



Patent dodatkowy
do patentu _____

Zgłoszono: 21.12.1970 (P. 145 152)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 30.11.1972

Opis patentowy opublikowano: 30.08.1974

Kl. 21c,62/30

MKP H02p 5/50

Twórcy wynalazku: Jan Maniti^us, Jacek Seńkowski, Jerzy Wyżga, Henryk Zygmunt, Piotr Maćko, Herbert Widłok, Andrzej Żur, Jerzy Kardaszewicz, Wacław Grzybowski

Uprawniony z patentu: Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Kraków (Polska)

Sposób regulacji prędkości grupy napędów i układ do stosowania tego sposobu

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób regulacji prędkości obrotowych grupy napędów lub jej części, z zachowaniem nastawionych stosunków prędkości obrotowych poszczególnych napędów w regulowanej grupie oraz układ do stosowania tego sposobu. Sposób i układ są przeznaczone do regulacji prędkości napędów z cyfrowym zadawaniem i cyfrowo-analogową pętlą sprzężenia zwrotnego według prędkości, zasilanych z przekształtników statycznych.

Dotychczas znane układy regulacji sekwentnej oparte są na zasadzie mechanicznego sprzężenia potencjometrów zadających prędkości obrotowe poszczególnych napędów. Rozwiązanie takie nie zapewnia dostatecznej dokładności w utrzymaniu zadanych proporcji pomiędzy prędkościami poszczególnych napędów i jest kłopotliwe w eksploatacji.

W innych znanych układach analogowe wzorce prędkości wszystkich napędów są połączone pomiędzy sobą co stwarza możliwości powstawania pasywnych sprzężeń pomiędzy regulatorami poszczególnych napędów, ich wzajemnego oddziaływania i w konsekwencji niestabilnej pracy. Natomiast znane dotychczas cyfrowe układy sekwentnej regulacji prędkości posiadają charakterystyki nieliniowe, co pozwala na zachowanie zadanych proporcji pomiędzy prędkościami poszczególnych napędów jedynie w wąskim przedziale zmian tych prędkości. Układy te wymagają stosowania dla każdego napędu w ciągu walcowniczym impulsu-

2

tora o innej liczbie impulsów na jeden obrót tarczy, względnie nie posiadają cyfrowego sprzężenia zwrotnego w pętlach regulatorów prędkości i w związku z tym wymagają stosowania przetworników cyfrowo-analogowych o bardzo wysokiej klasie dokładności oraz dużej stabilności w czasie i przy wahaniami temperatury.

Celem wynalazku jest uzyskanie regulacji i stabilizacji prędkości obrotowej grupy napędów z dokładnym zachowaniem nastawionych stosunków prędkości obrotowej pomiędzy poszczególnymi napędami poddanymi regulacji w tej grupie.

Cel ten osiąga się przez sterowanie prędkością obrotową całej grupy napędów lub jej części z zachowaniem nastawionych stosunków prędkości poszczególnych napędów w regulowanej grupie przy czym prędkość zmienia się w wyniku zmiany liczby podziału przez dodanie lub odjęcie liczby odwrotnie proporcjonalnej do odtwarzanej częstotliwości, a liczba ta jest uzyskiwana przez wprowadzenie częstotliwości podstawowej lub jej części do rejestru dzielnika przez czas będący częścią lub krotnością okresu częstotliwości odtwarzanej napędu poddanego regulacji.

Do stosowania sposobu według wynalazku służy układ, w którym blok zadawania jest połączony z blokiem sterowania sekwentnego oraz z wejściem znaku licznika rewersyjnego dzielnika częstotliwości w regulatorze napędu, przy czym bloki zadawania sąsiadnych napędów są połączone pomię-

dzy sobą, ponadto wyjście bloku zadawania jest połączone z wejściem bloku sterowania sekwentnego, drugie wejście bloku sterowania sekwentnego jest połączone ze źródłem częstotliwości zadanej odpowiedniego napędu oraz trzecie wejście bloku sterowania sekwentnego jest połączone ze źródłem częstotliwości napełniania, natomiast wyjście bloku sterowania sekwentnego jest połączone z wejściem zliczającym licznika rewersyjnego dzielnika częstotliwości w regulatorze napędu.

Układ regulacji prędkości grupy napędów według wynalazku jest uwidoczniiony w przykładowym rozwiązaniu na rysunku, na którym: fig. 1 przedstawia schemat blokowy układu, fig. 2 — schemat bloku zadawania, fig. 3 — schemat bloku sterowania sekwentnego, fig. 4 — wykresy przebiegów w bloku sterowania sekwentnego, fig. 5 — odmianę rozwiązania bloku sterowania sekwentnego, fig. 6 — wykresy przebiegów w bloku sterowania sekwentnego według tejże odmiany. Układ regulacji prędkości obejmuje grupę m napędów wraz z zasilaniem i cyfrowo-analogowymi regulatorami $H1, H2... Hm$ (fig. 1).

Każdy napęd jest wyposażony w blok zadawania Z i blok sterowania sekwentnego F . Ponadto układ sekwentnej regulacji zawiera generator G częstotliwości podstawowej i dzielnik częstotliwości D , który jest źródłem częstotliwości taktu f_T i częstotliwości napełniania f_S .

Blok zadawania Z jest połączony z blokiem sterowania sekwentnego F oraz wejściem znaku 1 , licznika rewersyjnego dzielnika w regulatorze napędu H . Ponadto bloki zadawania Z sąsiadnych napędów są połączone pomiędzy sobą.

Wejście $We1$ bloku F jest połączone z wejściem bloku zadawania; wejście $We2$ jest połączone ze źródłem częstotliwości zadanej danego napędu tj. z wyjściem dzielnika częstotliwości tego napędu i wejście $We3$ jest połączone ze źródłem częstotliwości f_S . Wyjście Wy bloku sterowania sekwentnego jest połączone z wejściem zliczającym 2 licznika rewersyjnego dzielnika częstotliwości w regulatorze napędu H .

Blok zadawania Z zawiera czteropozycyjny sterownik, którego styki $N1, N2, N3$ i $N4$ połączone są przez diody z cewkami przełączników Rp, Rs i Rw (fig. 2). Wejście ustawiające komórki Q przerzutnika $P1$ jest połączone z dodatnim biegunem zasilania przez normalnie otwarte styki i z punktem O przez normalnie zamknięte styki przełącznika Rw .

Wejście ustawiające komórki $\bar{Q}$ jest połączone z dodatnim biegunem zasilania przez normalnie otwarte styki i z punktem O przez normalnie zamknięte styki przełącznika Rp . Wyjścia proste Q i znegowane $\bar{Q}$ przerzutnika $P1$ są wyprowadzone celem połączenia z wejściami znaku rejestru dzielnika układu napędowego H .

Wejście ustawiające komórki Q przerzutnika $P2$ jest połączone z punktem O przez normalnie zamknięte styki przełącznika Rs , a wejście ustawiające komórki $\bar{Q}$ jest połączone z punktem O przez normalnie otwarte styki przełącznika Rs . Wyjście proste Q przerzutnika $P2$ jest połączone z wejściem bramki $B1$, a wyjście znegowane $\bar{Q}$ prze-

rzutnika $P2$ jest połączona z wejściem bramki $B2$. Pozostałe wejścia bramek $B1$ i $B2$ są połączone z wejściami bramki $B3$, której wyjście jest wyjściem Wy bloku zadawania. Ponadto wyjście bramki $B1$ jest połączone z wejściem bramki $B4$, połączonym z następnym blokiem zadawania, podczas gdy wyjście bramki $B4$ jest połączone z poprzednim blokiem zadawania. Blok sterowania sekwentnego F zawiera dwa przerzutniki $P3$ i $P4$ oraz połączoną z nimi bramkę $B5$ (fig. 3). Wejście $We1$ bloku sterowania sekwentnego jest połączone z wejściem ustawiającym przerzutnika $P4$. Wejście $We2$ jest połączone z wejściami zliczającymi przerzutników $P3$ i $P4$. Wyjście pozytywne Q przerzutnika $P3$ jest połączone z wejściami bramkującymi przerzutnika $P4$ i z jednym z wejść bramki $B5$. Wejście pozytywne przerzutnika $P4$ jest połączone z wejściami bramkującymi przerzutnika $P3$. Wejście $We3$ jest połączone z drugim wejściem bramki $B5$. Wyjście bramki $B5$ jest jednocześnie wyjściem Wy bloku sterowania sekwentnego.

Odmiana układu według wynalazku polega na tym, że blok sterowania sekwentnego F zawiera również dwa przerzutniki $P3$ i $P4$ oraz bramkę $B5$ (fig. 5). Wejście $We1$ bloku sterowania sekwentnego jest połączone z wejściem zliczającym przerzutnika $P3$. Wejście $We2$ jest połączone z wejściem zliczającym przerzutnika $P4$. Wyjście pozytywne przerzutnika $P3$ jest połączone z wejściem bramkującym przerzutnika $P4$, a wyjście znegowane $\bar{Q}$ przerzutnika $P4$ jest połączone z wejściem ustawiającym komórki $\bar{Q}$ przerzutnika $P3$. Wyjście proste Q przerzutnika $P4$ jest połączone z jednym z wejść bramki $B5$.

Wejście $We3$ bloku sterowania sekwentnego jest połączone z drugim wejściem bramki $B5$, której wyjście jest jednocześnie wyjściem Wy bloku sterowania sekwentnego. Sterownik ma cztery położenia robocze, co umożliwia wybór rodzaju regulacji: sekwentną lub indywidualną, oraz zmiany prędkości: szybciej lub wolniej.

W położeniu „regulacja indywidualna — szybciej” sterownik zwiniera swoje styki $N1$ i włącza przełącznik Rp , w położeniu „regulacja sekwentna — szybciej” sterownik zwiniera styki $N2$ i włącza przełączniki Rp i Rs , w położeniu „regulacja sekwentna — wolniej” sterownik zwiniera styki $N3$ i włącza przełączniki Rs i Rw , oraz w położeniu „regulacja indywidualna — wolniej” stykami $N4$ włącza przełącznik Rw . Przełączniki Rp i Rw oddziałują poprzez swoje styki na wejścia ustawiające przerzutnika $P1$ a przełącznik Rs na wejścia ustawiające przerzutnika $P2$.

Jeżeli zmiana prędkości dotyczy tylko jednego napędu, to znaczy gdy sterownik znajduje się w położeniach „regulacja indywidualna — szybciej” lub „wolniej”, to przełącznik Rs nie działa i na wyjściu znegowanym $\bar{Q}$ przerzutnika $P2$ pojawia się sygnał „1”, który otwiera bramkę $B2$.

Impulsy traktujące podawane są na wejścia bloku sterowania sekwentnego tylko tego napędu, którego sterownik zadziała. Jeżeli żądana zmiana prędkości ma się odbywać w sposób sekwentny, to znaczy zmianie prędkości wybranego napędu ma towarzyszyć zmiana prędkości wszystkich na-

pędów poprzedzających w ciągu, sterownik znajduje się w położeniach „regulacja sekwentna” „szybciej” lub „wolniej” i na wyjściu pozytywnym **Q** przerzutnika **P2** pojawia się sygnał „1”, który otwiera bramkę **B1**. Otwarcie bramki **B1** powoduje podanie impulsów taktujących na wejście **We1** bloku sterowania sekwentnego **F** regulowanego napędu oraz przez bramkę **B4** na wejścia bloków sterowania sekwentnego wszystkich poprzednich napędów. Sygnał o częstotliwości napełniania licznika rewersywnego f_s oraz częstotliwość wzorcowa f_z danego napędu są przyłożone odpowiednio na wejścia **We2** i **We3** bloku sterowania sekwentnego przez cały czas pracy układu. Pojawienie się na wejściu **We1** impulsów o częstotliwości taktu f_T inicjuje działanie bloku sterowania sekwentnego **F**. W chwili $t=t_e$ sygnał pozytywny, trwający $1/2$ okresu częstotliwości f_T , przygotowuje przerzutniki **P3** i **P4** do działania (fig. 4). Pojawienie się pierwszego impulsu f_z powoduje w chwili $t=t_1$ zmianę stanu przerzutnika **P3**, ustawienie wejść **J** i **K** przerzutnika **P4** i otwarcie bramki **B5**. Następny impuls f_z powoduje w chwili $t=t_2$ zmianę stanu obu przerzutników **P3** i **P4** ustawienie wejść **J** i **K** przerzutnika **P3** oraz zablokowanie bramki **B5**. Kolejne impulsy f_z nie powodują zmiany stanów przerzutników aż do chwili skasowania przerzutników **P4** przez zbiegające zbocze sygnału f_T w chwili $t=t_3$. Bramka **B5** jest zatem otwierana tylko na 1 okres częstotliwości f_z to znaczy przez czas $t = \frac{1}{f}$ w każdym okresie częstotliwości taktu f_T .

Działanie bloku sterowania sekwentnego w odmiennie rozwiązania jest następujące: Pojawienie się na wejściu **We1** impulsów o częstotliwości taktu f_T inicjuje działanie bloku sterowania sekwentnego **F**. Zbiegające zbocze sygnału pozytywnego częstotliwości taktu powoduje w chwili $t=t_0$ przerzucenie przerzutnika **P3** i zapisanie stanu logicznego „1” w komórce **Q** oraz podanie tego sygnału na wejście bramkujące **J** przerzutnika **P4**. Przerzutnik **P4** jest przygotowany do zmiany stanu pod wpływem częstotliwości f_z .

Pierwsze zbiegające zbocze częstotliwości f_z powoduje w chwili $t=t_1$, pojawienie się w przerzutniku **P4** sygnału „1” w komórce **Q**. Sygnał ten powoduje otwarcie bramki **B5**, przez którą zostaje wprowadzona częstotliwość f_s na wejście zliczające licznika rewersywnego dzielnika częstotliwości w układzie napędowym **H**. Równocześnie zanik sygnału w komórce **Q** przerzutnika **P4** powoduje ustawienie przerzutnika **P3** w stanie $\underline{Q}=0$, $\overline{p}=1$; w wyniku czego na wejściu bramkującym **J** przerzutnika **P4** pojawia się stan „0” a kolejne zbiegające zbocze sygnału pozytywnego częstotliwości f_z powoduje w chwili $t=t_2$ powstanie stanów $\underline{Q}=0$, $\overline{Q}=1$ i zablokowanie bramki **B5**. Przy takim działaniu podczas jednego okresu częstotliwości f_T bramka **B5** jest otwarta przez 1 okres częstotliwości f_z . Blok sterowania sekwentnego **F** pracuje cyklicznie z częstotliwością taktu f_T .

Na wyjściu pojawiają się więc impulsy o częstotliwości f_s , których liczba ΔA jest proporcjonalna do odwrotności aktualnej częstotliwości wzorcowej f_z i do czasu działania sterownikiem:

$$\Delta A = k \cdot \frac{f_s}{f_z},$$

gdzie k jest dyskretnym współczynnikiem przybliżającym wartości naturalne proporcjonalnym do czasu sterowania. Wprowadzenie liczby ΔA do rejestru dzielnika częstotliwości układu regulacji prędkości powoduje zmianę częstotliwości wzorcowej z f_z na f'_z , przy czym

$$f'_z = \frac{f_p}{A + \Delta A} = f_z \left(1 + \frac{f_p}{k \cdot f_s} \right)$$

Ponieważ wartości f_T , f_s i k są jednakowe dla wszystkich napędów, podczas regulacji zostaje zachowany warunek:

$$\frac{f'_{z1}}{f'_{z2}} = \frac{f_{z1}}{f_{z2}} = \text{const}$$

$$\frac{f'_{z(m-1)}}{f'_{zm}} = \frac{f_{z(m-1)}}{f_{zm}} = \text{const}$$

Częstotliwość zadana f_z jest dla układu napędowego **H** wielkością wzorcową, która zostaje odтворzona w postaci prędkości obrotowej n napędu.

Zależność między częstotliwością zadaną a prędkością obrotową jest liniowa, oznacza to, że również stosunki prędkości zostają zachowane podczas regulacji.

$$\frac{n'_1}{n'_2} = \frac{n_1}{n_2} = \text{const}$$

$$\frac{n'_{(m-1)}}{n'_m} = \frac{n_{(m-1)}}{n_m} = \text{const}$$

Z powyższego wynika, że zmiana prędkości obrotowych odbywa się z zachowaniem nastawionych napędów i jest realizowana przez zmianę częstotliwości zadających. Częstotliwości te są zmieniane poprzez zwiększenie lub zmniejszenie liczb podziału w dzielnikach na drodze wprowadzenia przyrostów liczby podziału w postaci ciągu impulsów, przy czym przyrosty te są proporcjonalne do okresu częstotliwości zadanych poszczególnych napędów poddanych regulacji.

Sposób regulacji prędkości grupy napędów i układ do stosowania tego sposobu, według wynalazku, zapewniają dokładne zachowanie proporcji pomiędzy prędkościami poszczególnych napędów w dowolnie szerokim zakresie zmian prędkości przy regulacji sekwentnej. Układ odznacza się przy tym prostotą konstrukcji oraz dużą dokładnością i szybkością działania. Opisane rozwiązanie regulacji sekwentnej eliminuje powstawanie pasożytniczych sprzężeń pomiędzy regulatorami poszczególnych napędów.

Zastrzeżenia patentowe

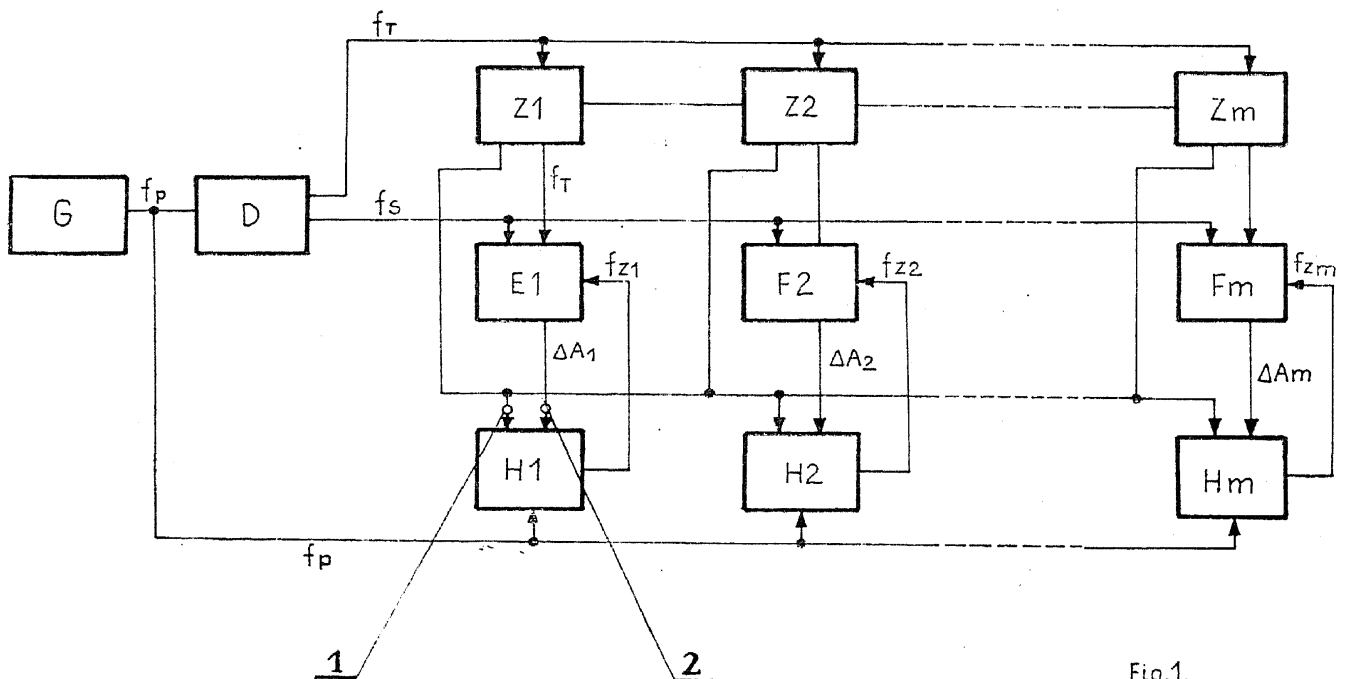
1. Sposób regulacji prędkości grupy napędów z cyfrowym zadawaniem i cyfrowo-analogową pętlą sprzężenia zwrotnego według prędkości, zasilanych z przekształtników statycznych, przy czym sterowanie prędkościami obrotowymi grupy napędów lub dowolnie wybranej części tej grupy odbywa się z zachowaniem nastawionych stosunków prędkości poszczególnych napędów w regulowanej grupie i jest realizowane przez zmianę częstotliwości zadających, **znamienny tym**, że prędkość zmienia się w wyniku zmiany liczby podziału dzielnika częstotliwości poprzez dodanie lub odjęcie liczby odwrotnie proporcjonalnej do wzorcowej częstotliwości a liczbę tą uzyskuje się przez podanie częstotliwości podstawowej lub jej części do rejestru dzielnika, w czasie proporcjonalnym do okresu częstotliwości wzorcowej napędu poddanego regulacji.

2. Układ do stosowania sposobu według zastrz. 1, **znamienny tym**, że blok zadawania (Z) jest połączony z blokiem sterowania sekwentnego (F) oraz z wejściem znaku (I) licznika rewersyjnego dzielnika częstotliwości w regulatorze napędu (H), przy czym bloki zadawania sąsiadnych napędów są połączone pomiędzy sobą a wyjście bloku zadawania jest połączone z wejściem (We1) bloku sterowania sekwentnego (F) zaś wejście (We2) bloku sterowania sekwentnego jest połączone ze źródłem częstotliwości zadanej (f_z) odpowiedniego napędu oraz wejście (We3) bloku sterowania sekwentnego jest połączone ze źródłem częstotliwości napędnienia (f_s), to jest odpowiednim wyjściem dziel-

nika (D), natomiast wyjście (Wy) bloku sterowania sekwentnego jest połączone z wejściem zliczającym (2) licznika rewersyjnego dzielnika częstotliwości regulatora napędu (H).

3. Układ regulacji według zastrz. 2, **znamienny tym**, że wejście (We1) bloku sterowania sekwentnego jest połączone z wejściem ustawiającym przerzutnika (P4) a wejście (We2) bloku sterowania sekwentnego jest połączone z wejściami zliczającymi przerzutników (P3) i (P4), przy czym wyjście pozytywne przerzutnika (P4) jest połączone z wyjściami bramkującymi przerzutnika (P3) a wyjście pozytywne przerzutnika (P3) jest połączone z wejściami bramkującymi przerzutnika (P4) oraz z jednym z wejść bramki (B5), której drugie wejście jest połączone z wejściem (We3) bloku sterowania sekwentnego, natomiast wyjście bramki (B5) jest połączone z wyjściem (Wy) bloku sterowania sekwentnego.

4. Odmiana układu według zastrz. 2 i 3, **znamienna tym**, że wejście (We1) bloku sterowania sekwentnego jest połączone z wejściem zliczającym przerzutnika (P3) a wejście (We2) jest połączone z wejściem zliczającym przerzutnika (P4), przy czym wyjście pozytywne przerzutnika (P3) jest połączone z wejściem bramkującym przerzutnika (P4), a wyjście znegowane ($\bar{Q}$) przerzutnika (P4) jest połączone z wejściem ustawiającym komórki ($\bar{Q}$) przerzutnika (P3), zaś wyjście pozytywne (Q) przerzutnika (P4) jest połączone z jednym z wejść bramki (B5), której drugie wejście jest połączone z wejściem (We3) bloku sterowania sekwentnego, natomiast wyjście bramki (B5) jest połączone z wejściem (Wy) bloku sterowania sekwentnego.



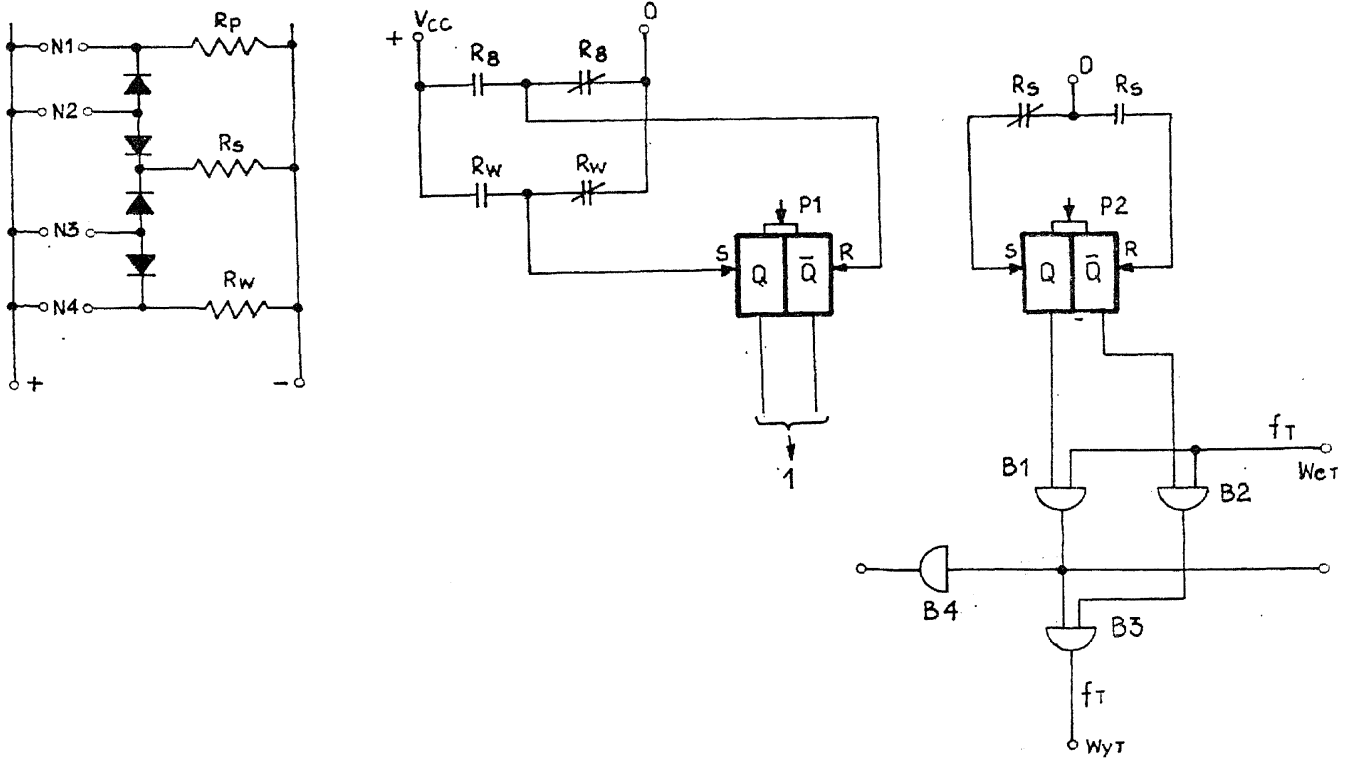


Fig. 2.

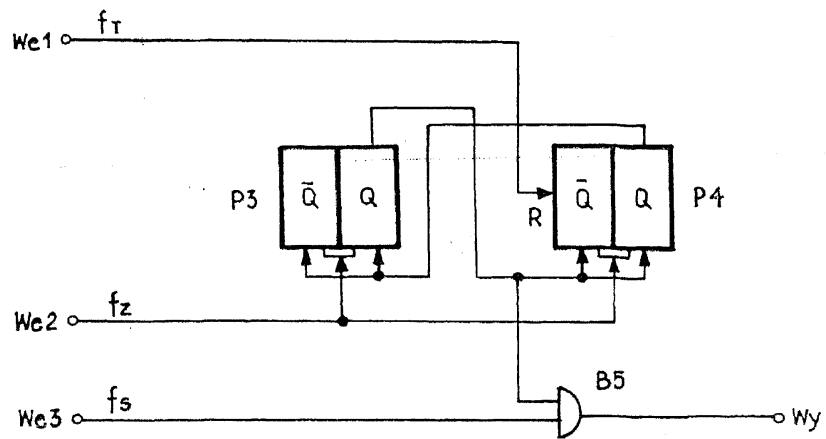


Fig. 3.

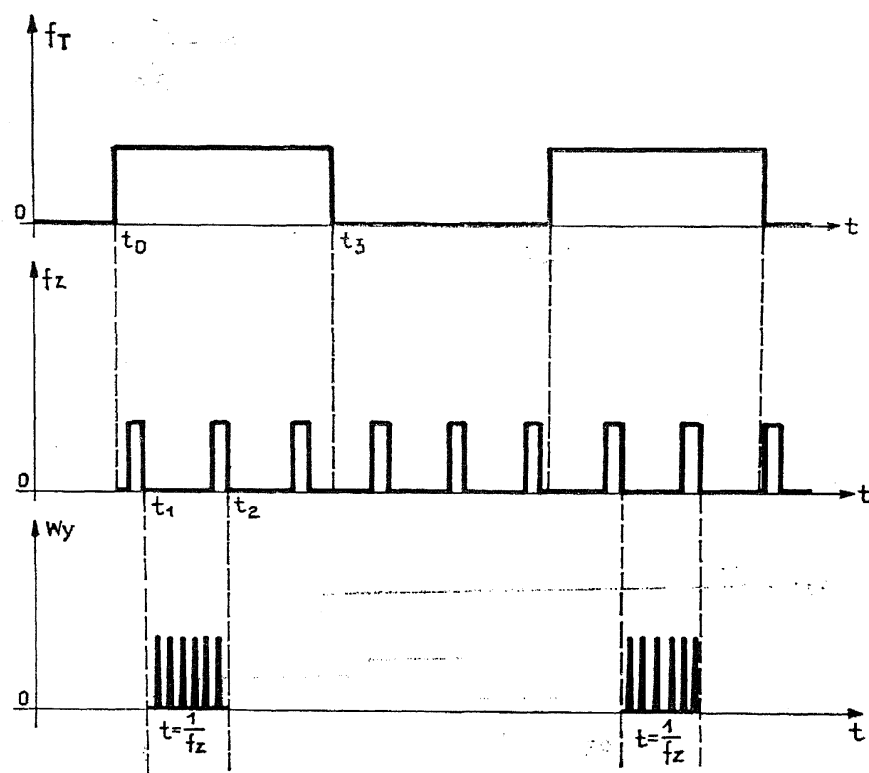


Fig.4.

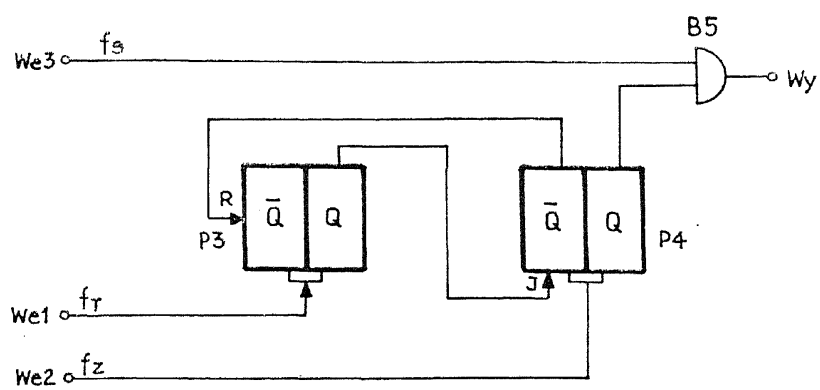


Fig.5

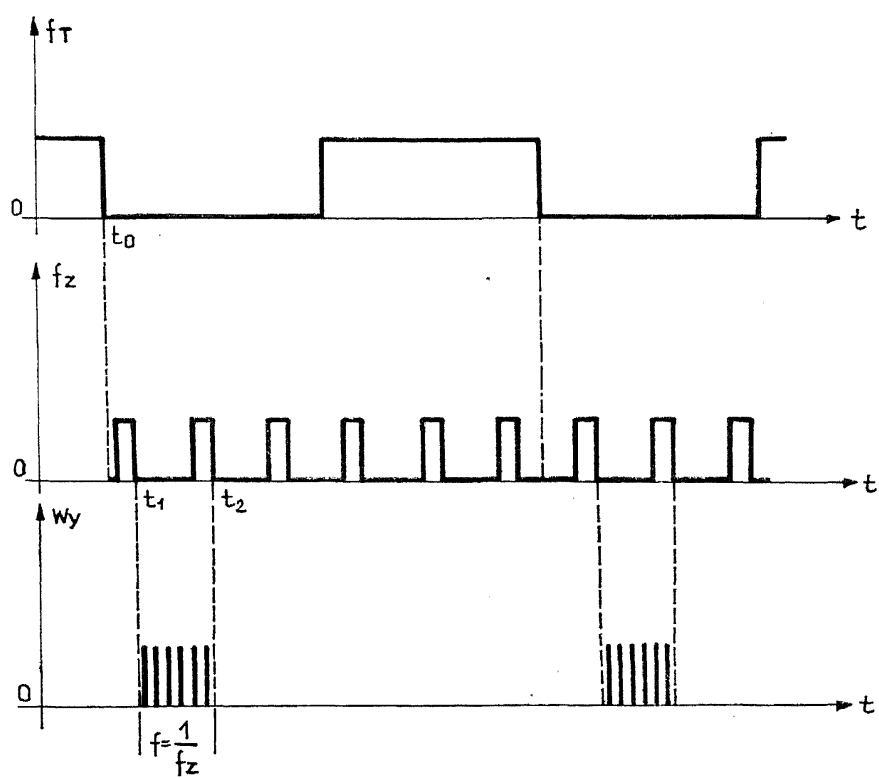


Fig. 6.

E R R A T A

Łam 3, wiersz 22
jest: i cyfrowo-analogowymi regulatorami
powinno być: i cyfrowo-analogowymi regulatorami prędkości

Łam 5, wiersz 53
jest: $\bar{p} = 1$,
powinno być: $\bar{Q} = 1$,

Łam 6, wiersz 46
jest: z zachowaniem nastawionych
powinno być: z zachowaniem nastawionych propozycji
pomędzy prędkościami poszczególnych

Łam 8, wiersz 11
jest: jest połączone z wyj –
powinno być: jest połączone z wej –