



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

MKP H02p 5/16

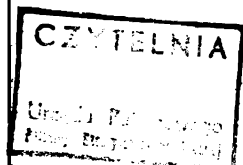
Zgłoszono: 14.03.75 (P. 178785)

Pierwszeństwo: _____

Int. Cl.² H02P 5/16

Zgłoszenie ogłoszono: 05.06.76

Opis patentowy opublikowano: 15.06.1978



Twórcy wynalazku: Jan Manitus, Henryk Zygmunt, Jerzy Wyżga, Piotr Macko, Andrzej Senderski, Maciej Tondos, Herbert Widlok, Andrzej Żur

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

Sposób i układ regulacji napędu przekształtnikowego, nienawrotnego

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób i układ regulacji napędu przekształtnikowego, nienawrotnego, znajdujące zastosowanie w nienawrotnych napędach dużej mocy, zasilanych z przekształtników statycznych, szczególnie w napędach walców np. nienawrotnych walcowni ciągłych.

W znanych dotychczas sposobach regulacji przekształtnikowych napędów nienawrotnych, stosowane są regulatory prędkości, z dobieranymi na stałe parametrami /J. Wyżga, M. Tondos: „Napęd główny walcarki nienawrotnej 1800 kW”, Przegląd Elektrotechniczny R. 50 1974 nr 8; J. Manitus, H. Zygmunt, W. Grzybowski, J. Kardaszewicz: „Projektowanie przekształtników tyrystorowych” W.N.T., Warszawa 1974/. Z uwagi na nieliniowość statycznych charakterystyk przekształtnika nienawrotnego, polegającą na tym, że nie ma on możliwości zmiany kierunku prądu, należy parametry statycznego regulatora prędkości dobierać tak, aby uniknąć relaksacyjnych przebiegów prądu i prędkości silnika przy przechodzeniu od obciążenia do biegu jałowego silnika. Powoduje to przedłużenie czasu regulowania prędkości po zmianie obciążenia od biegu jałowego do wartości znamionowej i występowanie w tych warunkach znacznych wartości całki uchybu dynamicznego prędkości obrotowej napędu.

Dotychczasowy sposób obniżania wartości pułapu prądu silnika do poziomu, uzależnionego nieliniowo od wartości aktualnej prędkości obrotowej

2

wej silnika, polega na zwieraniu do masy sygnału zadającego na wejściu regulatora prądu, jeśli jego wartość przekracza wartość napięcia porównawczego, uzależnionego w sposób nieliniowy od napięcia tachogeneratora.

Sposób ten nie zapewnia dokładnego odwzorowania charakterystyki obciążalności silnika, a zatem i pełnego wykorzystania możliwości napędu, jak również powoduje pogorszenie właściwości dynamicznych napędu przez to, że w stanach przejściowych napięcie wyjściowe regulatora prędkości osiąga znacznie wyższą wartość od napięcia, potrzebnego do zadania pułapu prądu silnika.

Znany dotychczas sposób ochrony napędu przed skutkami utyku polega na blokowaniu impulsów bramkowych przekształtnika, gdy przy prędkości równej zero lub niższej od pewnej wartości progowej, prąd przekształtnika jest wyższy od nastawionej wartości progowej, przez określony przedział czasu. /H. Zygmunt, P. Macko: „Założenia systemu układów tyrystorowych napędów prądu stałego w hutnictwie”, Przegląd Elektrotechniczny R. 50 1974 nr 8/.

W przypadku, gdy napęd jest zasilany z dwóch szeregowo połączonych przekształtników: jednego diodowego, a drugiego tyrystorowego, zablokowanie impulsów bramkowych przekształtnika tyrystorowego w czasie, kiedy pracuje on jako falownik, może spowodować zwarcie falownika. Stąd wynika ograniczony zakres zastosowań tego ro-

dzaju ochrony napędu przed skutkami utyku. Inne rozwiązanie ochrony napędu przed skutkami utyku polega na zwieraniu do masy sygnału zadającego na wejściu regulatora prądu oraz wymaga równoczesnego wyłączenia wzorca prędkości i przygotowania układu przed zdjęciem sygnału blokady tak, aby ponowny rozruch napędu następował z obniżonym pułapem prądu.

Znany układ do regulacji napędu przekształtnikowego, nienawrotnego, z szeregową regulacją prędkości i prądu oraz z dwustrefową, astatyczną regulacją prędkości, zawiera zadajnik, połączony z wejściem regulatora prędkości, którego drugie wejście jest połączone z tachogeneratorem, sprzężonym z silnikiem. Wyjście regulatora prędkości jest połączone z wejściem regulatora prądu, którego drugie wejście jest połączone poprzez przetwornik sygnału prądowego z przekładnikami prądowymi, włączonymi w obwód zasilania mostka tyrystorowego przekształtnika. Wyjście regulatora prądu jest połączone poprzez sterownik z obwodami bramkowymi mostka tyrystorowego przekształtnika w obwodzie twornika silnika. Zastosowany w opisanym układzie regulator prędkości napędów nienawrotnych ma w obwodzie sprzężenia zwrotnego włączony tylko jeden kondensator i jeden rezystor oraz nie posiada tranzystorowego ogranicznika amplitudy sygnału wyjściowego.

Celem wynalazku jest opracowanie sposobu regulacji napędu przekształtnikowego, nienawrotnego, z szeregową regulacją prędkości i prądu oraz z dwustrefową, astatyczną regulacją prędkości oraz układu do stosowania tego sposobu.

Istota wynalazku polega na tym, że wartość stałej całkowania błędu prędkości uzależnia się od wartości sygnału zadającego prąd i zmienia się dyskretnie co najmniej w dwóch przedziałach w funkcji tego sygnału, przy czym wzrostowi sygnału zadającego prąd powyżej wybranej wartości progowej odpowiada zmniejszenie stałej całkowania. Ponadto na wyjście wyznaczające poziom nasycenia wzmacniacza regulatora prędkości wprowadza się sygnał odwzorujący charakterystykę obciążalności silnika w funkcji prędkości obrotowej. W stanie utknięcia, w którym prędkość obrotowa silnika jest równa zero, a równocześnie prąd twornika jest większy od wybranej wartości, do sygnału zadającego prąd dodaje się, po upływie odpowiednio dobranego czasu, sygnał o przeciwnym znaku, w celu wysterowania przekształtnika w kierunku zmniejszenia prądu twornika do zera.

Układ do regulacji napędu przekształtnikowego, nienawrotnego, z szeregową regulacją prędkości i prądu oraz z dwustrefową, astatyczną regulacją prędkości, według wynalazku, polega na tym, że z wejściem ograniczenia regulatora prędkości jest połączone wyjście członu odwzorowania charakterystyki obciążalności silnika, przy czym wejście tego członu jest połączone z tachogeneratorem, połączonym również z jednym z dwu wejść dyskryminatora całkującego. Drugie wejście tego dyskryminatora jest połączone poprzez człon wykonawczy z dodatkowym wejściem regulatora prądu.

Regulator prędkości zawiera dodatkowy kondensator, połączony jednym końcem z wyjściem

wzmacniacza, a drugim końcem z rezystorem oraz poprzez łącznik, najkorzystniej złożony z tranzystorów polowych, ze wspólnym punktem rezystora i kondensatora w obwodzie sprzężenia zwrotnego wzmacniacza. Drugi koniec rezystora jest połączony z masą układu poprzez łącznik, najkorzystniej złożony z tranzystorów polowych. Z wyjściem wzmacniacza jest połączony dyskryminator progowy, którego wyjścia są połączone z łącznikami. Pomiędzy wejściem a wyjściem wzmacniacza jest włączony obwód ograniczenia amplitudy sygnału wyjściowego, złożony z diody i tranzystora, którego baza jest połączona z suwakiem potencjometru, włączonego między masę i ujemny biegun zasilania.

Wejście członu odwzorowania charakterystyki obciążalności silnika jest połączone poprzez rezystor z wejściem odwracającym wzmacniacza, które jest również połączone poprzez rezystor z suwakiem potencjometru, włączonego między masę i dodatni biegun zasilania. Wzmacniacz jest objęty sprzężeniem proporcjonalnym, zawierającym rezystor, oraz dwoma obwodami sprzężeń nieliniowych, z których każde zawiera rezystor, włączony pomiędzy wejście wzmacniacza i suwak potencjometru. Jeden koniec potencjometru jest połączony z masą, a drugi koniec jest połączony z katodą diody, której anoda jest połączona poprzez rezystor z wyjściem wzmacniacza i poprzez drugi rezystor z suwakiem potencjometru, włączonego pomiędzy masę i ujemny biegun zasilania. Wyjście wzmacniacza jest połączone poprzez diodę i rezystor z wejściem dodatnim wzmacniacza proporcjonalnego, którego wejście odwracające jest połączone poprzez rezystor z suwakiem potencjometru, włączonego między masę i dodatni biegun zasilania, zaś wyjście wzmacniacza jest wyjściem członu odwzorowania.

Dyskryminator całkujący charakteryzuje się tym, że jedno jego wejście jest połączone poprzez rezystor z wejściem wzmacniacza proporcjonalnego, a drugie wejście jest połączone poprzez diodę i rezystor z wejściem wzmacniacza oraz poprzez diodę i rezystor z wejściem integratora. Wejście tego integratora jest również połączone poprzez rezystor z wyjściem wzmacniacza, a poprzez rezystor z suwakiem potencjometru, natomiast wyjście integratora jest połączone poprzez diodę z wyjściem dyskryminatora.

Zaletą sposobu i układu regulacji napędu przekształtnikowego, nienawrotnego, według wynalazku, jest to, że umożliwiają niezależną optymalizację przebiegów przejściowych, przez dobór parametrów regulatora prędkości dla stanów obciążenia i biegu jałowego. Zapewnia to aperiodyczny charakter przebiegów przejściowych, przy odciażaniu napędu i minimalną wartość całki uchybu dynamicznego prędkości przy jego obciążeniu. Rozwiązanie, według wynalazku, uzależnia w sposób nieliniowy od napięcia tachogeneratora, maksymalną wartość napięcia wyjściowego regulatora prędkości, a zatem umożliwia automatyczne dostosowanie wartości pułapu prądu silnika do charakterystyki jego obciążalności, przy zachowaniu

w całym zakresie prędkości optymalnych przebiegów przejściowych napędu.

Wysterowanie przekształtnika w kierunku zmniejszenia prądu twornika, przez podanie na wejście regulatora prądu sygnału o odpowiedniej wartości i znaku przeciwnym do sygnału zadającego prąd, zapewnia szybkie i pewne zregulowanie prądu do zera sygnałem napięciowym, przy zachowaniu wymagań, dotyczących dynamicznych przebiegów przejściowych. Umożliwia również powtórne uruchomienie napędu bez żadnych czynności przygotowawczych, przy czym cechuje się łatwym nastawianiem czasu pozostawiania napędu w utyku.

Przedmiot wynalazku jest uwidoczniony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia układ w schemacie blokowym, fig. 2 — schemat regulatora prędkości, fig. 3 — schemat członu odwzorowania charakterystyki obciążalności silnika i fig. 4 — schemat dyskryminatora całkującego. Układ zawiera zadajnik 1, połączony z wejściem regulatora prędkości 2, którego drugie wejście jest połączone z tachogeneratorem 3, sprzężonym z silnikiem 4 /fig. 1/. Wyjście regulatora prędkości 2 jest połączone z wejściem regulatora prądu 5, którego drugie wejście jest połączone poprzez przetwornik sygnału prądowego 6 z przekształtnikami prądowymi 7, włączonymi w obwód zasilania mostka tyrystorowego 8 przekształtnika 9.

Z wejściem ograniczenia regulatora prędkości 2 jest połączone wyjście członu odwzorowania charakterystyki obciążalności silnika 10, przy czym wejście tego członu 10 jest połączone z tachogeneratorem 3, połączonym również z jednym z dwu wejść dyskryminatora całkującego 11. Drugie wejście tego dyskryminatora 11 jest połączone poprzez człon wykonawczy 12 z dodatkowym wejściem regulatora prądu 5. Wyjście regulatora prądu 5 jest połączone poprzez sterownik 13 z obwodami bramkowymi mostka tyrystorowego 8 przekształtnika 9 w obwodzie twornika silnika 4.

Obwód regulacji stumienia silnika 4 zawiera regulator prądu wzbudzenia 14, którego jedno wejście jest połączone poprzez separator 15 z dzielnikiem napięcia 16 w obwodzie twornika silnika 4, a drugie wejście jest połączone poprzez przetwornik sygnału prądowego 17 z przekładnikami prądowymi 18 w obwodzie zasilania przekształtnika wzbudzenia 19. Wyjście regulatora prądu wzbudzenia 14 jest połączone poprzez sterownik 20 z obwodami bramkowymi przekształtnika 19.

Regulator prędkości 2, typu PI, jest zbudowany na wzmacniaczu operacyjnym W1, objętym sprzężeniem zwrotnym proporcjonalno — całkującym, złożonym z rezystora R1 i kondensatora C1 /fig. 2/. Regulator prędkości 2 zawiera dodatkowy kondensator C2, połączony jednym końcem z rezystorem R2 oraz poprzez łącznik L1, najkorzystniej złożony z tranzystorów polowych, ze wspólnym punktem rezystora R1 i kondensatora C1 w obwodzie sprzężenia zwrotnego wzmacniacza W1. Drugi koniec rezystora R2 jest połączony z masą układu poprzez łącznik L2, najkorzystniej złożony z tranzystorów polowych. Z wyjściem wzmacnia-

cza W1 jest połączony dyskryminator progowy 21, którego wyjścia są połączone z łącznikami L1 i L2. Pomiędzy wejściem i wyjściem wzmacniacza W1 jest włączony obwód 22 ograniczenia amplitudy sygnału wyjściowego, złożony z diody D1 i tranzystora T1, którego baza jest połączona z suwakiem potencjometru R3, włączonego między masę i ujemny biegun zasilania.

Wejście WE4 członu odwzorowania 10 jest połączone poprzez rezystor R4 z wejściem odwracającym wzmacniacza W2, które jest również połączone poprzez rezystor R5 z suwakiem potencjometru R6, włączonego między masę i dodatni biegun zasilania /fig. 3/.

Wzmacniacz W2 jest objęty sprzężeniem proporcjonalnym, zawierającym rezystor R7, oraz dwoma obwodami sprzężeń nieliniowych, zawierającymi rezystory R8 i R9, włączone pomiędzy wejście wzmacniacza W2 i suwaki potencjometrów R10 i R11. Jedne końce potencjometrów R10 i R11 są połączone z masą, a drugie końce są połączone z katodami diod D2 i D3, których anody są połączone poprzez rezystory R12 i R13 z wyjściem wzmacniacza W2 i poprzez dwa rezystory R14 i R15 z suwakami potencjometrów R16 i R17, włączonych pomiędzy masę i ujemny biegun zasilania. Wyjście wzmacniacza W2 jest połączone poprzez diodę D4 i rezystor R18 z wejściem dodatnim wzmacniacza proporcjonalnego W3, którego wejście odwracające jest połączone poprzez rezystor R19 z suwakiem potencjometru R20, włączonego między masę i dodatni biegun zasilania, zaś wyjście wzmacniacza W3 jest wyjściem WY2 członu odwzorowania 10.

Dyskryminator całkujący 11 ma jedno wejście WE5 połączone poprzez rezystor R21 z wejściem wzmacniacza proporcjonalnego W4, a drugie wejście WE6 jest połączone poprzez diodę D5 i rezystor R22 z wejściem wzmacniacza W4 oraz poprzez diodę D6 i rezystor R23 z wejściem integratora W5 /fig. 4/. Wejście tego integratora W5 jest również połączone poprzez rezystor R24 z wyjściem wzmacniacza W4, a poprzez rezystor R25 z suwakiem potencjometru R26, natomiast wyjście integratora W5 jest połączone poprzez diodę D7 z wyjściem WY3 dyskryminatora 11. Ponadto między wejście i wyjście integratora W5 jest włączony obwód 23 ograniczenia amplitudy sygnału, złożony z diody D8, tranzystora T2 i potencjometru R27.

Układ do regulacji napędu przekształtnikowego, nienawrotnego, z szeregową regulacją prędkości i prądu oraz z dwustrefową, astatyczną regulacją prędkości, według wynalazku, działa następująco:

Na wejście WE1 regulatora prędkości 2 wprowadza się sygnał zadający prędkość, a na wejście WE2 napięcie tachogeneratora 3, proporcjonalne do prędkości obrotowej silnika 4. Regulator 2 formuje sygnał wyjściowy, który zawiera część proporcjonalną do błędu prędkości oraz całkę z błędu prędkości. Sygnał ten stanowi wartość zadaną dla regulatora prądu twornika. Napięcie wyjściowe regulatora prędkości 2 jest podawane na wejście dyskryminatora progowego 21, który dla sygnałów wejściowych większych od wybranej

wartości wypracowuje sygnały wyjściowe, powodujące odłączenie łącznika L1 i załączenie łącznika L2. W tej sytuacji kondensator C2 jest wyłączony z obwodu sprzężenia zwrotnego wzmacniacza W1 i stała całkowania błędu prędkości wynosi $T_{C1} = R1C1$. Jednocześnie kondensator C2 jest ładowany poprzez rezystor R2, równy co do wartości R1, do napięcia, równego napięciu na kondensatorze C1. Natomiast dla sygnału wejściowego mniejszego od wybranej wartości, to jest, gdy zadana wartość prądu twornika jest mniejsza od pewnej wartości progowej, dyskryminator progowy 21 wypracowuje sygnały wyjściowe, powodujące załączenie łącznika L1 i odłączenie łącznika L2. Kondensator C2 zostaje wtedy połączony równolegle z kondensatorem C1 w obwodzie sprzężenia zwrotnego wzmacniacza W1, co powoduje zwiększenie stałej całkowania do wartości $T_{C2} = -R1 / (C1 + C2)$. Dołączenie kondensatora C2 następuje przy warunkach początkowych identycznych, jak na kondensatorze C1, a zatem bez niepożądanych przebiegów przejściowych.

Sygnał wyjściowy regulatora prędkości 2 stanowi wartość zadana dla regulatora prądu 5 twornika. Sygnał sprzężenia zwrotnego od prądu twornika jest pobierany z przekształtników 7 za pośrednictwem przetwornika sygnału prądowego 6. Regulator prądu 5 wysterowuje poprzez sterownik 13 mostek tyrystorowy 8, w wyniku czego silnik 4 odtwarza prędkość obrotową, zadaną na wejściu regulatora prędkości 2.

W zakresie od 0 do prędkości znamionowej n_N , regulacja prędkości odbywa się przez zmianę napięcia twornika. Powyżej prędkości znamionowej prędkość silnika 4 jest regulowana przez zmianę strumienia, za pomocą regulacji prądu wzbudzenia. Dla prędkości większych od znamionowej maksymalna wartość prądu twornika jest funkcją prędkości, zwykle nieliniową. Ograniczenie prądu twornika uzyskuje się przez ograniczenie wartości zadanej prądu w ten sposób, że na wejście WE3, wyznaczające poziom nasycenia wzmacniacza W1 regulatora prędkości 2, wprowadza się sygnał odwzorowujący charakterystykę obciążalności silnika 4 w funkcji prędkości obrotowej. Do tego celu służy człon odwzorowania charakterystyki obciążalności silnika 10. Na jego wejście WE4 wprowadza się sygnał prędkości. Wzmacniacz W2 pracuje w układzie generatora funkcji nieliniowej, natomiast wzmacniacz W3 pracuje jako sumator. Dla napięć wyjściowych mniejszych co do bezwzględnej wartości od napięcia suwaka potencjometru R6, na wyjściu generatora funkcji nieliniowej, to jest na katodzie diody D4, panuje napięcie równe zero, a napięcie członu odwzorowania obciążalności silnika 10 jest stałe, o wartości ustalonej za pomocą potencjometru R20. Tak więc, wartość ograniczenia prądowego dla małych prędkości jest stała.

W zakresie dużych szybkości charakterystyka ograniczenia prądowego ma charakter nieliniowy. Aproksymuje się ją przy pomocy 3-odcinkowej łamanej. Początek pierwszego odcinka, odpowiadający końcowi stałego ograniczenia prądowego, wyznacza się za pomocą potencjometru R6, a jego

nachylenie przy pomocy rezystora R7. Początek drugiego odcinka łamanej wyznacza się przy pomocy potencjometru R10, a jego nachylenie potencjometrem R16. Analogicznie postępuje się przy ustawianiu trzeciego odcinka łamanej za pomocą potencjometrów R9 i R17. Wartość napięcia wyjściowego członu odwzorowania 10 ustala wielkość ograniczenia sygnału wyjściowego regulatora prędkości 2, a zatem maksymalną wartość zadaną prądu twornika.

Ochronę silnika 4 przed utknięciem realizuje się za pomocą dyskryminatora całkującego 11, na którego wejście WE6 wprowadza się sygnał tachogeneratora 3. Rezystancja R21 jest wielokrotnie większa od rezystancji R22. Dla zerowych wartości sygnałów wejściowych sygnał wyjściowy integratora W5 jest równy ujemnemu napięciu ograniczenia, a sygnał wyjściowy dyskryminatora 11 jest równy zero. Dla sygnału prądowego mniejszego od wartości progowej, nastawionej przy pomocy potencjometru R26, sygnał wyjściowy integratora W5 nie ulega zmianie bez względu na wielkość sygnału prędkości. Po przekroczeniu przez sygnał prądu nastawionej wartości progowej, sygnał wyjściowy jest uzależniony od sygnału prędkości. Jeżeli sygnał prędkości jest różny od zera, to sygnał wyjściowy integratora W5 pozostaje bez zmian, gdyż moduł sygnału prędkości dodaje się do sygnału z potencjometru R26 z wielokrotnie większą wagą niż odejmuje się od niego sygnał prądu.

Natomiast jeżeli sygnał prędkości jest równy zero, to sygnał wyjściowy integratora W5 zaczyna narastać od ujemnej wartości napięcia ograniczenia do wartości dodatnich. Z chwili, gdy napięcie wyjściowe integratora W5 przekroczy zero, na wyjściu dyskryminatora 11 pojawia się sygnał dodatni, który powoduje zadziałanie członu wykonawczego 12.

Czas, od chwili wystąpienia utknięcia silnika 4, kiedy prąd twornika przekracza nastawioną wartość progową przy sygnale prędkości, równym zero, do chwili zadziałania członu wykonawczego 12 jest równy czasowi narastania sygnału wyjściowego integratora W5 od wartości ujemnego ograniczenia do zera i może być regulowany wielkością tego ograniczenia, to jest za pomocą potencjometru R27. Człon wykonawczy 12 podaje na wejście regulatora prądu 5 sygnał o znaku przeciwnym do znaku sygnału zadającego prąd, co powoduje wysterowanie przekształtnika 9 w kierunku zmniejszenia prądu twornika do zera.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób regulacji napędu przekształtnikowego, nienawrotnego, z szeregową regulacją prędkości i prądu oraz z dwustrefową, astatyczną regulacją prędkości, znamienny tym, że wartość stałej całkowania błędu prędkości uzależnia się od wartości sygnału zadającego prąd i zmienia się dyskretnie co najmniej w dwóch przedziałach w funkcji tego sygnału, przy czym wzrostowi sygnału zadającego prąd powyżej wybranej wartości progowej odpowiada zmniejszenie wartości stałej całkowania,

ponadto na wejście, wyznaczające poziom nasycenia wzmacniacza regulatora prędkości wprowadza się sygnał odwzorowujący charakterystykę obciążalności silnika w funkcji prędkości obrotowej, a w stanie utknięcia, w którym prędkość obrotowa silnika jest równa zero i równocześnie prąd twornika jest większy od wybranej wartości, do sygnału zadającego prąd dodaje się po upływie odpowiednio dobranego czasu sygnał o przeciwnym znaku w celu wysterowania przekształtnika w kierunku zmniejszenia prądu twornika do zera.

2. Układ regulacji napędu przekształtnikowego, nienawrotnego, z szeregową regulacją prędkości i prądu oraz z dwustrefową, astatyczną regulacją prędkości, zawierający zadajnik, połączony z wejściem regulatora prędkości, którego drugie wejście jest połączone z tachogeneratorem, sprzężonym z silnikiem, zaś wyjście regulatora prędkości jest połączone z wejściem regulatora prądu, którego drugie wejście jest połączone poprzez przetwornik sygnału prądowego z przekładnikami prądowymi, włączonymi w obwód zasilania mostka tyrystorowego przekształtnika, przy czym wyjście regulatora prądu jest połączone poprzez sterownik z obwodami bramkowymi mostka tyrystorowego przekształtnika w obwodzie twornika silnika, **znamienny tym**, że z wejściem ograniczenia regulatora prędkości (2) jest połączone wyjście członu odwzorowania charakterystyki obciążalności silnika (10), przy czym wejście tego członu (10) jest połączone z tachogeneratorem (3), połączonym również z jednym z dwu wejść dyskryminatora całkującego (11), którego drugie wejście jest połączone z przetwornikiem sygnału prądowego (6), natomiast jego wyjście jest połączone poprzez człon wykonawczy (12) z dodatkowym wejściem regulatora prądu (5).

3. Układ według zastrz. 2, **znamienny tym**, że regulator prędkości (2) zawiera dodatkowy kondensator (C2), połączony jednym końcem z wyjściem wzmacniacza (W1) a drugim końcem z rezystorem (R2) oraz poprzez łącznik (Ł1), najkorzystniej złożony z tranzystorów polowych, ze wspólnym punktem rezystora (R1) i kondensatora (C1) w obwodzie sprzężenia zwrotnego wzmacniacza (W1), przy czym drugi koniec rezystora (R2) jest połączony z masą układu poprzez łącznik (Ł2), najkorzystniej złożony z tranzystorów polowych, zaś z wyjściem wzmacniacza (W1) jest połączony

dyskryminator progowy (21), którego wyjścia są połączone z łącznikami (Ł1) i (Ł2), ponadto pomiędzy wejściem i wyjściem wzmacniacza (W1) jest włączony obwód ograniczenia (22) amplitudy sygnału wyjściowego, złożony z diody (D1) i tranzystora (T1), którego baza jest połączona z suwakiem potencjometru (R3), włączonego między masę i ujemny biegun zasilania.

4. Układ według zastrz. 2, **znamienny tym**, że wejście (WE4) członu odwzorowania charakterystyki obciążalności silnika (10) jest połączone poprzez rezystor (R4) z wejściem odwracającym wzmacniacza (W2), które jest również połączone poprzez rezystor (R5) z suwakiem potencjometru (R6), włączonego między masę i dodatni biegun zasilania, przy czym wzmacniacz (W2) jest objęty sprzężeniem proporcjonalnym, zawierającym rezystor (R7) oraz dwoma obwodami sprzężeń nieliniowych, zawierającymi rezystory (R8 i R9), włączone pomiędzy wejście wzmacniacza (W2) i suwaki potencjometrów (R10 i R11), których jedne końce są połączone z masą, a drugie końce są połączone z katodami diod (D2 i D3), zaś anody tych diod (D2 i D3) są połączone poprzez rezystory (R12 i R13) z wyjściem wzmacniacza (W2) i poprzez rezystory (R14 i R15) z suwakami potencjometrów (R16 i R17), włączonych pomiędzy masę i ujemny biegun zasilania, ponadto wyjście wzmacniacza (W2) jest połączone poprzez diodę (D4) i rezystor (R18) z wejściem dodatnim wzmacniacza proporcjonalnego (W3), którego wejście odwracające jest połączone poprzez rezystor (R19) z suwakiem potencjometru (R20), włączonego między masę i dodatni biegun zasilania, zaś wyjście wzmacniacza (W3) jest wyjściem (WY2) członu odwzorowania (10).

5. Układ według zastrz. 2, **znamienny tym**, że dyskryminator całkujący (11) ma jedno wejście (WE5) połączone poprzez rezystor (R21) z wejściem wzmacniacza proporcjonalnego (W4), a drugie wejście (WE6) jest połączone poprzez diodę (D5) i rezystor (R22) z wejściem wzmacniacza (W4) oraz poprzez diodę (D6) i rezystor (R23) z wejściem integratora (W5), które jest również połączone poprzez rezystor (R24) z wyjściem wzmacniacza (W4), a poprzez rezystor (R25) z suwakiem potencjometru (R26), natomiast wyjście integratora (W5) jest połączone poprzez diodę (D7) z wyjściem (WY) dyskryminatora (11).

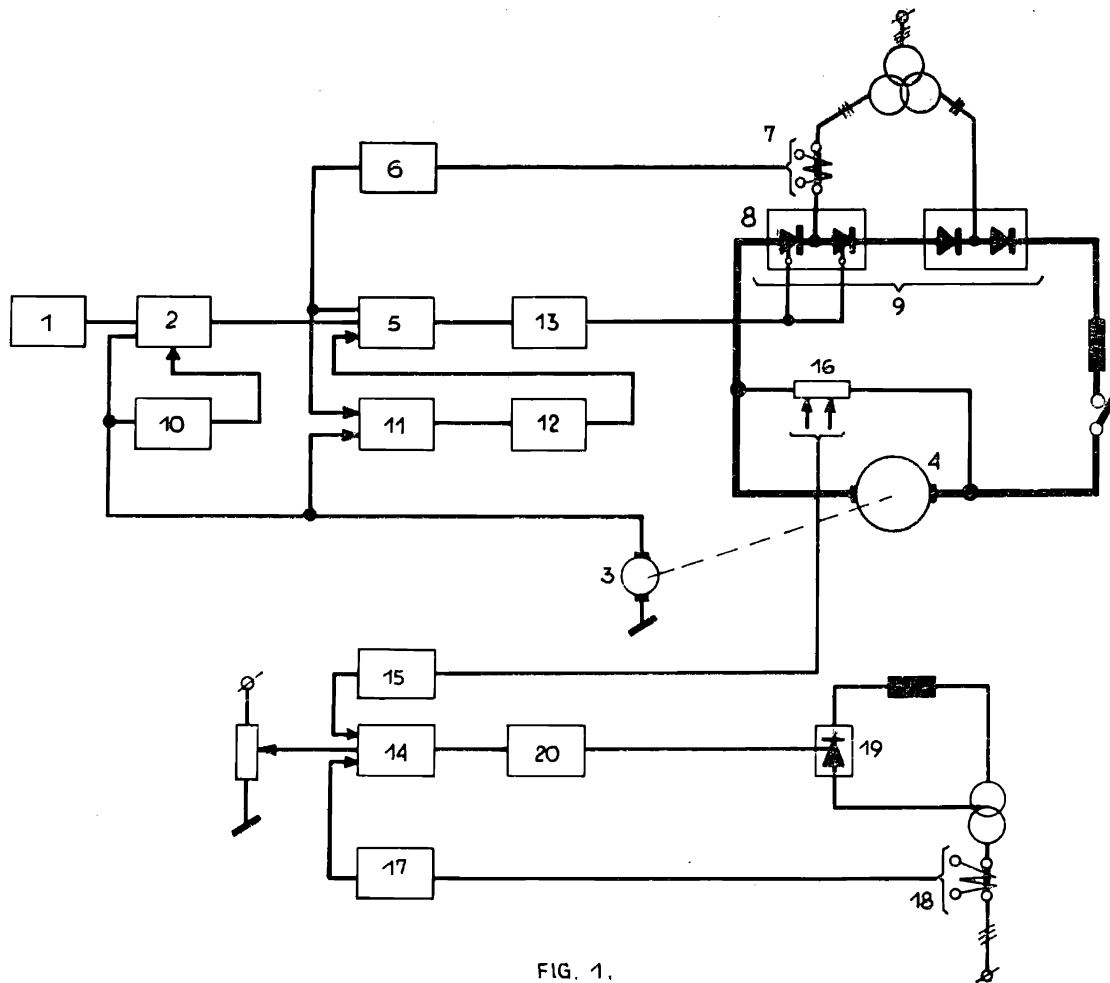


FIG. 1.

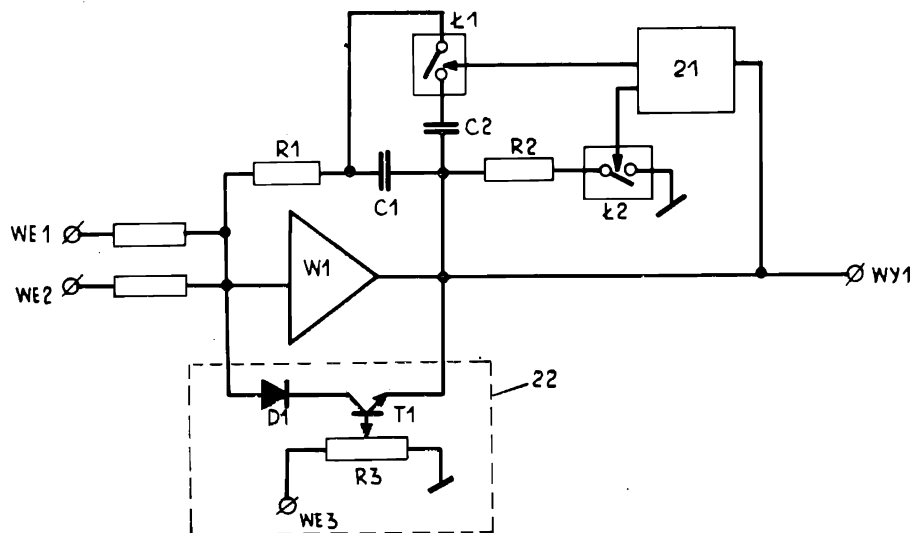


FIG. 2.

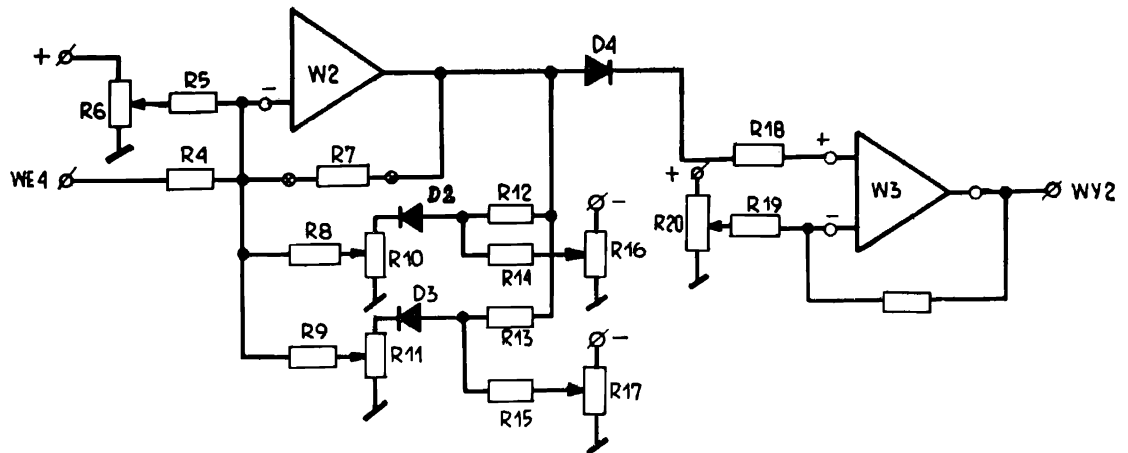


FIG. 3.

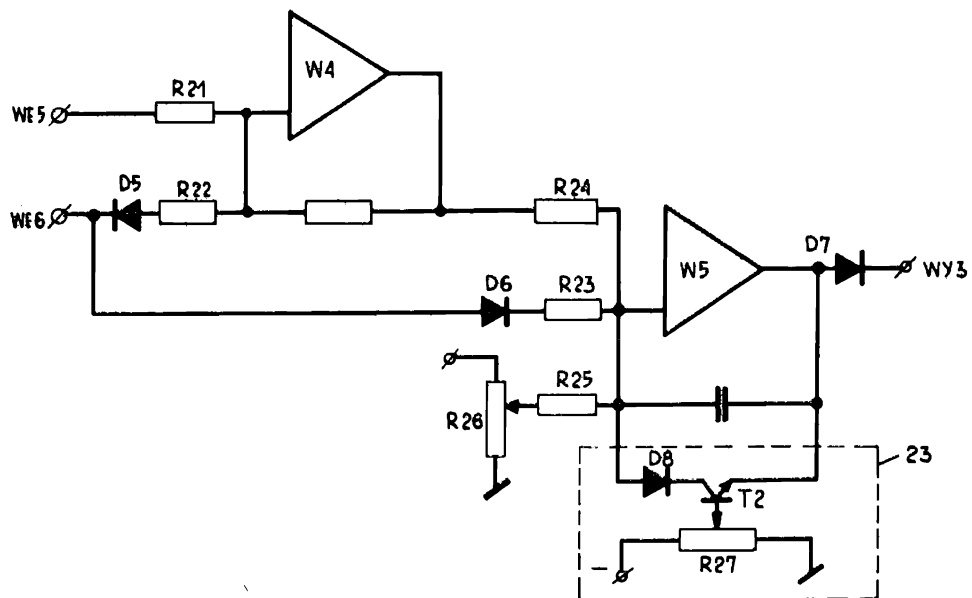


FIG. 4.