

2 078 10 18...
U.P. PRL

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

60 759

Patent dodatkowy
do patentu _____

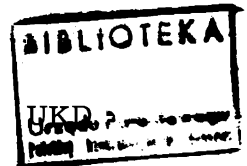
Zgłoszono: 23.I.1967 (P 118 641)

Pierwszeństwo: 25.I.1966 Austria

Opublikowano: 15.IX.1970

Kl. 21 d², 14/02

MKP H 02 m, 5/00



Właściciel patentu: Elin — Union Aktiengesellschaft für Elektrische Industrie, Wiedeń (Austria)

Sposób sterowania położenia fazowego impulsów wyzwających elektrycznie sterowane prostowniki obciążeniowego przemiennika częstotliwości przy zmiennych częstotliwościach roboczych

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób sterowania położenia fazowego impulsów wyzwających elektrycznie sterowane prostowniki obciążeniowego przemiennika częstotliwości przy zmiennych częstotliwościach roboczych.

Przemiennik częstotliwości uważa się zazwyczaj za obciążeniowy, gdy zarówno częstotliwość jak też kształt krzywej napięcia wyjściowego lub prądu wyjściowego są określone nie przez przemiennik częstotliwości, lecz przez jego obciążenie. Zachodzi to wówczas, gdy przemiennik częstotliwości przekazuje energię z jednego obwodu do drugiego, przy czym w drugim obwodzie współbieżne generatory synchroniczne określają kształt krzywej. Rozwiązania takie są znane z literatury fachowej.

Obciążeniowym można nazwać również taki przemiennik częstotliwości, którego obciążeniem jest tłumiony obwód rezonansowy, zasilany w ten sposób, że zostaje pobudzony do drgań w przybliżeniu z częstotliwością rezonansową, a przebieg prądu względnie napięcia jest określony przez ten obwód rezonansowy. Sposób według wynalazku odnosi się zwłaszcza do tego przypadku.

Znane są urządzenia, w których starano się poprawić komutację zaworów przemiennika częstotliwości przez przesunięcie czasu wyzwania impulsów.

W przypadku przemienników obciążeniowych do nagrzewania indukcyjnego prawie zawsze mamy

2

do czynienia z obciążeniami o dużej indukcyjności, w których prąd bierny musi być skompensowany przez odpowiedni kondensator równoległy.

Uzwojenie obciążenia i kondensator do poprawy współczynnika mocy tworzą stosunkowo słabo tłumiony równoległy obwód rezonansowy i określają częstotliwość roboczą. Z wielu względów jest bardzo korzystne, gdy częstotliwość przemiennika częstotliwości zasilającego to obciążenie jest regulowana, ponieważ głębokość wnिकania pola cewki indukcyjnej powinna być w odpowiednim stosunku do wymiarów nagrzewanego wsadu, a ponadto gdy przemiennik zasilający może swoją częstotliwością wyjściową nadążać za zmianami częstotliwości rezonansowej obciążeniowego obwodu rezonansowego, odpada konieczność dokładnego zrównoważenia kondensatora do poprawy współczynnika mocy.

Na fig. 1A przedstawiony jest znany, podstawowy układ falownika, który zasila obciążeniowy obwód rezonansowy. W układzie tym, regulowane źródło 101 napięcia stałego przyłączone jest poprzez dławik 102 w przekątną mostka złożonego z elektrycznie sterowanych prostowników 103, 104, 105, 106, na przykład tyrystorów, przy czym do drugiej przekątnej mostka przyłączone jest połączenie równoległe cewki obciążeniowej 107 i kondensatora 108 służącego do poprawienia współczynnika mocy.

Jedną z najważniejszych zalet przemiennika częstotliwości niezależnie od tego, czy jest on wyposażony w tyrystory czy też w inetryny, jest to, że częstotliwość wyjściowa może być dowolnie wybrana w dużym zakresie od 0 do około 5000 Hz.

Wiadomo, że w tego typu przemiennikach częstotliwości, prąd wyjściowy musi być przesunięty fazowo w stosunku do napięcia wyjściowego przynajmniej o taki odstęp czasu, który jest potrzebny jako czas przerwy w pracy elektrycznie sterowanych prostowników. Jako czas przerwy należy rozumieć czas od zmiany kierunku prądu aż do zmiany kierunku napięcia. Czas wyłączenia, musi być zawsze dłuższy niż czas przerwy, właściwy dla zastosowanego rodzaju prostownika.

Czas wyłączenia w układzie takim rozpoczyna się od wyzwolenia elektrycznie sterowanych prostowników, danej grupy (punkt c względnie f, patrz fig. 2) i kończy się przejściem napięcia wyjściowego przez wartość zerową (punkt d względnie a, fig. 2). Przez wyzwolenie tych prostowników na chwilowo przewodzących prostownikach występuje napięcie zaporowe. Różnicę czasu pomiędzy wyzwoleniem prostowników a przejściem napięcia wyjściowego przez wartość zerową, określa się jako przerwę w czasie trwania napięcia zaporowego (c-d względnie f-a, fig. 2). Ponieważ w czasie tej przerwy do obwodu rezonansowego nie jest dostarczana energia, przerwa ta powinna być możliwie jak najkrótsza.

Z powyższego wynika konieczność utrzymywania impulsów wyzwalających elektrycznie sterowane prostowniki w określonej zależności fazowej od napięcia wyjściowego. Jest to trudne zwłaszcza wtedy, gdy częstotliwość jest zmienna, gdy drgania obwodu obciążeniowego są wzbudzone tylko raz w momencie rozruchu, a przemiennik częstotliwości musi natychmiast doprowadzić energię na przykład do obwodu rezonansowego, ponieważ w przeciwnym wypadku amplituda maleje poniżej dopuszczalnego minimum. Dalsza trudność polega na tym, że częstotliwość, z którą obwód rezonansowy rozpoczyna drgania, nie jest znana.

Celem wynalazku jest stworzenie takiego sposobu sterowania położenia fazowego impulsów wyzwalających elektrycznie sterowane prostowniki obciążeniowego przemiennika częstotliwości, który pokona opisane trudności i zapewni pewną pracę przemiennika.

Sposób według wynalazku polega na tym, że w każdym półokresie przebiegu napięcia wyjściowego przemiennika mierzy się odstęp czasu pomiędzy przejściem tego napięcia przez wartość zerową a jego przejściem przez wartość maksymalną po czym pomiar ten rejestruje się. Następnie za pomocą elementów liczących na podstawie informacji zawartych w rejestrze, ustala się odstęp czasu stanowiący część trwania ćwiartki okresu, po którym następny impuls wyzwalający, po przejściu przez wartość maksymalną, podaje się na wyzwalany, elektrycznie sterowany prostownik.

Następnie ustala się odstęp czasu pomiędzy czasem zarejestrowania impulsu wyzwalającego a kolejnym przejściem napięcia wyjściowego przez punkt zerowy, oraz odstęp czasu, w którym na

elektrycznie sterowanym prostowniku występuje napięcie zaporowe, a który to odstęp czasu stanowi wartość rzeczywistą czasu trwania napięcia zaporowego i wytwarza się napięcie proporcjonalne do tego odstępu czasu, lub będące z nim w ustalonej zależności funkcyjnej i wytwarza się napięcie regulacyjne.

Za pomocą tego napięcia regulacyjnego zmienia się treść informacyjną rejestru za pomocą elementów przełączających, przez co zmienia się czas wyzwolenia następnego impulsu.

Napięcie regulacyjne tworzy się z napięcia proporcjonalnego do różnicy wartości napięcia reprezentującego rzeczywisty czas trwania napięcia zaporowego i wartości napięcia odpowiadającego żadanemu czasowi trwania napięcia zaporowego lub pozostającego z tą różnicą w ustalonej zależności funkcyjnej. Za pomocą napięcia regulacyjnego oddziałuje się na odstęp czasu od przejścia napięcia wyjściowego przez wartość maksymalną aż do chwili zarejestrowania impulsu wyzwalającego, w ten sposób, że na elektrycznie sterowanych prostownikach istnieje przez wystarczający, jednak minimalny czas napięcie zaporowe, przez co prostowniki te są dobrze wykorzystane również przy częstotliwości zmieniającej się.

Za pomocą sposobu według wynalazku, przez ujęcie przejścia prądu przez wartość zerową i przejścia przez wartość maksymalną napięcia wyjściowego przemiennika częstotliwości, uzyskuje się taki odstęp czasu od przejścia napięcia przez wartość maksymalną do chwili wyzwolenia, dla którego czas trwania napięcia zaporowego ma prawidłową wartość. Czas trwania napięcia zaporowego jest zależny od przerwy w pracy zastosowanych prostowników. Do stosowania sposobu według wynalazku przewidziany jest nadajnik czasu trwania napięcia zaporowego, w którym nastawia się minimalną wartość czasu trwania napięcia zaporowego, odpowiednią do zastosowanych prostowników. Według wynalazku, dla każdego półokresu napięcia wyjściowego ustala się na nowo odstęp czasu od przejścia napięcia przez wartość maksymalną do zarejestrowania impulsu wyzwalającego, co umożliwi optymalne działanie przemiennika częstotliwości.

W sposobie według wynalazku, wyzwolenie elektrycznie sterowanych prostowników następuje o ćwiartkę okresu — to jest o odstęp czasu pomiędzy przejściem napięcia przez zero a przejściem napięcia przez wartość maksymalną, po maksymalnym napięciu, przy czym ten odstęp czasowy jest jeszcze regulowany w celu uzyskania minimalnego dopuszczalnego czasu trwania napięcia zaporowego.

Obciążeniowy przemiennik częstotliwości, wyposażony w urządzenie sterujące, ma w stosunku do dotychczas znanych przemienników duże zalety. Czas trwania napięcia zaporowego może być regulowany odpowiednio do typu zastosowanych prostowników, korzystnie tyrystorów, na dopuszczalną wartość minimalną, przy czym w czasie działania, w razie potrzeby następuje jeszcze regulacja automatyczna, co zapewnia dobre wykorzy-

stanie tych prostowników. Ponadto na skutek wytworzenia impulsów wyzwających na podstawie przejść z napięcia wyjściowego przez wartość zerową i przez wartość maksymalną w połowie okresu tego napięcia, zmilany częstotliwości w czasie pracy nie powodują żadnych zakłóceń.

Przedmiot wynalazku jest wyjaśniony na podstawie rysunku, na którym fig. 1A przedstawia znany, podstawowy układ falownika, fig. 1 przedstawia przemiennik częstotliwości na tyrystorach, fig. 2 przedstawia zależność fazową pomiędzy napięciem wyjściowym przemiennika częstotliwości a impulsami wyzwającymi tyrystory, fig. 3 przedstawia schemat całości urządzenia sterującego, fig. 4 przedstawia schemat nadajnika czasu trwania napięcia zaporowego, fig. 5 przedstawia schemat końcowego wzmacniacza.

W układzie przedstawionym na fig. 1, urządzenie **A** służy do wykrywania w obwodzie rezonansowym przejść prądu przez wartość zerową. Urządzenie **A** wytwarza na tej podstawie impulsy szpilkowe i wzmacnia je. Urządzenie **B** służy do wykrywania w obwodzie rezonansowym przejść przebiegu napięcia przez wartość zerową. Urządzenie **B** wytwarza na tej podstawie impulsy szpilkowe i wzmacnia je. Ponadto układ zawiera nadajnik **C** czasu trwania napięcia zaporowego, którego układ przedstawiony na fig. 4 i którego działanie jest opisane w dalszej części opisu. Właściwe sterujące urządzenie **D** jest szczegółowo przedstawione na fig. 3 i jest omówione w dalszej części opisu.

Końcowy wzmacniacz **E** (przedstawiony na fig. 5) służy do przekazywania impulsów wyzwających na tyrystory. Właściwy przemiennik częstotliwości składa się z regulowanego prostownika **F**, zasilanego na przykład z sieci trójfazowej, który dostarcza regulowany prąd stały do falownika **G**, z czterema tyrystorami **Th 1 — Th 4** w układzie mostkowym, które są wyzwane grupowo (**Th 1** i **Th 4** lub **Th 2** i **Th 3**). W obciążeniowym rezonansowym obwodzie **H**, będącym równoległym połączeniem indukcyjnego odbiornika **g**, na przykład cewki pieca indukcyjnego i kondensatora **h** obwodu rezonansowego znajduje się przekładnik prądowy **i** oraz przekładnik napięciowy **k**, przeznaczony do celów sterowania.

Na fig. 2 przedstawiona jest zależność fazowa, która musi wystąpić pomiędzy wyjściowym napięciem **I** falownika a impulsami wyzwającymi **II** i **III** tyrystorów.

Układ do stosowania sposobu według wynalazku przedstawiony na fig. 1 zawiera właściwe sterujące urządzenie **D** (fig. 3), końcowy wzmacniacz **E** (fig. 5) i nadajnik **C** czasu trwania napięcia zaporowego (fig. 4). Te trzy urządzenia są zasilane w źródła prądu stałego o napięciach $-6V$, 0 , $+6V$ i $41V$ przez zaciski przyłączeniowe, oznaczone zgodnie z poszczególnymi napięciami. Zacisk **9** (fig. 3) i zacisk **14** (fig. 5) są ze sobą połączone i może być do nich doprowadzony potencjał dodatni, ustalający punkty pracy tranzystorów. Ponadto pomiędzy urządzeniem sterującym **D** (fig. 3) a wzmacniaczem końcowym **E** (fig. 5) istnieją następujące połączenia. Zacisk **10** jest połączony z

zaciskiem **13**, zacisk **11** jest połączony z zaciskiem **12**, zacisk **7** jest połączony z zaciskiem **15** a zacisk **8** z zaciskiem **16**. Z nadajnika **C** czasu trwania napięcia zaporowego (fig. 4) doprowadza się przez zacisk **20** i zacisk **6** (fig. 3) napięcie regulacyjne do urządzenia sterującego **D**. Ponadto połączone są ze sobą zacisk **21** (fig. 4) i zacisk **5** (fig. 3).

Sposób działania układu z fig. 1 jest następujący. Urządzenie **A** wykrywa przejścia prądu przez wartość zerową w obciążeniowym obwodzie rezonansowym **H** za pomocą umieszczonego w tym obwodzie przekładnika prądowego **i**, przy czym przejścia prądu przez wartość zerową występują w momentach, w których napięcie wyjściowe przemiennika częstotliwości osiąga wartość maksymalną. Na podstawie przejść prądu w obciążeniowym obwodzie rezonansowym przez wartość zerową wytwarzane są w urządzeniu **A** ujemne impulsy szpilkowe, które po wzmacnieniu doprowadzane są do urządzenia sterującego **D** na wejście **1** lub **2**.

Urządzenie **B** wykrywa przejścia napięcia wyjściowego przemiennika częstotliwości przez wartość zerową za pomocą podłączonego do obwodu rezonansowego **H** przekładnika napięciowego **k** i wytwarza ujemne impulsy szpilkowe, doprowadzane następnie do urządzenia sterującego **D** na wejście **3** lub **4**. Dla dalszego przetwarzania tych impulsów jest obojętne, czy pochodzą one od dodatniej czy też ujemnej połowy fali napięcia wyjściowego.

Jak już wspomniano, celem sposobu według wynalazku jest to, aby przez pomiar czasu trwania ćwiartki okresu napięcia wyjściowego przemiennika częstotliwości, uzyskać wielkość pomiarową i doprowadzić ją do rejestru, a na podstawie treści informacji rejestru ustalić odstęp czasowy, po którym, po przejściu napięcia wyjściowego przez wartość maksymalną, następuje podanie impulsu wyzwającego na elektrycznie sterowane prostowniki. Sposób w jaki następuje ładowanie i wyładowanie kondensatora **C4**, służącego jako rejestr, oraz rozwiązanie wyzwania, objaśnione jest na podstawie rysunku.

Gdy przemiennik częstotliwości nie pracuje, obydwie dwustabilne multiwibratory składające się z tranzystorów **T1**, **T2**, względnie **T5**, **T6** (fig. 3), są ustalone w położeniu spoczynkowym przez doprowadzenie do baz tranzystorów **T1** i **T6** potencjału dodatniego przez opornik **R8** i diodę **D5**, lub przez opornik **R29** i diodę **D10**, oraz przez zacisk **9** urządzenia **D** (fig. 3). Potencjał ten utrzymuje tranzystory **T1** i **T6** w stanie przewodzenia. Na krótko przed uruchomieniem przemiennika częstotliwości, dodatni potencjał zostaje odłączony od zacisku **9**, jednak multiwibratory pozostają nadal w swoim położeniu wyjściowym i tranzystory **T1** i **T6** przewodzą.

Przez przewodzący tranzystor **T1** (fig. 3) na diodę **D6** przyłożone jest napięcie zaporowe około $6V$ (z zacisku $+41V$ przez opornik **R18** i diodę **D6a**). Tranzystor **T3** w tym czasie nie przewodzi. Ponieważ tranzystory **T2** i **T5** nie przewodzą, napięcie bazy tranzystora **T7** określone przez prąd przepływający przez opornik **R24**, opornik **R25**, kondensator **C5** i przez opornik **R22** oraz przez

prąd przepływający przez opornik **R28**, uzyskuje wartość większą niż $+6V$, a więc tranzystor **T7** przewodzi, w wyniku czego następuje wyładowanie kondensatora **C4**.

Napięcie emitera tranzystora **T7** jest tylko o kilka dziesiątych wolta mniejsze niż napięcie bazy i wynosi powyżej $+6V$ — a tym samym blokuje diodę **D8**. Nie uwzględniając chwilowo małego prądu bazy i tranzystora **T7**, cały prąd przechodzący przez opornik **R28** zaczyna płynąć przez kolektor tranzystora **T7** jako prąd wyładowania członu **RC**, składającego się z opornika **R18** i kondensatora **C4**. Trwa to tak długo, co ma miejsce w momencie rozruchu, jak długo dioda **D9** nie przewodzi.

Gdy napięcie kolektora tranzystora **T7** osiągnie taką wartość, przy której na tranzystor za tym występuje tylko napięcie nasycenia, wówczas prąd bazy wzrasta, a napięcie bazy a z nim również napięcie emitera i kolektora spada aż do momentu gdy napięcie emitera osiągnie taką wartość, przy której dioda **D8** zaczyna przewodzić, co kończy wyładowanie kondensatora **C4**.

Przy pierwszym przejściu napięcia obwodu rezonansowego przez wartość zerową na wejściu 3 lub 4 urządzenia sterującego **D** (fig. 3) przychodzi ujemny impuls szpilkowy, który przechodząc przez kondensator **C6** i diodę **D11** lub przez kondensator **C7** i diodę **D12** zmniejsza napięcie i równocześnie wprowadza tranzystor **T5** w stan przewodzenia za pomocą oporników **R19** i **R23**. Gdy tranzystor **T5** przewodzi prąd do bazy tranzystora **T7** przez opornik **R21**, co powoduje obniżenie napięcia bazy tranzystora **T7** i zablokowanie go.

Ponieważ tranzystor **T3** ciągle jeszcze nie przewodzi a tranzystor **T1** jeszcze przewodzi, kondensator **C4** jest bez przeszkód ładowany przez opornik **R18**, aż do chwili gdy przy przejściu napięcia w obwodzie rezonansowym przez wartość maksymalną co pokrywa się w czasie z przejściem prądu przez wartość zerową na wejściu 1 lub 2 urządzenia **D** pojawi się ujemny impuls szpilkowy, który przechodząc przez kondensator **C1** i diodę **D3** lub przez kondensator **C2** i diodę **D4** zmniejsza napięcie bazy tranzystora **T5** i wprowadza go w stan nieprzewodzenia. Gdy tranzystor **T1** nie przewodzi napięcia bazy tranzystora **T2** zostaje zwiększone za pomocą opornika **R10** i tranzystor **T1** przewodzi. Gdy tranzystor **T5** nie przewodzi, napięcie bazy tranzystora **T6** zostaje zwiększone za pomocą opornika **R26** i tranzystor **T6** przewodzi.

Tranzystor **T7** jeszcze nie przewodzi a prąd płynie teraz przez opornik **R17** a nie przez opornik **R21**, ponieważ tranzystor **T5** nie przewodzi. Do emitera tranzystora **T3** doprowadza się z zależnego od napięcia opornika **R5** poprzez diodę **D6** prąd, który odpowiada napięciu bazy tranzystora **T3** i napięciu kondensatora **C4** służącego jako rejestr. Prąd ten wprowadza tranzystor **T3** w stan przewodzenia i rozpoczyna się ładowanie kondensatora **C3**. Po okresie czasu odwrotnie proporcjonalnym do czasu dopływu prądu do tranzystora **T3**, napięcie kondensatora **C3** osiąga wartość napięcia wyzwalającego tranzystor **T4** o podwójnej bazie, po czym ten tranzystor zaczyna przewodzić i roz-

ładowuje kondensator **C3** poprzez opornik **R14**. Oporniki **R12** i **R13** służą do ustawienia punktu pracy tranzystora **T4**.

Spowodowany przez prąd wyładowania kondensatora **C3** spadek napięcia na oporniku **R14**, wprowadza tranzystor **T9** na krótki okres czasu w stan przewodzenia, przez co tranzystor **T2** przez obniżenie napięcia bazy za pomocą opornika **R16** i diody **D7** zostaje wprowadzony w stan nieprzewodzenia, a przez doprowadzenie poprzez oporniki **R6** i **R9** dodatniego potencjału na bazę od tranzystora **T1** tranzystor ten zaczyna przewodzić. Tranzystory **T2** i **T5** nie przewodzą a tranzystor **T7** znowu przewodzi i wyładowuje kondensator **C4**. Tranzystor **T3**, ze względu na przewodzenia tranzystora **T1** i wyładowanie kondensatora **C4** ponownie nie przewodzi i w ten sposób zostaje zamknięty cykl, który rozpoczyna się na nowo ujemnym impulsem szpilkowym na wejściu 3 lub 4.

Na skutek przewodzenia tranzystora **T4** poprzez opornik **R14** zostaje wyładowany kondensator **C3** a tranzystor **T9** przewodził przez krótki okres czasu na skutek spadku napięcia na oporniku **R14**, przez co zostaje zablokowany tranzystor **T2**, na skutek czego tranzystor **T1** przewodzi, a impuls tranzystora **T9** jest doprowadzany poprzez zacisk 10, zacisk 13, kondensator **C11**, diodę **D20** i kondensator **C12**, na wejście dwustabilnego przerzutnika **FF** (fig. 5), który jest przerzucany tymi impulsami.

W przerzutniku **FF** znajdują się dwa tranzystory, z których jeden przewodzi a drugi jest zablokowany. Napięcia wyjściowe tego przerzutnika powodują przewodzenie względnie zablokowanie tranzystora **T18** lub **T19** na skutek obniżenia napięcia bazy, przez co w czasie zablokowania tranzystora **T18** lub **T19** poprzez opornik **R72** i zacisk 17 lub **R76** i zacisk 18 (fig. 5), względnie bezpośrednio lub poprzez niewidoczny na rysunku wzmacniacz, do elektrycznie sterowanych prostowników, korzystnie tyrystorów, przekazywane są impulsy wyzwalające II, III.

Odstęp czasu od przejścia napięcia wyjściowego przemiennika częstotliwości przez wartość maksymalną (punkt **b** na fig. 2), aż do przekazania impulsu wyzwalającego (punkt **c** na fig. 2), zależy od wielkości prądu tranzystora **T3** (fig. 3) ładującego kondensator **C3**, oraz od napięcia na kondensatorze **C4** w czasie ładowania go, w którym to czasie kondensator **C4** jest ładowany poprzez opornik **R18**, a więc od czasu, który upływa od chwili przejścia napięcia wyjściowego przemiennika częstotliwości przez wartość zerową aż do jego przejścia przez wartość maksymalną.

Różnica pomiędzy czasem ładowania kondensatora **C3** (fig. 3) i ćwiartką okresu, przedstawia w przybliżeniu czas, w którym na wygaszanym prostowniku występuje napięcie zaporowe. Czas ten jest nazywany czasem trwania napięcia zaporowego. Trudno jest utrzymać go jako wielkość stałą, zwłaszcza dla małych częstotliwości, ponieważ jest on zbyt mały w stosunku do ćwiartki okresu.

Według wynalazku, zastosowany jest obwód regulacyjny, któremu zadaje się żądany czas trwa-

nia napięcia zaporowego w formie wielkości elektrycznej napięcia lub prądu i czas ten utrzymywany jest przez ten obwód w ustalonej wartości.

Jak wiadomo, tyrystor jest wprowadzany ze stanu zablokowania w stan przewodzenia tylko za pomocą impulsu prądowego przez elektrodę sterującą. Zablokowanie tyrystora za pomocą elektrody sterującej jest niemożliwe bez dodatkowych czynności. Zablokowanie można uzyskać wtedy, gdy wartość prądu tyrystora wynosi 0 — co przy tyrystorach pracujących na obwodach prądu przemiennego zachodził przy przejściu prądu przez wartość zerową — przykładając napięcie zaporowe przynajmniej na okres czasu równy sumie czasu rekombinacji i odstępu czasu, po którym napięcie tyrystora w kierunku przewodzenia osiągnie wartość dodatnią.

W omawianym w opisie układzie napięcie regulacyjne wytwarzane jest przez nadajnik C czasu trwania napięcia zaporowego. Za pomocą wzmacniaczy, które nie są uwidocznione na fig. 4, ponieważ zakłada się, że są znane, tranzystor T10 na skutek podwyższenia napięcia bazy przez zacisk 19, jest wprowadzany w stan przewodzenia w tym okresie czasu, w którym na elektrycznie sterowanym prostowniku przemiennika częstotliwości występuje napięcie zaporowe.

Gdy tranzystor T10 zaczyna przewodzić jednoznacznie multiwibrator na tranzystorach T11 i T12 zostaje uruchomiony za pomocą kondensatora C8, diody D13 i kondensatora C9, a tranzystor T12 jest zablokowany na określony czas, nastawny za pomocą opornika R39 i nastawnego opornika R38 który reprezentuje wartość żadaną czasu trwania napięcia zaporowego. Gdy tranzystor T12 jest zablokowany, napięcie bazy i tranzystora T11 przyłożone przez połączenie oporników R40, R41, R42, zwiększa się i tranzystor T11 zaczyna przewodzić.

Tranzystor T13 (fig. 4) jest zablokowany wtedy i tylko wtedy, gdy tranzystory T10 i T12 równocześnie przewodzą, a więc wtedy, gdy napięcie bazy tranzystora T13 jest obniżone za pomocą oporników R43 i R44, to znaczy w takim czasie, o który rzeczywisty czas trwania napięcia zaporowego jest większy od żadanej wartości czasu trwania napięcia zaporowego. W tym czasie, gdy tranzystor T13 jest zablokowany, kondensator C10 jest ładowany przez opornik R46 i diodę D14, co powoduje wzrost napięcia regulacyjnego na wyjściu 20 nadajnika C i równocześnie na wejściu 6 urządzenia sterującego D.

Tranzystory T14, T15, T16 (fig. 4) przewodzą wtedy i tylko wtedy, gdy tranzystory T10 i T12 równocześnie są zablokowane, to znaczy w tym czasie, o który prawdziwy czas trwania napięcia zaporowego jest mniejszy od żadanej wartości czasu trwania napięcia przeciwdziałającego. Wprowadzenie tranzystora T14 w stan przewodzenia następuje za pomocą dzielnika napięcia utworzonego z oporników R47, R48, R49 przez zwiększenie napięcia bazy tego tranzystora, na skutek zmniejszenia działania bocznikującego zablokowanych obecnie tranzystorów T10 i T12. Diody D15 i D15a uniemożliwiają niepożądane podanie dodatnich potencjałów na dzielnik napięcia.

Gdy tranzystor T14 przewodzi, wówczas poprzez opornik R53 połączony z bazą tranzystora T15 i poprzez opornik R54 połączony z bazą tranzystora T16 doprowadzany jest dodatni potencjał, na skutek czego obydwa tranzystory przewodzą.

W czasie przewodzenia tranzystorów T15 i T16, kondensator C10 jest wyładowany za pomocą prądu przepływającego przez opornik R56 i tranzystor T15, przy czym to samo zachodzi dla kondensatora C4 przez tranzystor T16 i zacisk 21 nadajnika C połączony z zaciskiem 5 urządzenia sterującego D.

W momencie rozruchu przemiennika częstotliwości, doprowadzone do zacisku 6 (baza tranzystora T8) urządzenia sterującego D napięcie regulacyjne jest równe napięciu +6V. Napięcie to jest doprowadzane z diody D17 w nadajniku C poprzez zacisk 20 do zacisku 6.

Jak już podano powyżej, kondensator C4 rozładowuje się w czasie przewodzenia tranzystora T7, co zapewnione jest przy rozruchu na skutek zablokowania tranzystorów T2 i T5. Zależny od napięcia opornik R5 (fig. 3) jest tak nastawiony, że elektrycznie sterowane prostowniki przemiennika częstotliwości otrzymują przy rozruchu napięcie zaporowe na czas, który napewno jest wystarczający do wygaszenia ich. W momencie rozruchu nie zwraca się uwagi na dobre wykorzystanie zatorów.

W czasie pracy przemiennika częstotliwości, napięcie regulacyjne zostaje jednak automatycznie zwiększone tak, aby na sterowanych prostownikach napięcie zaporowe występowało przez dopuszczalny jeszcze, minimalny czas, przez co prostowniki przemiennika częstotliwości są wykorzystane maksymalnie. Jednorazowe odejście od wartości żadanego czasu trwania napięcia zaporowego wywołuje w nadajniku C czasu trwania napięcia zaporowego odpowiednią zmianę napięcia regulacyjnego.

Napięcie regulacyjne z nadajnika C czasu trwania napięcia zaporowego podane przez wyjściowy zacisk 20 na zacisk wejściowy 6 urządzenia sterującego D, wpływa na czas ładowania kondensatora C3, w następujący sposób. Jeżeli baza tranzystora T8 ma potencjał dodatni, a kondensator C4 jest wyładowany przez tranzystor T7, wówczas tranzystor T8 przejmuje prąd od tranzystora T7, przy czym napięcie kondensatora C4 jest nieco mniejsze od napięcia na bazie tranzystora T8. Powoduje to zmniejszenie się napięcia na oporniku R24 a kondensator C5 zmniejsza napięcie bazy tranzystora T7.

Prąd tranzystorów T7 i T8 jest od tego momentu tylko taki, jaki jest potrzebny do utrzymania wymaganego napięcia na oporniku R24. Tym samym prąd bazy tranzystora T8 jest znacznie mniejszy niż w wypadku, gdyby cały prąd podany z opornika R23 musiał być odprowadzony przez tranzystor T8. Napięcie regulacyjne obciążone jest tylko w nieznacznym stopniu. W miarę wzrostu napięcia wyjściowego, którym opornik R18 ładuje kondensator C4, wzrasta również napięcie końcowe tego procesu ładowania i zmniejsza się prąd

ładowania kondensatora C3 płynący przez tranzystor T3.

W miarę wzrostu napięcia regulacyjnego, czas ładowania kondensatora C3 zwiększa się, a równocześnie czas trwania napięcia zaporowego na elektrycznie sterowanych prostownikach jest krótszy.

W praktyce okazało się celowe wygaszenie impulsu wyzwalającego prostowniki na krótko przed ich wygaszeniem, lub wzbudzeniem prostowników drugiej grupy. W tym celu doprowadza się do baz tranzystorów T18 i T19 stopni końcowych (fig. 5) ujemny impuls wyjściowy z kolektora tranzystora T2 urządzenia sterującego D przez zacisk 11 i zacisk 12 oraz przez opornik R65 na bazę tranzystora T17, jako impuls przewodzenia. Za pomocą tranzystora T17 wygasza się impuls wyzwalający tranzystora T18 za pomocą oporników R69 lub R73. Impuls ten występuje w czasie pomiędzy przejściem napięcia wyjściowego przemiennika częstotliwości przez wartość maksymalną a zapłonem innej grupy elektrycznie sterowanych prostowników.

Przed uruchomieniem urządzenia sterującego należy przeprowadzić wstępne nastawienie obydwu dwustabilnych multiwibratorów z tranzystorami T1, T2 względnie T5, T6, doprowadzając dodatni potencjał do zacisku 9. Dla przerzutnika FF należy ustalić pozycję wyjściową, aby wyzwalanie grup elektrycznie sterowanych prostowników następowało po uruchomieniu obwodu rezonansowego we właściwej kolejności.

Napięcie doprowadzane do tranzystorów T1 i T6 przez zacisk urządzenia sterującego D, doprowadzane jest również przez zacisk 14 (fig. 5), diodę D21 i opornik R59 na wejście przerzutnika FF i powoduje, że przerzutnik ten przed rozruchem przemiennika częstotliwości, jest wstępnie nastawiany. Mimo wszystko istnieje jeszcze możliwość, że przerzutnik FF od czasu do czasu zostanie przełączony przez impuls zakłócenia. Wtedy sterowane prostowniki przemiennika częstotliwości musiałyby wypaść z synchronizacji i pobierać energię z obwodu rezonansowego, zamiast doprowadzać energię do niego.

W celu wykluczenia tej możliwości, impulsy szpilkowe wytwarzane w momentach przejścia napięcia wyjściowego przemiennika częstotliwości przez wartość zerową są doprowadzane poprzez zaciski 7 i 8 urządzenia sterującego D i zaciski 15 i 16 (fig. 5) oraz przez diody D24 i D25 do baz tranzystorów przerzutnika FF i sterują je najpóźniej przy przejściu napięcia wyjściowego przemiennika częstotliwości przez wartość zerową we właściwe położenie, o ile nie nastąpiło to już wcześniej za pomocą impulsu sterującego wchodzącego przez zacisk 13 stopnia końcowego. Co prawda, również wówczas, podczas półokresu, pobierana jest energia z obwodu rezonansowego, ponieważ nie następuje wygaszenie sterowanych prostowników, jednak przerzutnik FF pozostaje nadal w fazie dopóki nagromadzona w obwodzie rezonansowym energia wystarcza do zbocznikowania tego półokresu.

W podanym przykładzie wykonania, przy zastosowaniu sposobu według wynalazku, wyzwalanie elektrycznie sterowanych prostowników następuje w takim odstępie czasu po przejściu napięcia przez wartość maksymalną, który jest mniejszy od odstępu czasu pomiędzy poprzednim przejściem napięcia przez wartość zerową a poprzednim przejściem napięcia przez wartość maksymalną, przy czym odstęp ten jest jeszcze regulowany w celu uzyskania minimalnego, jeszcze dopuszczalnego czasu trwania napięcia zaporowego.

Pozostałe elementy uwidocznione na rysunku nie mają znaczenia dla wyjaśnienia działania urządzenia i dlatego nie zostały opisane.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób sterowania położenia fazowego impulsów wyzwalających elektrycznie sterowane prostowniki obciążeniowego przemiennika częstotliwości przy zmiennych częstotliwościach roboczych, **znamienny tym**, że w każdym półokresie przebiegu napięcia wyjściowego przemiennika tworzy się elektryczną wartość proporcjonalną do odstępu czasowego (a — b) lub (d — e) pomiędzy przejściem tego napięcia przez wartość zerową i następującym po nim przejściem przez wartość maksymalną lub posiadającą z tym odstępem czasowym ustalony związek funkcyjny, po czym wartość tę przekazuje się na wejście rejestru i w zależności od treści informacyjnej rejestru ustala się za pomocą elementów liczących czasową przerwę (l), stanowiącą część ówłartki okresu, przez co w stosunku do momentu przejścia napięcia przez wartość maksymalną opóźnia się o ten odstęp czasowy następny impuls wyzwalający elektrycznie sterowane prostowniki.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że w przypadku gdy wartość elektryczna zapisana w rejestrze jest napięciem, ustala się odstęp czasowy (c — d) lub (f — a) pomiędzy czasem zarejestrowania impulsu wyzwalającego a czasem następującego po tym przejścia napięcia wyjściowego przez wartość zerową, po czym odstęp ten jest proporcjonalny do odstępu czasowego, w którym na elektrycznie sterowanym prostowniku występuje napięcie zaporowe, względnie posiada z tym odstępem czasu ustalony związek funkcyjny i na podstawie tej wartości wytwarza się napięcie regulacyjne, które zmienia się w napięcie rejestracyjne, aby w takim stopniu wpłynąć na czas wyzwolenia prostowników w następnej połowie okresu przebiegu napięcia wyjściowego, by na elektrycznie sterowane prostowniki przyłożyć napięcie zaporowe na żądany okres czasu.

3. Sposób według zastrz. 2, **znamienny tym**, że napięcie regulacyjne tworzy się z napięcia proporcjonalnego do różnicy wartości napięcia reprezentującej rzeczywisty czas trwania napięcia zaporowego i wartości napięcia reprezentującej żądany czas trwania napięcia zaporowego, lub pozostającego z tą różnicą w ustalonej zależności funkcyjnej.

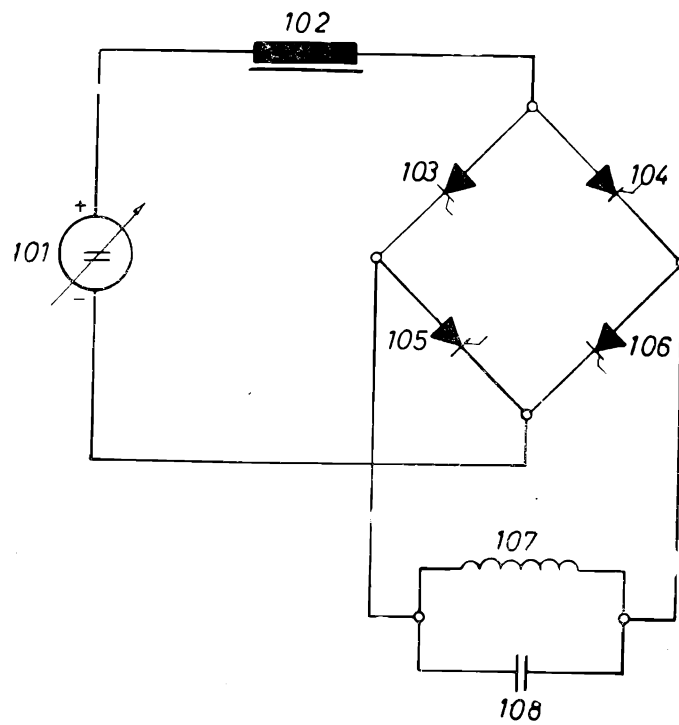
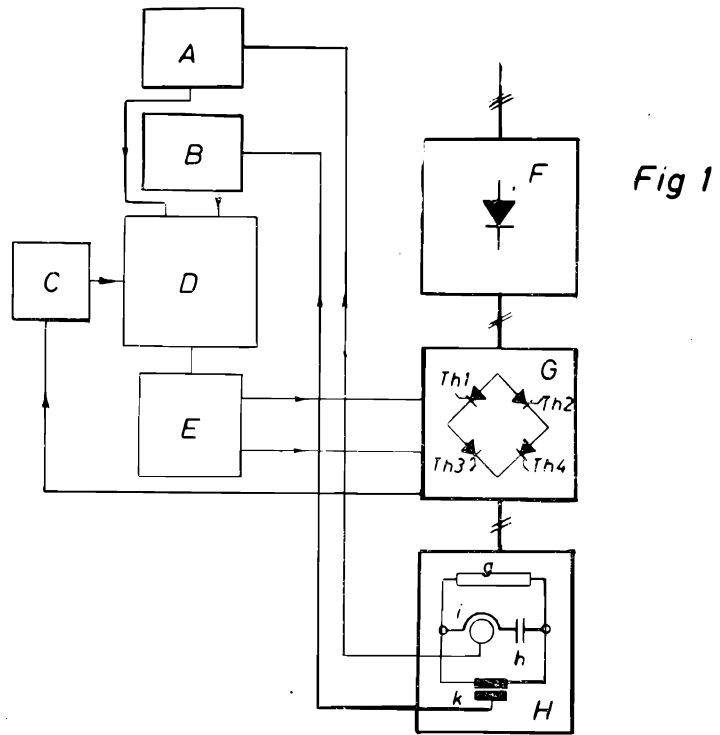


Fig. 2

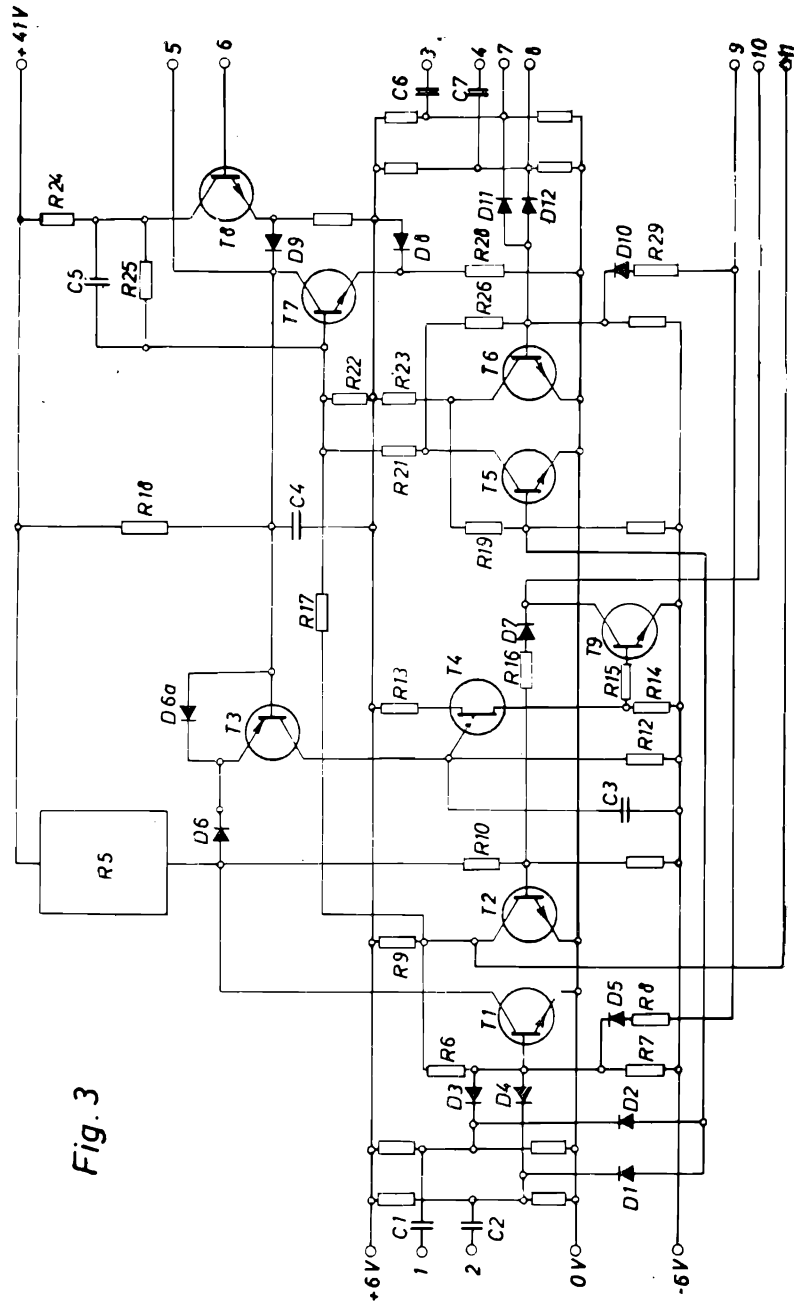
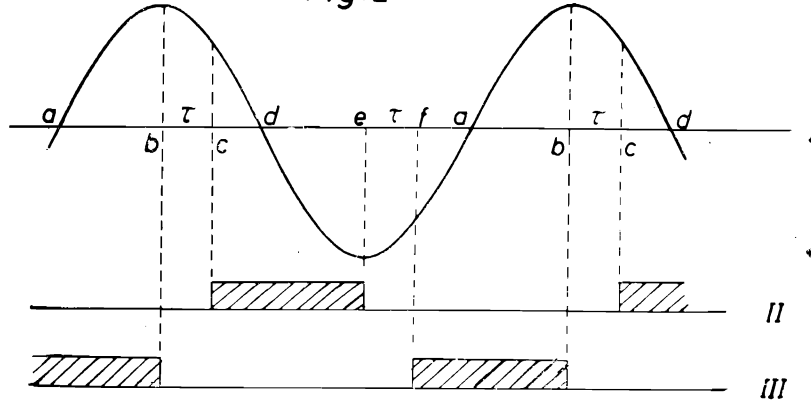


Fig. 3

Fig. 4

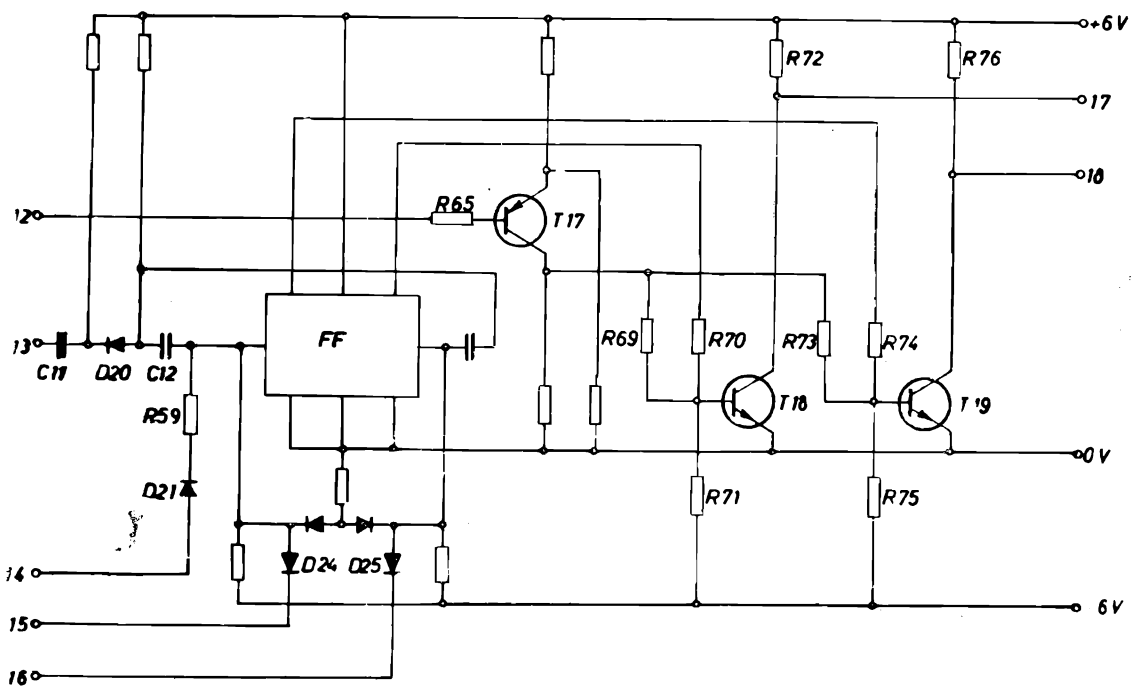
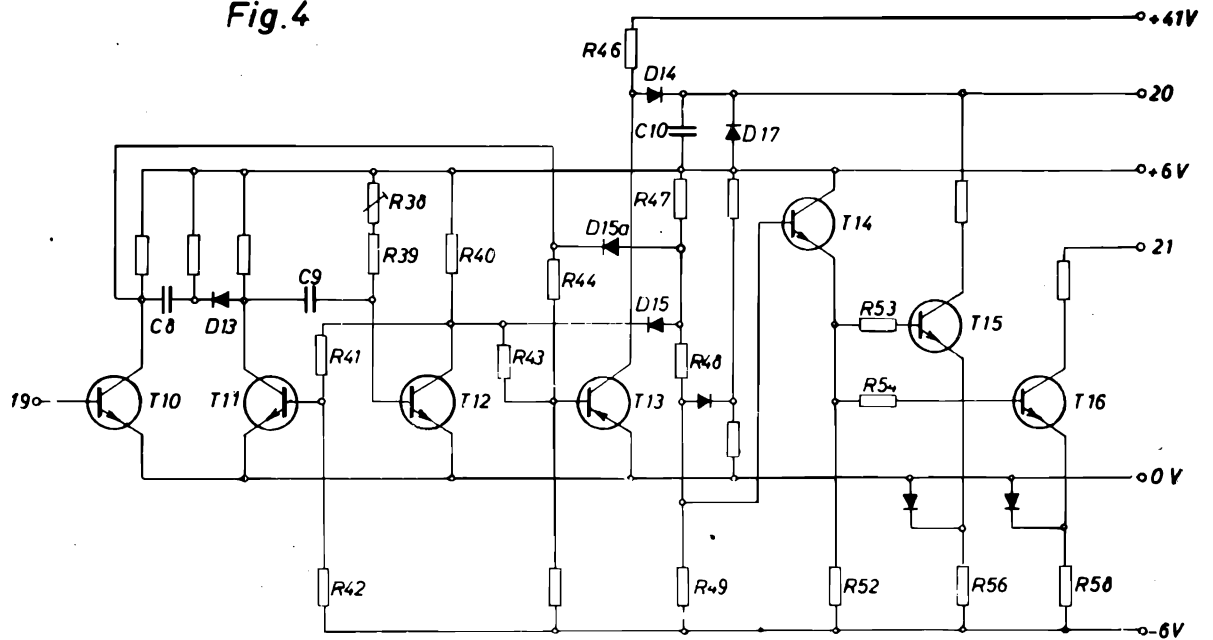


Fig. 5