.5.1.



Rys.5.1. Schemat blokowy analogowego regulatora krokowego.

Jeżeli jako członu korekcyjnego użyjemy członu o transmitancji :



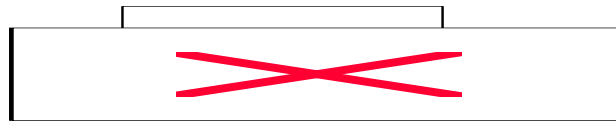
oraz przyjmując , że przekaźnik trójpołożeniowy jest wzmacniaczem o bardzo dużym wzmocnieniu otrzymamy transmitancję regulatora o takiej postaci:



Widać zatem, że regulator realizuje algorytm PI regulacji. Jeżeli w obwodzie sprzężenia będzie człon inercyjny drugiego rzędu to otrzymamy regulator krokowy o charakterystyce PID:



Zachowanie się regulatorów krokowych o charakterze PI lub PID jest podobne do ich

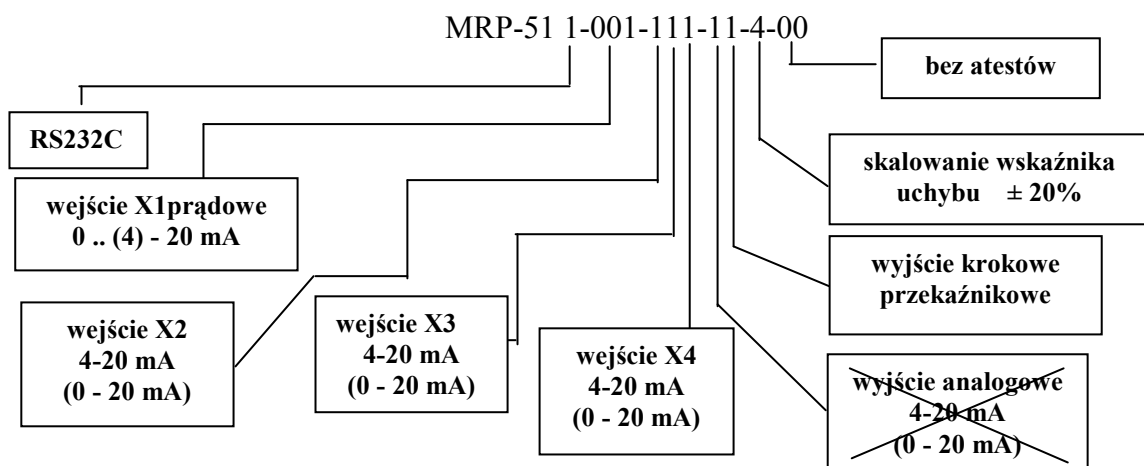


odpowiedników "ciągłych". Charakterystyki regulatorów krokowych , a w szczególności impulsowe czy jednostkowe , są odcinkami liniowe. Nachylenie tych odcinków jest uzależnione od czasu przestawiania siłownika T_m .

Regulatory o wyjściach nieciągłych realizowane w technice mikroprocesorowej zasadniczo różnią się strukturą od regulatorów analogowych. Wszystkie one są zbudowane z regulatora o wyjściu ciągłym z układem przetwarzającym to wyjście na sygnał nieciągły. Zamiana wyjścia na nieciągłe spowodowana jest koniecznością współpracy z niektórymi urządzeniami wykonawczymi. W strukturze regulatora o wyjściu krokowym uwzględnia się fakt współpracy z astatycznymi członami wykonawczymi (silnik, siłownik stałoprędkościowy). Informacja o położeniu elementu wykonawczego (siłownika) jest zwykle w nich przekazywana poprzez potencjometr lub nadajnik indukcyjny . Aby uniknąć szkodliwych przerw z nadajnika potencjometrycznego, bardzo często położenie siłownika jest w tym przypadku symulowane programowo, poprzez dodatkowy integrator.

3.1. Regulator MRP-51 (wykonanie: 1-001-111-11-4-00).

Regulator zgodnie z dokumentacją posiada następujące parametry:



Uwaga! wyjścia analogowe lub krokowe wykluczają się wzajemnie. Dlatego skreślono wynikające z kodu wyjście analogowe.

Algorytmy regulacyjne MRP-51 przechowywane są na stałe w pamięci programów. Proces konfigurowania regulatora tj. wybór algorytmu oraz nastawa parametrów statystycznych i dynamicznych dla wybranego algorytmu odbywa się za pomocą przycisków umieszczonych na płycie czołowej regulatora lub przy pomocy programu (Windows 3.11) "MRP51 re 51".

Podstawowe parametry nastaw regulatora:

- wzmacnienie K_p 0.1 ÷ 100,
- czas zdwojenia T_i 1 ÷ 9999s,
- Czas różniczkowania T_d 1 ÷ 1000s,
- wzmacnienie różniczkowania K_d 1 ÷ 9.99,
- stała czasowa filtracji sygnałów wej. 0 ÷ 1000s,
- względna strefa histerezy 0.25 ÷ 0.5,
- strefa nieczułości 0.5% ÷ 4 %,

Wygląd płyty czołowej regulatora pokazuje rys.5.1.


Blok czołowy regulatora jest jednocześnie stacją sterowania ręcznego oraz blokiem nastaw umożliwiających konfigurację i wybór nastaw statycznych i dynamicznych. Wyposażony jest w następujące wskaźniki i elementy manipulacyjne.


- **wskaźnik uchybu regulacji** o programowanym zakresie wskazań od $\pm 2.5\%$ do $\pm 40\%$ z dodatkowymi wskaźnikami sygnalizującymi przekroczenie wartości granicznych (LEDY A1 i A2)
- **czterocyfrowy wyświetlacz segmentowy sygnałów wejściowych** wskazujący również wartość wielkości zadanej. Wyboru wyświetlonej wartości dokonuje się przyciskiem SP/X. Diody SP , X sygnalizują , która z wartości jest aktualnie wyświetlana.
- **przyciski sterowania ręcznego** < > służące do zmian wartości zmiennej wyjściowej. Dla regulatora typu ciągłego wartość wyjściowa zmienia się proporcjonalnie do czasu naciśnięcia przycisku. Dla regulatora krokowego uruchamiany jest przekaźnik wyjściowy co sygnalizowane jest diodami P1 lub P2.
- **dwucyfrowy wyświetlacz segmentowy wartości wyjściowej.**
- **sygnalizator stanu wyjść trójstanowych** diody P1 i P2.
- **przycisk trybu pracy MANUAL** służący do przełączania rodzaju pracy automatyka - sterowanie ręczne i odwrotnie. Tryb pracy ręcznej sygnalizowany jest diodą M.
- **przyciski konfiguracyjne** \blacktriangle \blacktriangledown służą do zmiany nastaw. W tym trybie pracy wyświetlacz czterocyfrowy pokazuje wartość nastawy a dwucyfrowy - kod zmienianego parametru.
- **przycisk przełącznika współpracy z układem nadrzędnym I/E** diody
I - E sygnalizują tryb pracy.
I wewnętrzna wartość zadana.
E zewnętrzna wartość zadana.

3.1.1.Konfiguracja i parametryzacja regulatora

Konfiguracja regulatora polega na ustawianiu przełącznikami odpowiednich kodów określających wybrany algorytm regulacyjny, rodzaj wejść, wyjść sposób sygnalizacji , nastawy parametrów statystycznych i dynamicznych.

Przebieg procesu konfiguracji .

- Nacisnąć i przytrzymać dłużej przycisk SP/X. Po czasie około 3s na wyświetlaczu dwucyfrowym pojawi się napis  świadczący , że regulator może być wprowadzony w tryb konfigurowania lub parametryzacji.
- Kilkakrotnie przycisnąć przycisk \blacktriangle aż na wyświetlaczu czterocyfrowym pojawi się napis SSSS. Po jego zgaśnięciu na wyświetlaczu dwucyfrowym pojawi się numer przełącznika konfiguracyjnego (od 01 ÷ 30) a na wyświetlaczu czterocyfrowym kod określający np. typ regulatora , rodzaj wejścia itp.
- Kody i odpowiadające im funkcje dla wybranych przełączników konfiguracyjnych podane są w punkcie 3.1.2.
- Zmianę numerów przełączników konfiguracyjnych wykonuje się przyciskami \blacktriangleleft , \blacktriangleright a kodów funkcjonalnych przyciskami \blacktriangledown , \blacktriangle .

Podobnie przebiega proces parametryzacji regulatora przy czym po pojawieniu się znaku  należy przycisnąć przycisk tak by na wyświetlaczu czterocyfrowym pojawił się napis PPPP. Po jego zgaśnięciu regulator znajduje się w trybie parametryzacji i na wyświetlaczu dwucyfrowym pojawi się numer wyświetlanego parametru a na wyświetlaczu czterocyfrowym wartość wybranego parametru.

- Zmianę numerów parametrów wykonuje się przyciskami ◀, ▶ natomiast zmianę ich wartości przyciskami ▼, ▲.
- Funkcje przełączników parametryzacyjnych podano w punkcie 3.1.3.

Wyjście z trybu konfiguracji lub parametryzacji do trybu normalnej pracy następuje po naciśnięciu przycisku SP/X.

UWAGA 1!

Podczas pracy z zewnętrzną wartością zadaną nie można wykonywać konfigurowania i parametryzacji regulatora.

UWAGA 2!

Aby uzyskać prawidłowe sumowanie wejściowych sygnałów niezerowych (4÷20mA) na wejścia niewykorzystane należy wprowadzić sygnał 4 mA (0%) lub skonfigurować je jako zerowe (0÷20mA).

3.1.2. KONFIGURACJA (STRUKTURYZACJA) REGULATORA.

(Przełączniki konfiguracyjne).

Nr przełącznika	Kod		Nazwa
01	0*		Regulator stałowartościowy z wyjściem ciągłym,
	1		Regulator stałowartościowy (podrzędny) z wyjściem ciągłym,
	2		Regulator stosunku z wyjściem ciągłym,
	3		Regulator nadrzędny lub stałowartościowy z szybką synchronizacją z wyjściem ciągłym,
	4		Regulator stałowartościowy, ciągły z wyjściowym przetwornikiem trójpołożeniowym,
	5		Regulator stałowartościowy, ciągły z wyjściowym przetwornikiem trójpołożeniowym (podrzędny),
	6		Regulator stosunku, ciągły z wyjściowym przetwornikiem trójpołożeniowym,
	7		Regulator stałowartościowy z wyjściem krokowym,
	8		Regulator stosunku z wyjściem krokowym
02	0	0 ÷ 5 mA	Rodzaj wyjścia
	1*	0 ÷ 20 mA	
	2	4 ÷ 20 mA	
03	0	0 ÷ 5 mA	Rodzaj wejścia
	1*	0 ÷ 20 mA	WEJŚCIE X1
	2	4 ÷ 20 mA	
	3	0 ÷ 50 mA	
04	0	0 ÷ 5 mA	Rodzaj wejścia
	1*	0 ÷ 20 mA	WEJŚCIE X2
	2	4 ÷ 20 mA	
	3	0 ÷ 50 mA	
05	0	0 ÷ 5 mA	Rodzaj wejścia
	1*	0 ÷ 20 mA	

	2 3	4 ÷ 20 mA 0 ÷ 50 mA	WEJŚCIE X3	
06	0 1* 2 3	0 ÷ 5 mA 0 ÷ 20 mA 4 ÷ 20 mA 0 ÷ 50 mA	Rodzaj wejścia WEJŚCIE X4	
07	0 1 2 3 4 5*		nie wyświetlane wyświetlane X1 wyświetlane X2 wyświetlane X3 wyświetlane X4 wyświetlane X	
08	0 1*	tak. nie.	Pierwiastkowanie sygnału wejściowego X1	
09	0 1*	tak. nie.	Linearyzowanie sygnału wejściowego X1 ¹⁾	
10	0 1*	tak. nie.	Wyświetlanie nastawy lub sygnału X1 w wielkościach fizycznych ¹⁾	
11	0 1*	tak. nie.	Nadążanie nastawy przy pracy ręcznej (W=x, R=R _x)	
12	0 1*	tak. nie.	Nadążanie wewnętrznej wartości zadanej za zewnętrzną	
13	0* 1 2	ε R-R _x X R _x W R	Sygnalizacja optyczna sygnałów granicznych (A1, A2)	
14	0* 1 2		A1=max A2=min A1=min1 A2=min2 A1=max1 A2=max2	Funkcja wskaźników A1, A2
15	0 1 2 3 4* 5	wygaszony 2,5%, 5%, 10%, 20%, 40%.	Zakres wskazań wskaźnika uchybu (ε = X - W)	
16	0* 1	proste invers	Wskaźnik uchybu (ε = X - W) - wyświetlanie proste lub invers	
17	0* 1	proste rewersyjne	(ε rośnie ⇒ Y rośnie) (ε rośnie ⇒ Y maleje)	Działanie regulatora.
18	0 1*	jest nie ma	Człon różniczkujący (D)	
19	0* 1	jest nie ma	Człon całkujący (I)	
20	0 1*	praca ręczna z ostatnią wartością wyjściową, przejście sygnału wyjściowego na poziom bezpieczny (PB).		
		Rodzaj pracy przy przekroczeniu sygnału wejściowego X1 (X1 ≥ 109%)		

21	0*	normalne	(wyświetlane Y w %)	
	1	rewersyjne	(wyświetlane 100% - Y)	
			Dopasowanie wskaźnika wielkości wyjściowej do obiektu regulacji.	
22	0*	log.1<24V	Interpretacja poziomów wejściowych i wyjściowych binarnych.	
	1	log.1<0V		
23 ³⁾	0*	200 ms	Minimalny czas trwania impulsu.	
	1	400 ms		
24 ³⁾	0*	200 ms	Minimalna przerwa między impulsami.	
	1	400 ms		
25	0		praca w trybie AUTOMATYCZNYM z wartościami ostatnio ustawionymi przed zanikiem zasilania (W, R, Y,)	
	1*		praca w trybie AUTOMATYCZNYM, przy czym sygnał wyjściowy Y, wartość zadana W, zadany stosunek - przechodzą na poziomy bezpieczne.	
	2		praca RĘCZNA (M) z odtworzeniem wartości W, R, Y, jak przed zanikiem zasilania.	
	3		praca RĘCZNA (M) ; W, R, Y przechodzą na poziom bezpieczny	
			Restarty (po zaniku zasilania)	
26			Fleszowanie restartu. Fleszowanie jest kasowane po pierwszym naciśnięciu dowolnego przycisku.	
	0*		bez fleszowania	
1			z fleszowaniem	
27	0	tak.	Filtracja wejścia X3.	
	1*	nie (bez filtracji)		
28	0	X X X X	bez kropki.	
	1	X X X. X		
	2*	X X. X X		
	3	X. X X X		
			Pozycja kropki przy wyświetlaniu wartości fizycznych	
29			Funkcja wejścia binarnego XB1 przy pobudzaniu poziomem aktywnym określonym w przełączniku " SSSS"-22.	
	0*		praca ręczna wymuszona stanem wejścia XB1.	
1			przejście na poziom bezpieczny po zmianie stanu sygnału wyjściowego XB1.	
30	0*		wyświetlane X3 (α)	Funkcja wskaźnika dwucyfrowego
	1		wyświetlane Y	
31	0*		brak filtracji	Filtracja sygnału X na wskaźnik czterocyfrowy.
	1		z filtracją	
Typ komunikacji				

32	0*	ignorować polecenia komputera za wyjątkiem tych, które są żądaniem wysłania informacji, przyjmować tylko polecenia z danymi dotyczącymi zmiany parametrów i konfiguracji, 2 przyjmować tylko polecenia dotyczące sterowania (zmiana wartości zadanej, automatyka-sterowanie ręczne itp.) 3 przyjmować wszystkie polecenia.
	1	
	2	
	3	
33	0* 4800 bit/s 1 2400 bit/s 2 1200 bit/s 3 600 bit/s 4 300 bit/s	Szybkość transmisji
34	0 1* . 31	Numer regulatora.
Uwaga ! * - wartości ustawione fabrycznie.		

3.1.3.PARAMETRYZACJA REGULATORA.

(Przełączniki parametryzacyjne)

Nr przel.	Parametry regulatora	Wartość nastawy		ustawienie fabryczne
		min.	max.	
01	wzmocnienie różniczki Kd	1.000	9.999	5.000
02	wsp. wzmocnienia Kp	0.1	100.0	1.0
03	czas zdwojenia Ti	1s	9999s	120 [s]
04	czas różniczki Td	0	1000s	(0)-off [s]
05 ⁴⁾	punkt pracy Yo	0%	100%	50 [%]
06 ⁵⁾	stała filtracji F	(0) 1	1000	(0) - off [s]
07	szybkość zmian sygnału Y dla pracy ręcznej Tw	10	120	10 [s]
08	czas przejścia siłownika Tm	1	1000	60 [s]
09÷19	współczynniki linearyzacji:			
09	0%	-1999	9999	0
10	10%	-1999	9999	0
11	20%	-1999	9999	0
12	30%	-1999	9999	0
13	40%	-1999	9999	0
14	50%	-1999	9999	0
15	60%	-1999	9999	0
16	70%	-1999	9999	0
17	80%	-1999	9999	0
18	90%	-1999	9999	0
19	100%	-1999	9999	0
	Wartość zadana (nastawa):			
20	górne ograniczenie nastawy	-9.0	109.0	105.0 [%]

21	dolne ograniczenie nastawy	-9.0	109.0	-5.0 [%]
22	bezpieczny poziom nastawy (bezpieczna wartość zadana)	-9%	109.0	50.0 [%]
	Wartości graniczne:			
23	wartość graniczna górna A1	-40.0	109.0	5.0 [%]
24	wartość graniczna dolna A2	-40.0	109.0	-5.0 [%]
25	strefa nieczułości dla sygnalizatora przekroczenia	0.0	40.0	0.0 [%]
	Wartość sygnału wyjściowego Y:			
26	ograniczenie górne OYG	-9.0	109.0	100.0 [%]
27	ograniczenie dolne OYD	-9.0	109.0	0.0 [%]
28	wartość bezpieczna PB	-9.0%	109.0	0.0 [%]
	Stałe:			
29	C1	-9.0	100.0	0.0 [%]
30	C2	-1.999	1.999	1.000
31	C3	-1.999	1.999	1.000
	Przetwarzanie sygnału na wielkość fizyczną przy wyświetlaniu : ¹⁾			
32	początek zakresu (Pz-0%)	-1999	9999	0
33	koniec zakresu (Kz - 100%)	-1999	9999	0
34	strefa nieczułości N	0.50	4.00	2.00 [%]
35	strefa histerezy h	0.25	0.50	0.40
36 ²⁾	współczynnik czasów wyłączenia	0	100	100

¹⁾ Z linearyzacją związane są przełączniki: "SSSS" - 9 w poz.0, 10 w poz. przełączniki "PPPP" - 9,10,.....,19,28,32,33. Sygnał podany na wej. X1 można linearyzować za pomocą dziesięcio - odcinkowej krzywej programowanej przełącznikami "PPPP" - 9,10,...19. Sygnał zlinearyzowany można obserwować na wskaźniku czterocyfrowym (przełącznik "SSSS" - 7 w poz.1), bez względu na wartości ustawione przełącznikami "PPPP" - 32 i 33. PRZEŁĄCZNIKI "PPPP" - 32 i 33 ustalają zakres zmienności wartości zadanej przy operowaniu na wartościach fizycznych (dopasowanie zmienności nastawy do zakresu pomiarowego na wejściu X1).

2) Parametr ten decyduje o zachowaniu się regulatora po wystąpieniu krótkotrwałego zaniku zasilania. W zależności od wartości napięcia w sieci przed zanikiem, zasilacz wewnętrzny po zaniku napięcia sieci jest w stanie utrzymywać niezbędne zasilanie do pracy regulatora przez około 0.5,....2.5s. Po tym czasie odmierzanym jest przez układ czasowy czas trwania zaniku napięcia sieci. Dopuszczalny czas możliwy do pomiaru wynosi około 10 sekund.

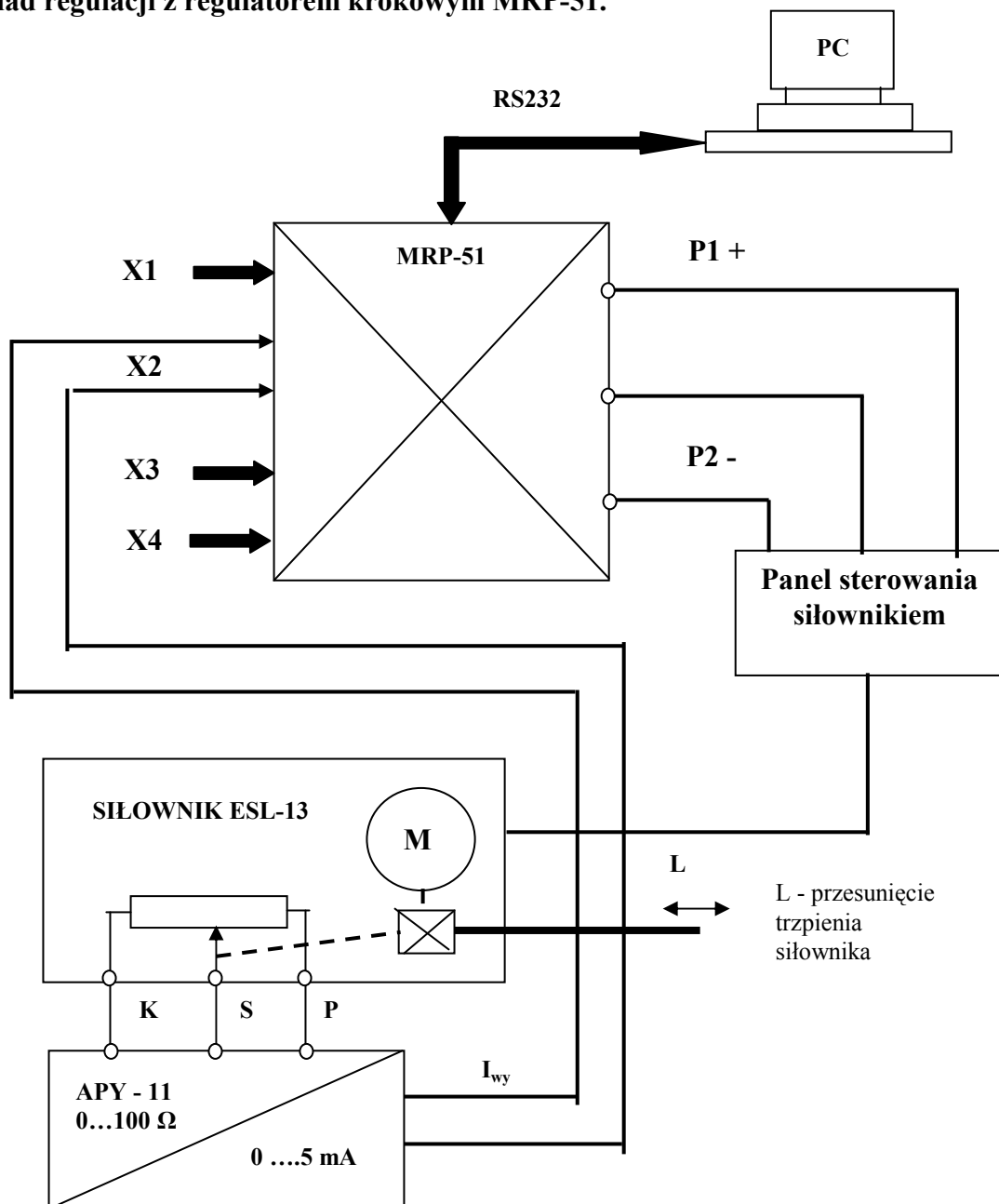
Zakres ten jest podzielony na 100 części. Użytkownik może wybrać sobie dowolną wartość z tego przedziału, która zostanie zapamiętana w pamięci nieulotnej. Wartości 100 odpowiada dopuszczalny czas zaniku około 0.5,....2.5s. Wartości 50, to około 3.5,....5.5s, 30 - 8....10s. Są to wartości orientacyjne, które należy zweryfikować indywidualnie po parametryzacji regulatora. Wartości parametru "PPPP" - 36 bliskie zeru mogą być traktowane jako dopuszczalny czas zaniku sięgający minut a nawet godzin. Wartość zero oznacza, że dopuszcza się nieskończony czas zaniku zasilania. Reakcja regulatora na ten parametr (po powrocie zasilania) jest następująca:

1.CPU sprawdza w układzie BPCZYZ poziom sygnału określający czas braku zasilania.

Rys.5.2. Regulator stałwartościowy z wyjściem krokowym.

Jednostkę centralną regulatora stanowi mikrokontroler 80C31 z pamięcią EPROM 27C256, pamięcią EEPROM SDA2506 i pamięcią RAM 6116. Analogowe sygnały wejściowe po odfiltrowaniu w blokach wejść analogowych BWA podawane są na wejście multiplexera MUX-A i następnie po wzmacnieniu we wzmacniaczu WZM na wejście 10 bitowego przetwornika analog - cyfra ADC. Na rys.5.1. przedstawiono blok czołowy regulatora MRP-51. Blok czołowy oprócz klawiatury i elementów sygnalizacyjnych zawiera pola opisowe, opisujące numer obwodu regulacyjnego, alarmy A1, A2, wielkość wejściową i zadaną w jednostkach fizycznych oraz skalowanie wskaźnika uchybu regulacji. W regulatorze różniczkowaniu podlega tylko sygnał wartości rzeczywistej.

3.1.5. Układ regulacji z regulatorem krokowym MRP-51.



5.3. Schemat połączeń układu regulacji położenia siłownika liniowego.

Uwaga: w układzie zastosowano przetwornik APY-11 o sygnale wyjściowym 0 ..5 mA. Wejście regulatora jest przystosowane do sygnałów 0 ...20 mA. Z tego powodu wykorzystanie tego przetwornika jest możliwa tylko w zakresie 25% wartości sygnału wejściowego regulatora. W tym też zakresie powinno się zmieniać wartość zadaną regulatora.

3.2.Regulator MRP -41.

Mikroprocesorowy regulator parametryczny MRP-41 jest regulatorem jednokanałowym stosowanym w układach regulacji różnych typów: stałowartościowej, programowej, stosunku lub kaskadowej, w których realizowane są algorytmy P, PI, PD i PID. Regulator posiada cztery podstawowe wejścia analogowe, w tym jedno parametryczne dla sygnałów pochodzących z regulowanego obiektu oraz wejście sygnału zwrotnego XS reprezentujące położenie organu wykonawczego. W zależności od wersji wykonania regulatory MRP-41 mogą mieć wyjścia ciągłe lub nieciągłe (przełącznikowe lub tyrystorowe). Regulatory o wyjściu nieciągłym mogą realizować działanie regulacyjne krokowe lub trójpołożeniowe.

Zakresy nastaw regulatora są następujące:

- * współczynnik wzmocnienia $K_p = 0 \dots 99.99$,
- * stała czasowa całkowania $T_i = 0,01 \dots 60 \text{ min}$ ($T_i > 60$ wyłączone I)
- * stała czasowa różniczkowania $T_d = 0,00 \dots 60 \text{ min}$
- * czas przestawiania elementu wykonawczego $T_M = 0.5 \dots 10 \text{ min}$
- * strefa nieczułości $N = 0.1 \dots 9.9 \%$
- * czas najkrótszego impulsu $T_{\text{min}} = 0,02 \dots 0,50 \text{ sek}$

Sposób zadawania wartości zadanej:

- * stałowartościowa
- * programowa
 - ilość odcinków $0 \dots 50$
 - czas trwania odcinka $1 \text{ sek} \dots 99 \text{ h } 59 \text{ min } 59 \text{ sek}$
 - ilość powtórzeń cyklu $1 \dots 99$

Regulator jest wyposażony w interfejs komunikacyjny (RS485) z wykorzystaniem protokołu MODBUS-RTU.

Struktura funkcjonalna regulatora pokazana jest na rys. 5.4. i dokładniej opisana w dokumentacji techniczno-ruchowej (DTR) na stronach 42 - 55.

Panel operatorski regulatora MRP-41 zawiera:

- * dwa czterocyfrowe wyświetlacze 7-segmentowe,
- * jeden wyświetlacz jednocyfrowy,
- * pięć diod sygnalizacyjnych,
- * dwa diodowe wskaźniki liniowe (bargrafy),
- * siedem przycisków.

Dostępne są trzy tryby pracy regulatora:

- 1 - sterowanie procesem i przeglądanie parametrów procesu,
- 2 - przeglądanie i/lub zmiana parametrów konfiguracyjnych regulatora,
- 3 - serwisowanie.

Rys.5.4. Struktura funkcjonalna regulatora MRP-41.

Przechodzenie między trybami pracy 1 i 2 odbywa się przez wciśnięcie przycisków **PRG** + **SEL**, który należy przytrzymać ok. 3 sek. Wejście w tryb serwisowania wymaga wysunięcia z obudowy panelu z płytą mikroprocesora i przełączenia przełącznika P4 w pozycję ON.

W trybie pracy 1 zaświecone są bargrafy sygnału wyjściowego i odchyłki regulacji. W polach X1 i VALUE wyświetlane są sygnały regulacyjne lub parametry zadajnika czasowego, a w polu SEL symbol sygnału wyświetlanego w polu VALUE.

Przełączanie na zadajnik (i odwrotnie) odbywa się za pomocą przycisku **PRG**. Sygnały regulacyjne wyświetlane są następująco:

- w polu X1- wyświetlana jest wartość sygnału X1 na końcu toru pomiarowego;
- w polu VALUE wyświetlany jest sygnał wybrany przyciskiem **SEL** drogą kolejnej zmiany na następny. Są to sygnały: odchyłka regulacji (E), wartość zadana (P), analogowy sygnał wyjściowy (wytworzony - 0 i zmierzony przez przetwornik a/c - 0. (zero z kropką!)), sygnał pozycjonera (S) i kolejne sygnały wejściowe INX1INX4 na początku i końcu toru pomiarowego (1,1. 4,4.)

Uwaga! cyfra z kropką oznacza pomiar na końcu toru pomiarowego.

- Wystąpienie alarmu sygnalizuje dioda ALM. Migające świecenie oznacza nowy alarm. Po naciśnięciu przycisku ALM wyświetlony zostaje w polu X1 kod alarmu.
- Przycisk **A/M** służy do przełączenia ze sterowania automatycznego na ręczne (sygnalizowane świeceniem diody M) i odwrotnie. Wciśnięcie łączne przycisków **A/M** + **◄** powoduje przełączenie wartości zadanej wewnętrznej na zewnętrzną (sygnalizowane świeceniem diody EXT) i odwrotnie, jeśli zezwala na to algorytm regulacji.
- Wartość zadana (P) i sygnał wyjściowy (O) mogą być zmieniane przyrostowo przyciskami **▲** i **▼** w czasie, gdy są one wyświetlane w polu VALUE. Przycisk **◄** przyspiesza prędkość tych zmian.
- Po przełączeniu (przyciskiem **PRG**) na zadajnik na poszczególnych wyświetlaczach obserwuje się:



Pole X1	Pole VALUE	Pole SEL
P _ numer przebiegu	Numer kroku	L
P _ godziny	Minuty, sekundy czasu kroku	C
P _ wyjścia dyskretne	Wyjście analogowe	b


Uwaga : Po czasie około 2 minut od ostatniego wciśnięcia przycisku następuje wygaszenie wyświetlaczy pól SEL, X1, VALUE.

Tryb pracy 2 umożliwia konfigurowanie struktury funkcjonalnej i zadawanie wartości parametrów. W trybie konfiguracji operator dokonuje:

- wyboru grupy parametrów (zaświecenie odpowiedniej diody bargrafu uchybu)




- wyboru parametrów w danej grupie (nr parametru w polu **SEL**),
- zmiany wartości parametru.

Obowiązuje zasada: migająca dioda (wybór grupy), migająca cyfra (wybór parametru) , migająca kropka dziesiętna (zmiana cyfry wartości parametru) wskazują na wielkość, którą można zmieniać przyciskami przyrostowymi  i  w górę lub w dół. Kolejne naciśnięcie przycisku **SEL** powoduje przełączenie wyboru grupy na wybór parametru w grupie i odwrotnie.

Zmianę wartości parametru dokonuje się przy użyciu przycisku **PRG** , po wciśnięciu którego wartość wyświetlanego parametru zostaje przepisana do pola X1, gdzie dokonujemy zmiany wartości. Zmianę migającej kropki uzyskuje się przy pomocy przycisku  . Dla parametrów zadajnika (grupa PZ) w polu X1 zamiast nowej programowanej wartości wyświetlany jest numer kroku. Zmianę parametru grupy PZ przeprowadza się bezpośrednio w polu VALUE.

W czasie wyboru niektóre parametry i grupy parametrów są opuszczane. Dotyczy to tych parametrów, których bloki funkcjonalne struktury są wyłączone.

Przy kodowaniu struktury jeden kodowany parametr może zawierać zestaw kodów kilku funkcji, z których każdy może odpowiadać pojedynczej cyfrze wyświetlacza VALUE.

Zmiany wartości parametru można dokonać poprzez zmianę pojedynczej cyfry wskazanej przez migającą kropkę dziesiętną lub poprzez zmianę całej wartości parametru gdy brak jest kropki. Zmiany dokonujemy przyciskami przyrostowymi  i  w górę lub w dół. Wybór zmienianej cyfry (przesuwanie migającej kropki dziesiętnej) dokonujemy przyciskiem  .

Wpis nowej wartości następuje po naciśnięciu przycisku **PRG** .

Tryb pracy 3 Serwis.

Funkcja Serwis umożliwia obejrzenie wszystkich komórek pamięci. Adres komórki wyświetlany jest w polu X1, a dwa kolejne bajty pamięci w polu VALUE. Zmianę adresu dokonujemy analogicznie jak zmianę wartości parametru w trybie konfiguracja. Adres i zawartość pamięci wyświetlane są szesnastkowo.

5.5. Płyta czołowa regulatora MRP-41

3.2.1. Konfiguracja i parametryzacja regulatora przy pomocy komputera.

Konfigurowanie i parametryzowanie regulatora jest możliwe również przy pomocy specjalnego programu pracującego pod systemem DOS . W celu wywołania programu należy w Nortonie Comanderze wybrać program KONF_MRP. Po wywołaniu programu otrzymuje się menu dotyczące programowania dwóch regulatorów MRP 41 pracujących w sieci. Komunikacja z regulatorami odbywa się poprzez złącze RS232/RS485. Uruchomienie połączenia wymaga dodatkowego zasilania dołączonego do transkodera RS485/RS232. Program umożliwia programowanie wejść regulatora, zadajnika programowego i samego regulatora. Regulator przeznaczony do badania ma nr 1. Wszystkie programy rozpoczynające się cyfrą 1 dotyczą tego regulatora. Po wybraniu jednego z programów np. 1REG#2 (oznacza to wybranie regulatora nr1 i drugą wersję układu - regulator krokowy) uruchamiamy program viz.bat. Po chwili na ekranie pojawia się obraz konfiguracji regulatora . Równocześnie na dole ekranu pojawia się migająca liczba którą należy potwierdzić przez naciśnięcie ENTER , następnie ją wpisać ponownie i jeszcze raz nacisnąć ENTER. Wtedy na dole ekranu pojawiają się numery przycisków funkcyjnych dotyczące danego obrazu. Szczegółowe informacje na temat użycia tych przycisków można znaleźć w HELP-ie. Przycisk F5 służy do zaznaczenia miejsca zmian . Wykonuje się to następująco: naciska się F5 i pojawia się czerwona plamka, którą należy najechać kursorem na wymagane miejsce zmian. Naciskamy ENTER i w prawym dolnym rogu ekranu pojawia się migające pole do którego należy wpisać żadaną zmianę (zgodnie z kodem zawartym na stronie II-30 i II-31 dokumentacji techniczno ruchowej mikroprocesorowego regulatora parametrycznego MRP-41). Po wpisaniu i naciśnięciu ENTER kod powinien zostać przesłany do regulatora. Podobnie postępujemy przy kodowaniu np. toru sygnałów wejściowych . Tak np. tor sygnału X1 (nazwa w programie 1KODX1) można zakodować zgodnie z opisem w instrukcji (str. II24) zwierając lub rozwierając klucze pokazane na rys.5.4.

Uwaga! Każde wejście do innego programu wymaga wcześniejszego resetu komputera.

Rys.5.6.Kod liczbowy wykonan regulatora MRP-41.

Rys.5.7.Kody liczbowe sygnału wejściowego XI.

Rys.5.8. Kodowanie parametrów regulatora.

5.9.Kodowanie parametrów regulatora.

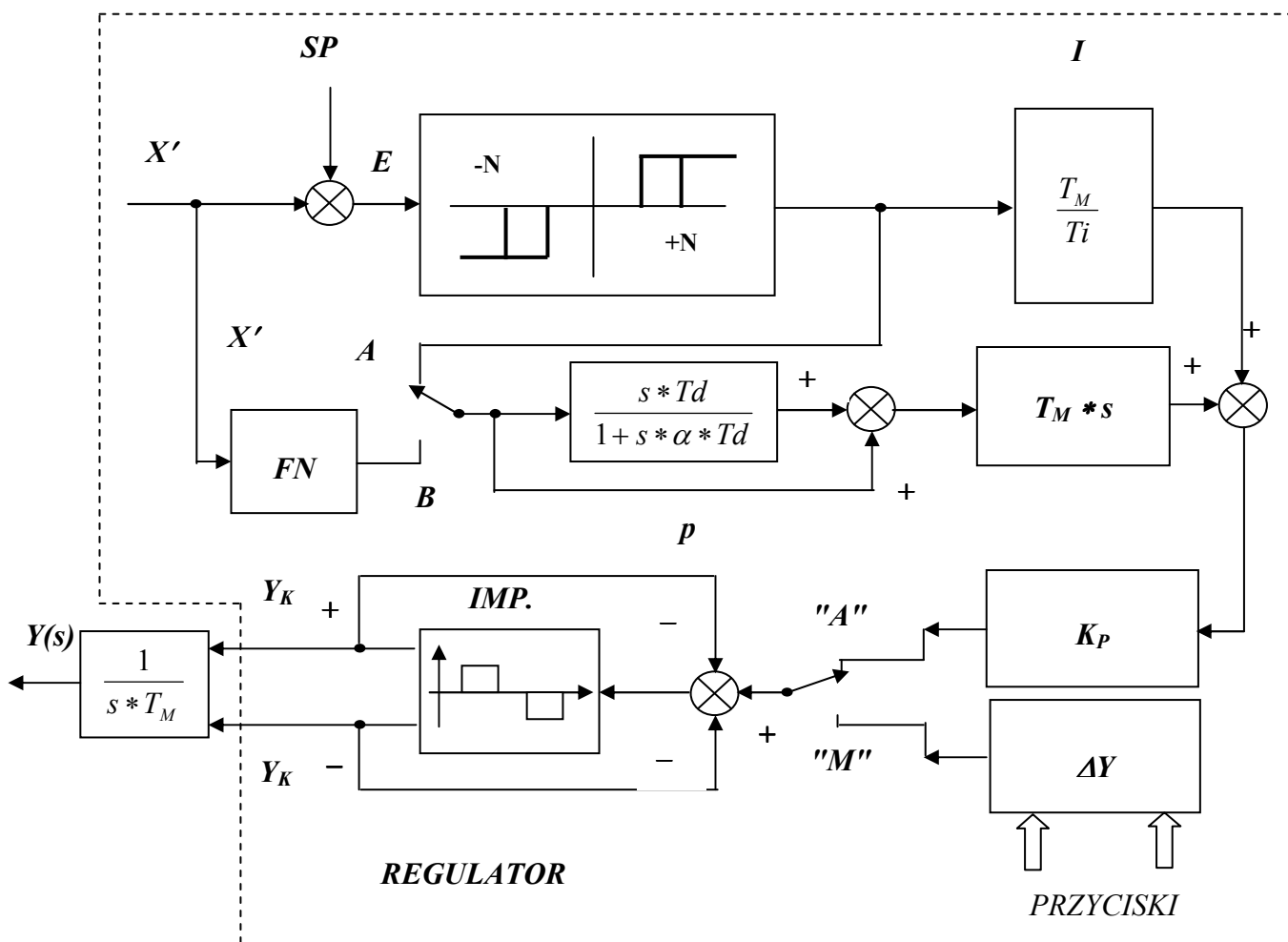
Rys.5.10. Kodowanie grupy parametrów toru sygnału XI.

Rys.5.11. Kodowanie grupy parametrów SWS

Rys.5.12. Kodowanie grupy parametrów toru sygnału X4.

3.2.2. Budowa regulatora krokowego MRP-41.

Schemat budowy regulatora przedstawia rys.5.13.



Rys.5.13 Schemat rozwiązania strukturalnego regulatora krokowego.

Algorytmy regulatora mają następującą postać:

Algorytm A

$$Y(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i * s} + \frac{T_d * s}{1 + \alpha * T_d * s} \right) * E(s)$$

Algorytm B

$$Y(s) = K_p \left[\left(1 + \frac{T_d * s}{1 + \alpha * T_d * s} \right) * X'(s) + \frac{1}{T_i * s} * E(s) \right]$$

gdzie:

K_p - współczynnik wzmocnienia regulatora;

T_i - czas zdwojenia;

T_d - czas wyprzedzenia;

T_M - czas przestawienia elementu wykonawczego o 100%;

$1/\alpha$ - współczynnik wzmocnienia różniczkowania $1/\alpha = 8$;

X' - wyliczona wartość mierzona:

$$X' = X_1 + X_2 * K_A + X_3 * K_B + X_4 * K_C + X_5 \quad \text{dla algorytmu tylko z SP wewnętrznym}$$

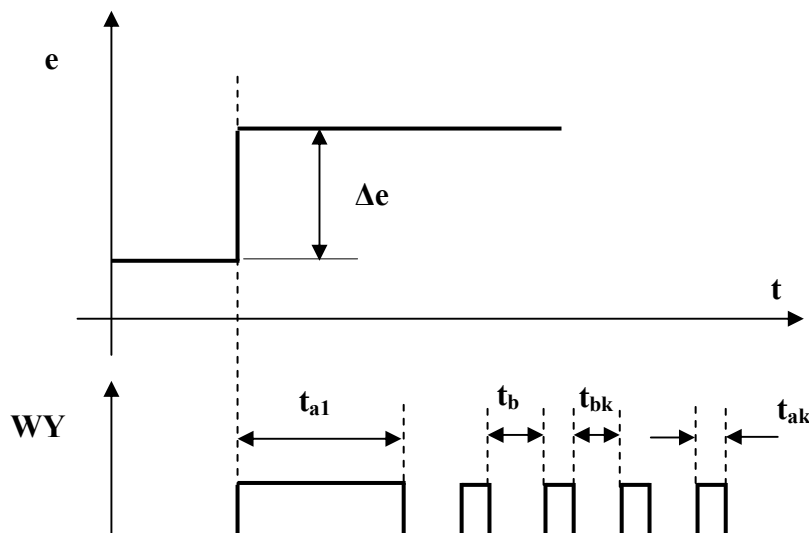
$$X' = X_1 + X_2 * K_A + X_3 * K_B \quad \text{dla algorytmów z SP przełączanym}$$

Odchyłka regulacji E wyprowadzana jest na blok dynamiczny PID poprzez układ strefy nieczułości. Strefa nieczułości nastawiana jest symetrycznie względem zera $+N$, $-N$, a odpowiadająca jej strefa histerezy wynosi połowę nastawy N . Dla algorytmu typu B wyliczona wartość mierzona X' wprowadzana jest na blok dynamiczny regulatora poprzez układ filtracji nieliniowej (FN). Człon ten tłumia fluktuację sygnałów, których amplituda nie przekracza około 1%. Większe zmiany sygnałów nie podlegają tłumieniu, dzięki czemu człon ten nie wpływa na pogorszenie własności dynamicznych obwodu regulacji. Regulator posiada również nastawę czasu najkrótszego impulsu (T_{MIN}) na wyjściu OUT (+)K OUT (-)K. Algorytm regulatora krokowego zawiera także układ blokady impulsowania w kierunku "+" i "-" uruchamiany zewnętrznymi sygnałami dyskretnymi.

3.2.3. Badanie własności statycznych i dynamicznych regulatora krokowego MRP-41.

1) Współczynnik wzmocnienia K_p .

Współczynnik wzmocnienia regulatora krokowego można określić na podstawie czasu trwania pierwszego impulsu (t_{a1}).



Rys.5.14. Odpowiedź regulatora krokowego na zakłócenie skokowe.

Czas trwania pierwszego impulsu zależy zarówno od współczynnika wzmocnienia jak i od wielkości sygnału uchybu Δe .

2) Czas zdwojenia T_i .

Czas zdwojenia w regulatorach krokowych można zmierzyć dla regulatora PI. W tym celu należy ustawić czas $T_d = 0$. Po podaniu skoku jednostkowego na wejście regulatora, na jego wyjściu otrzymuje się przebiegi jak na rys. 5.13. Dla konkretnej wartości T_i^* nastawionej w regulatorze można wyliczyć w przybliżeniu :

$$T_i = \frac{t_{a1}}{t_a} t_b + t_{a1} [s]$$

przy czym:

t_{a1} - czas trwania pierwszego impulsu wyjściowego regulatora zmierzony dla konkretnej nastawy T_i^* w sek.

t_a - średni czas trwania impulsów pojawiających się po pierwszym impulsie,

t_b - średni czas przerw między impulsami,

t_{ak} - szerokość k - tego impulsu,

t_{bk} - szerokość k - tej przerwy między impulsami.

Można również korzystać ze wzoru

Pomiar parametru $T_i = t_x$ chwili gdy $\sum t_{ak} = t_{a1}$

3) Czas wyprzedzenia.

Pomiar czasu wyprzedzenia dla regulatora PD jest możliwy z dużym przybliżeniem na podstawie pomiaru czasu t_{a1} i z zastosowanie złożonych wzorów.

4. Zadania do wykonania.

4.1. Przykład 1.

Określenie podstawowych parametrów regulatora na podstawie jego kodu cyfrowego.

Sposób kodowania regulatora MRP-51 podano w pkt. 3.1., a regulatora MRP -41 przedstawiają tabele na rys. 5.6. i 5.7. Kod wykonania regulatora widoczny jest na jego panelu operatorskim .

4.2.Przykład 2.

1.Sprawdzić konfigurację regulatora MRP-51 korzystając z tabel w pkt. 3.1.2. i 3.1.3.

2.Dokonać następującej konfiguracji regulatora MRP - 41:

- Zakodować regulator jako krokowy ($KA = 2$) (rys.5.8. i 5.9.).
- Sprawdzić tor sygnału X1.Ustawić zgodnie z zaleceniem prowadzącego (rys.5.10.)
- Wyłączyć wejścia X2, X3, X4, .rozwierając odpowiednie klucze (rys.5.11.).
- Ustawić parametry regulatora na $Kp=1$, $Ti = 1 \text{ min.}$ $Td = 0$ (rys.5.9.)

4.3.Przykład 3.

1.Dla regulatora MRP-51 doprowadzić sygnał uchybu regulacji ε do wartości równej 0.

W tym celu można wykorzystać dodatkowy zadajnik sygnału standardowego.

2.Doprowadzić sygnał uchybu regulatora MRP - 41 E do wartości równej 0 ($E=0$).

Można to zrealizować przy pomocy zmiany wartości rzeczywistej X1 lub wartości zadanej P.

4.4.Przykład 4.

1.Zaobserwować pracę regulatora MRP-51 w trybie pracy ręcznej (M).

Sprawdzić działanie przekaźników wyjściowych regulatora.

2. Zaobserwować pracę regulatora MRP-41 w trybie pracy ręcznej (M).

Sprawdzić działanie przekaźników wyjściowych regulatora. (Sterowanie przekaźnikami jest możliwe gdy przyciskiem "SEL" na wskaźniku pojawi się symbol "O." (Out)).

4.5.Przykład 5.

1. Zapoznać się z budową regulatora krokowego MRP-51.

Budowę regulatora przedstawia rys. 5.2.

2. Zapoznać się z budową regulatora krokowego MRP-41.

Budowę regulatora przedstawia rys.5.13.

4.6.Przykład 6.

1.Zbadać pracę układu regulacji krokowej z regulatorem MRP-51 (Rys.5.3) . Określić rodzaj obiektu w badanym układzie regulacji.

2.Zaobserwować wpływ nastaw parametrów regulatora na przebieg regulacji. Badania wykonać przy zmianach uchybu regulacji w kierunku "+" i "-".

4.7.Przykład 7.

Zbadać odpowiedź regulatora MRP-41 na skok jednostkowy i określić wzmocnienie regulatora dla $\Delta e=10\%$, $\Delta e=20\%$ i $\Delta e=30\%$

Zadać: a) $K_P=1$, $T_i=62$, $T_d=0$,

b) $K_P=2$, $T_i=62$, $T_d=0$

c) $K_P=3$, $T_i=62$, $T_d=0$

W tym celu należy podłączyć układ do rejestracji przebiegów wyjściowych badanego regulatora podany na rys. 5.15.

UWAGA: zwrócić uwagę na podłączenie rezystora 1,5 k Ω w szereg z napięciem zasilającym. Dopuszczalny maksymalny prąd wejściowy analogowego modułu sterownika GE-FANUC wynosi 20 mA !

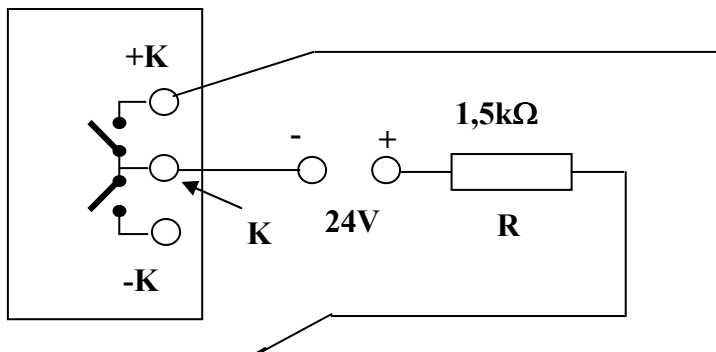
Ze względu na szybkie przebiegi przejściowe należy ustawić

Time Span: 1 min.

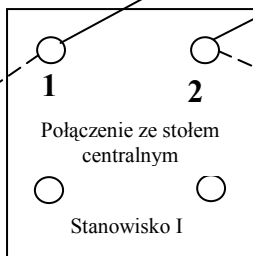
Interval: 100 Msec.

Zarejestrować wszystkie przypadki.

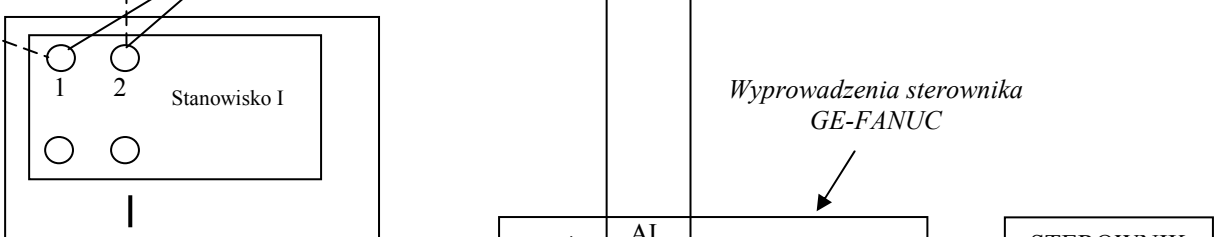
STOJAK Z REGULATOREM

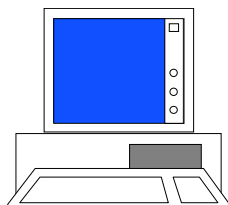


GNIAZDKO NA ŚCIANIE



STÓŁ CENTRALNY





Rys.5.15.Rejestracja impulsów wyjściowych regulatora MRP-41.

4.8.Przykład 8.

Zbadać odpowiedź regulatora MRP-41 na skok jednostkowy i określić jego czas zdwojenia.

Badania wykonać zgodnie z rys.5.15 dla $\Delta e=10\%$ i następujących nastaw parametrów regulatora:

a) $K_P=1$, $T_i=1$ min. , $T_d=0$

b) $K_P=1$, $T_i=2$ min. , $T_d=0$

c) $K_P=1$, $T_i=5$ min. , $T_d=0$

Sprawdzić jak wpływa wielkość zadanego Δe na przebieg sygnału wyjściowego.

8.9.Przykład 9.

Zaprojektować układ regulacji zawierający regulator MRP-41 i siłownik ESL-13.

5. Wykaz aparatury i urządzeń.

1. Mikroprocesorowy regulator MRP-41
2. Kalibrator.
3. Opornica dekadowa.
4. Miernik uniwersalny.

6. Pytania i zadania kontrolne:

1. Zasada działania regulatora krokowego.
2. Kryteria oceny jakości układów regulacji krokowej.
3. Wpływ nastaw regulatora na kształt przebiegu zmiennej obiektowej.
4. Na podstawie rys.5.13. wyprowadzić transmitancję regulatora dla algorytmu B.
5. Podać przykład układu regulacji temperatury z wykorzystaniem regulatora krokowego.
6. Narysować spodziewane przebiegi wyjściowe regulatora MRP-41 przy $T_d \neq 0$.

7. Podać zasady nastaw parametrów regulatora krokowego w układzie regulacji.

*Opracowanie: mgr inż. Jan Klimesz
15.06.1999r.*