



Patent dodatkowy
do patentu _____

Zgłoszono: 05.X.1965 (P 111 101)

Pierwszeństwo: _____

Opublikowano: 21.XI.1966

Kl. ^{21e 15/02} ~~21e, 28/01~~

MKP G 01 r ^{15/02}

UKD

BIBLIOTEKA

Współtwórcy wynalazku: mgr inż. Zdzisław Lebień, mgr inż. Mariusz Nieniewski

Właściciel patentu: Instytut Elektrotechniki, Warszawa (Polska)

Półprzewodnikowy układ pomiaru przetężeń oraz zabezpieczenia nadprądowego

1

Przedmiotem wynalazku jest półprzewodnikowy układ pomiaru przetężeń oraz zabezpieczenia nadprądowego, który dostarcza dwóch sygnałów prądu stałego, oddzielonych galwanicznie, z których jeden jest proporcjonalny do przyrostu prądu mierzonego w szynie ponad pewną wartość nastawioną prądu, a drugi zmienia się skokowo od wartości 0 do maksimum po przekroczeniu przez prąd mierzony w szynie innej nastawionej wartości prądu.

Półprzewodnikowy układ pomiaru przetężeń oraz zabezpieczenia nadprądowego znajduje zastosowanie w zautomatyzowanych napędach, układach automatyki, zabezpieczeniach oraz urządzeniach pomiarowych.

Układ według wynalazku może być użyty w tranzystorowym regulatorze napędu prostownikowego prądu stałego, gdzie uzyskuje się dzięki zastosowaniu tego układu zmniejszenie prądu silnika przy przeciążeniach oraz wprowadza bezinercyjną blokadę siatkową, wyłączającą zasilanie silnika w stanach awaryjnych. Możliwe jest również zastosowanie układu według wynalazku w innych napędach prądu stałego np. w układzie Leonarda, napędach ze wzmacniaczami elektromaszynowymi, magnetycznymi, tyratronowymi i tyrystorowymi.

Wadami znanych układów pomiaru prądu w szynie, z obwodem ferromagnetycznym, w szczególności którego jest umieszczony halotron, są: duża

2

bezwładność oraz konieczność wykonania skomplikowanej konstrukcji mechanicznej, podtrzymującej obwód ferromagnetyczny w pobliżu szyny. Ponadto znane układy pomiaru prądu w szynie nie posiadają dwóch wyjść prądu stałego, oddzielonych galwanicznie, z których jedno daje sygnał proporcjonalny do przyrostu prądu w szynie ponad pewną wartość nastawioną, a drugie daje sygnał informujący o przekroczeniu przez prąd w szynie pewnej innej wartości nastawionej. Półprzewodnikowy układ pomiaru przetężeń oraz zabezpieczenia nadprądowego według wynalazku jest pozbawiony tych wad i braków.

Istota wynalazku polega na tym, że kilkustopniowy wzmacniacz tranzystorowy prądu przemiennego jest dołączony do halotronu zasilanego prądem polaryzacji z tranzystorowego generatora prądu przemiennego z automatyczną stabilizacją amplitudy i do transformatora izolującego z dwoma uzwojeniami wtórnymi, z których jedno jest przyłączone do wejścia kanału pomiaru przetężeń, a drugie do wejścia kanału zabezpieczenia nadprądowego. W układzie istnieje sprzężenie oporowo-pojemnościowe od bazy ostatniego tranzystora wzmacniającego do wyjścia stopnia poprzedzającego i do obwodu kolektorowego tego tranzystora z transformatorem izolującym. Do obu uzwojeń transformatora izolującego są dołączone układy prostująco-wygładzające, przy czym wtórniki emiterowe są sterowane z tych układów

i zasilane z suwaków potencjometrycznych nastawczych.

Diody i oporowe dzielniki napięcia są umieszczone na wejściu wtórników emiterowych obu kanałów, a przerzutnik Schmitta i przerzutnik bistabilny z przyciskiem kasującym znajdują się w kanale zabezpieczenia nadprądowego. Ponadto w obwodzie generatora prądu przemiennego polaryzacji halotronu znajduje się dzielnik napięcia składający się z oporów i diody Zenera a do obwodu rezonansowego w tym generatorze jest dostarczany sygnał wejściowy z multiwibratora wraz z układem kluczującym, przy czym do wyjścia obwodu rezonansowego jest dołączony układ wzmacniający. Transformator wyjściowy i transformator automatycznej stabilizacji prądu przemiennego są umieszczone w obwodzie generatora a uzwojenie wtórne transformatora automatycznej stabilizacji amplitudy jest dołączone do układu prostująco-wygladzającego, przy czym tranzystorowe stopnie wzmacniające prądu stałego są połączone z obwodem kolektorowym tranzystora układu kluczującego na wyjściu multiwibratora. Halotron jest umieszczony między koncentratorami w obwodzie magnetycznym mierzonego prądu.

Fig. 1 — przedstawia charakterystyki statyczne układu według wynalazku, fig. 2 przedstawia schemat ideowy układu, fig. 3 przedstawia sposób umieszczenia halotronu w polu mierzonego prądu.

Układ według wynalazku posiada dwa wyjścia prądu stałego, oddzielone galwanicznie. Jeżeli stały lub wolno zmieniający się prąd w szynie ma wartość mniejszą od nastawionej wartości A (fig. 1), to sygnał wyjściowy kanału pomiaru przetężenia U_{wy1} jest 0. Jeżeli prąd w szynie przekracza wartość A , to sygnał wyjściowy U_{wy1} narasta proporcjonalnie do różnicy wartości chwilowej prądu szyny i wartości nastawionej A . Układ umożliwia zmianę wartości nastawionej prądu np. z punktu A do A' (fig. 1) oraz zmianę stromości charakterystyki U_{wy1} np. U_{wy1} i U_{wy1}' oraz U_{wy1}'' i U_{wy1}''' . Jeżeli prąd w szynie ma wartość poniżej wartości nastawionej B , to sygnał wyjściowy kanału zabezpieczającego U_{wy2} jest 0. Jeżeli prąd w szynie przekroczy wartość nastawioną B , to sygnał U_{wy2} wzrasta szybko do wartości maksymalnej i pozostaje niezmienny bez względu na wzrost lub zmniejszenie prądu szyny. Układ umożliwia zmianę wartości nastawionej prądu np. z punktu B do B' .

Układ według wynalazku składa się z generatora (fig. 2) prądu przemiennego (tranzystory $T_1 \dots T_{12}$), halotronu (H) umieszczonego w polu magnetycznym mierzonego prądu, wzmacniacza prądu przemiennego (tranzystory $T_{13} \dots T_{16}$), kanału pomiaru przetężenia (tranzystory T_{17}, T_{18}), kanału zabezpieczającego (tranzystory $T_{19} \dots T_{20}$). Układ jest zasilany z trzech stabilizowanych, odizolowanych galwanicznie od siebie źródeł napięcia stałego: U_1 — generator i wzmacniacz prądu zmiennego, U_2 — kanał pomiaru przetężeń, U_3 — kanał zabezpieczający.

Podstawowy układ generacji częstotliwości nośnej jest to znany multiwibrator astabilny (tranzystory

T_1, T_2 , opory $R_3 \dots R_6$, potencjometr P_1 , pojemności C_2, C_3). Multiwibrator ten, podobnie jak dalsze elementy generatora, jest zasilany napięciem stabilizowanym przez diodę Zenera D_1 . Opory R_1 i R_2 zapewniają odpowiednie poziomy napięć w dzielniku napięciowym, składającym się z tych oporów i diody D_1 . Pojemność C_1 bocznikuje diodę D_1 w stanach nieustalonych, co jest korzystne dla zmniejszenia jej obciążenia. Częstotliwość drgań prostokątnych, otrzymywanych w multiwibratorze, jest określona przez stałą czasu: $R_4' C_2$, gdzie R_4' oznacza sumę oporu R_4 i połączonej z nim szeregowo lewej części potencjometru P_1 . Potencjometr P_1 służy do symetryzacji przebiegu wyjściowego multiwibratora. Tranzystory T_1 i T_2 są na przemian zatykane i odytkane (nasycone). Dodatkowo sprzężenie zwrotne, będące warunkiem generacji, jest realizowane przez pojemności C_2 i C_3 .

Dla zmniejszenia wpływu obciążenia na multiwibrator jest zastosowany wtórnik emiterowy (tranzystor T_3 , opór R_7), który steruje układem kluczującym (tranzystor T_4 , opory $R_8 \dots R_{10}$). Na wyjściu klucza tj. na kolektorze tranzystora T_4 otrzymuje się impulsy prostokątne o amplitudzie zależnej od napięcia stałego, dostarczanego do oporu R_{10} od emitera tranzystora T_{12} . Dokładne wyglądzenie tego napięcia jest zapewnione przez pojemność C_4 . Napięcie wyjściowe z klucza jest dostarczane do wtórnika emiterowego (tranzystor T_5). W obwodzie emitera tranzystora T_5 znajduje się opór R_{11} , połączony szeregowo z obwodem rezonansowym: indukcyjność L i pojemność C_5 . Częstotliwość rezonansowa tego obwodu jest zbliżona do częstotliwości drgań prostokątnych na wyjściu multiwibratora.

Ponieważ obwód rezonansowy nie przepuszcza częstotliwości podstawowej przebiegu, więc na bazę tranzystora T_6 wtórnika emiterowego jest dostarczane poprzez pojemność C_6 napięcie sinusoidalne o częstotliwości równej częstotliwości drgań prostokątnych na wyjściu multiwibratora. We wtórniku emiterowym (tranzystor T_6 , opory $R_{12} \dots R_{14}$) następuje wzmocnienie prądowe przebiegu sinusoidalnego, który następnie poprzez pojemność C_7 zostaje doprowadzony do stopnia wzmacniającego napięciowego (tranzystor T_7 , opory: $R_{15} \dots R_{18}$, potencjometr P_2 , pojemność C_8). Wzmocnione napięcie sinusoidalne otrzymywane na kolektorze tranzystora T_7 jest doprowadzane poprzez pojemność C_9 do wtórnika emiterowego (tranzystor T_8 , opory $R_{19} \dots R_{21}$), z którego wyjścia — poprzez pojemność C_{10} — jest sterowany wyjściowy stopień wzmacniający generatora (tranzystor T_9 , opory $R_{22} \dots R_{25}$, pojemności C_{11} i C_{12} , transformatory Tr_1 i Tr_2). Napięcie wyjściowe generatora częstotliwości nośnej jest dostarczane z uzwojenia wtórnego transformatora Tr_1 do odpowiednich ścianek halotronu (H).

Ponieważ uzwojenie pierwotne transformatora Tr_1 jest zasilane z kolektora tranzystora T_9 , a prąd kolektora jest zależny w niewielkim stopniu od zmian obciążenia w kolektorze, więc prąd polaryzacji halotronu jest w przybliżeniu stały, niezależnie od zmian oporności halotronu (np. na

skutek podgrzania lub wymiany egzemplarza halotronu). W układzie według wynalazku jest przewidziana stabilizacja amplitudy prądu sinusoidalnego częstotliwości nośnej. Amplituda ta zmienia się w układzie bez stabilizacji przede wszystkim ze względu na zmiany temperatury otoczenia, np. przy podgrzaniu układu wzrasta częstotliwość napięcia wyjściowego multiwibratora i następuje zmiana punktu pracy układu na charakterystyce rezonansowej obwodu L, C_5 . Układ automatycznej stabilizacji amplitudy otrzymuje sygnał sprzężenia zwrotnego na stosunkowo niskoomowym oporze R_{26} , zasilanym z uzwojenia wtórnego transformatora Tr_2 .

Napięcie z oporu R_{26} jest po wyprostowaniu i wygładzeniu w obwodzie prostująco-wygładzającym (diody $D_2 \dots D_5$, opór R_{27} pojemność C_{13}) doprowadzone do wtórnika emiterowego (tranzystor T_{10} , opory R_{28}, R_{29}). Sygnał wyjściowy prądu stałego tego wtórnika jest proporcjonalny do amplitudy prądu wyjściowego generatora. Napięcie odniesienia do układu automatycznej stabilizacji amplitudy jest określone przez nastawienie potencjometru P_3 w dzielniku napięcia złożonym z tego potencjometru i oporów R_{30} oraz R_{32} . Porównanie napięcia odniesienia (t.j. napięcia na oporze R_{30} i potencjonometrze P_3) z sygnałem sprzężenia zwrotnego następuje w tranzystorze T_{11} , w którego obwodzie kolektorowym znajduje się opór R_{31} . Jeżeli np. prąd wyjściowy generatora zmniejszy się, to zmniejszy się napięcie na oporze R_{26}, R_{29} oraz na skutek zmniejszenia wysterowania tranzystora T_{11} — na oporze R_{31} . Ponieważ napięcie z oporu R_{31} jest dostarczane do wtórnika emiterowego, zbudowanego z tranzystora T_{12} i oporu R_{33} , więc sygnał na oporze R_{33} zwiększy się, co oznacza, że układ kluczujący wykonany na tranzystorze T_4 jest zasilany zwiększonym napięciem kolektorowym, a więc wzrasta amplituda przebiegu prostokątnego na wyjściu z układu kluczującego, a tym samym i amplituda prądu wyjściowego generatora.

Płytką (fig. 3) halotronu H jest ustawiona między dwoma koncentratorami K , np. ferrytowymi, kształtującymi przebieg linii pola M wokół szyny z prądem Sz . Koncentratory powodują pewne zwiększenie sygnału wyjściowego halotronu H nie wpływając na zwiększenie bezwładności układu. Do odpowiednich ścianek halotronu H prostopadłych do linii pola magnetycznego M jest doprowadzony prąd polaryzacji z generatora G , a między dwiema pozostałymi ściankami halotronu H , prostopadłymi do linii pola magnetycznego M jest odbierany sygnał wyjściowy halotronu H , dostarczany na wejście wzmacniacza prądu przemiennego **WPZ**.

Układ złożony z oporu R_{34} i pojemności C_{14} (fig. 2) służy do kompensacji halotronu, zapewniając, że dla prądu szyny wynoszącego 0 sygnał wyjściowy halotronu jest też 0.

Wzmacniacz prądu przemiennego składa się z dwóch stopni wzmocnienia napięciowego (tranzystory T_{13}, T_{14} , opory $R_{35} \dots R_{41}$, pojemności $C_{15} \dots C_{18}$, jednego stopnia wzmocnienia prądowego (tranzystor T_{15} , opory $R_{42} \dots R_{44}$) i stopnia wyj-

ściowego z transformatorem izolującym (transformator T_{16} , opory $R_{45} \dots R_{48}$, pojemności $C_{19} \dots C_{21}$ transformator Tr_3).

Opory $R_{36}, R_{38}, R_{41}, R_{44}$ służą do realizacji lokalnych ujemnych sprzężeń zwrotnych w poszczególnych stopniach wzmocnienia mających na celu utrzymanie stałości wzmocnienia i punktów pracy tranzystorów. Sprzężenie zwrotne dla prądu przemiennego (opór R_{35} , pojemność C_{14}) pozwala dodatkowo zmniejszyć wzmocnienie układu — bez zmiany optymalnego punktu pracy tranzystora T_{13} .

Sprzężenie zwrotne w stopniu wyjściowym (realizowane za pomocą oporu R_{48} i pojemności C_{20}) zapewnia stałe wzmocnienie napięciowe tego stopnia — niezależnie od obciążenia transformatora Tr_3 . Na obu uzwojeniach wtórnych transformatora Tr_4 są otrzymane napięcia przemienne dużej częstotliwości o amplitudzie proporcjonalnej do wartości chwilowej wolno zmieniającego się prądu szyny. Napięcia te są prostowane i wygładzane w układach prostująco-wygładzających (odpowiednio: diody $D_6 \dots D_9, D_{11} \dots D_{14}$, opory $R_{50}, R_{51}, R_{53}, R_{56}$, pojemności C_{22}, C_{23}). Nastawienie żądanych progowych wartości prądów szyny: A i B (fig. 1) jest dokonywane za pomocą potencjometrów P_3 i P_6 . Punkt A charakterystyki kanału pomiaru przetężeń jest określony przez położenie suwaka b potencjometru P_3 , a punkt B — przez położenie suwaka b potencjonometru P_6 . Suwaki a , b potencjonometru P_3 , a także suwaki a , b , c potencjonometru P_6 są sprzęgnięte mechanicznie.

Jeżeli napięcie na pojemności C_{22} jest niższe niż napięcie na suwaku b potencjometru P_3 (w stosunku do ujemnego bieguna źródła zasilania U_0), to tranzystory T_{17} i T_{18} podwójnego wtórnika emiterowego kanału pomiaru przetężeń są zatkane. Jeżeli napięcie na pojemności C_{22} jest wyższe niż napięcie na suwaku b potencjometru P_3 , to dioda D_{10} jest odetkana i tranzystory T_{17}, T_{18} przewodzą, przy czym napięcie między emiterem tranzystora T_{18} i suwakiem b potencjometru P_3 jest prawie równe różnicy napięć na pojemności C_{22} i suwaku b potencjometru P_3 . Układ oporu R_{54} i potencjometru P_4 w obwodzie emitera tranzystora T_{18} pozwala na zmianę nachylenia charakterystyki statycznej kanału pomiaru przetężeń (krzywa U_{wy1}, U_{wy1}' na fig. 1), ponieważ napięcie wyjściowe tego kanału jest odbierane między suwakiem b potencjometru P_3 i suwakiem potencjometru P_4 .

Dzielnik napięcia złożony z oporów R_{52}, R_{53} zapewnia, że napięcie między bazą a emiterem zatkanych tranzystorów T_{17}, T_{18} nie przekracza stosunkowo niedużej wartości dopuszczalnej dla stosowanych tranzystorów. Dioda D_{10} jest zatkana jeżeli napięcie na pojemności C_{22} jest niższe od napięcia na oporze R_{52} . Opór R_{51} zapewnia stabilizację termiczną tranzystorów T_{17} i T_{18} a również wyrównuje obciążenie transformatora Tr_3 . Układ wtórników emiterowych kanału zabezpieczającego (tranzystory T_{19}, T_{20} , dioda D_{15} , opory $R_{57} \dots R_{59}$) działa identycznie jak układ wtórników emiterowych kanału pomiaru przetężeń (tranzystory T_{17}, T_{18}). Napięcie z emitera tranzystora

T_{20} jest dostarczane poprzez opór R_{66} do przerzutnika Schmitta (tranzystory T_{21} , T_{22} , opory $R_{18} \dots R_{85}$, pojemność C_{24}). Jeżeli napięcie na oporze R_{59} jest dostatecznie małe (tzn. prąd szyny jest mniejszy od wartości w punkcie B, fig. 1) to tranzystor T_{21} jest zatkany, a tranzystor T_{22} — odetkany i nasycony.

Wzrost prądu szyny do wartości w punkcie B powoduje wzrost napięcia na oporze R_{59} . Przy napięciu na oporze R_{59} wyższym niż na oporze R_{53} następuje odetkanie tranzystora T_{21} , co z kolei powoduje poprzez opór sprzęgający R_{62} i pojemność C_{24} zatkanie tranzystora T_{22} , a więc obniżenie spadku napięcia na oporze R_{63} i wzrost prądu kolektora tranzystora T_{21} . Ze względu na przedstawione dodatnie sprzężenie zwrotne w przerzutniku Schmitta następuje szybkie odetkanie tranzystora T_{21} i zatkanie tranzystora T_{22} — niezależnie od szybkości zmian prądu szyny. Impulsy wyjściowe przerzutnika Schmitta są dostarczane poprzez opór R_{66} i pojemność C_{25} do układu dwóch kluczy (tranzystory T_{23} , T_{24} , opory $R_{67} \dots R_{71}$, pojemność C_{26}). Jeżeli prąd w szynie jest poniżej wartości w punkcie B (fig. 1), to tranzystor T_{21} jest zatkany, T_{22} — odetkany, T_{23} — zatkany i T_{24} — odetkany i nasycony.

Wzrost prądu szyny ponad wartość w punkcie B powoduje zatkanie tranzystora T_{22} , odetkanie i nasylenie tranzystora T_{23} i zatkanie tranzystora T_{24} . Impuls otrzymywany na kolektorze tranzystora T_{24} jest dostarczany poprzez kondensator C_{28} do przerzutnika bistabilnego (tranzystory T_{25} , T_{26} , opory $R_{73} \dots R_{80}$, pojemności $C_{27} \dots C_{30}$, dioda D_{16}). Początkowy stan przerzutnika bistabilnego jest określony dzięki zastosowaniu przycisku Prz. Przyciśnięcie tego przycisku powoduje dołączenie bazy tranzystora T_{25} poprzez opór R_{72} do potencjału na suwaku c potencjometru P_6 , w wyniku czego następuje odetkanie tego tranzystora — a poprzez dodatnie sprzężenie zwrotne: opory R_{74} , R_{77} i pojemności C_{29} , C_{30} — zatkanie tranzystora T_{26} . Jeżeli prąd w szynie przekroczy wartość w punkcie B (fig. 1) to dodatni impuls otrzymywany na kolektorze tranzystora T_{24} jest dostarczany do bazy tranzystora T_{25} i powoduje jego zatkanie, a jednocześnie odetkanie tranzystora T_{26} . Dodatni impuls na kolektorze tranzystora T_{26} jest dostarczany poprzez wtórnik emiterowy (tranzystor T_{27} , opory R_{81} , R_{82}) do wejścia układu kluczującego (tranzystor T_{28} , opory R_{83} , R_{84}).

W chwili zadziałania kanału zabezpieczającego następuje na kolektorze tranzystora T_{28} spadek potencjału od wartości na suwaku b potencjometru P_6 do wartości na suwaku c potencjometru P_6 . Napięcie z kolektora tranzystora T_{28} jest dostarczane do wyjściowego wtórnika emiterowego (tranzystor T_{29} , opory R_{85} , R_{86}). Przekroczenie przez prąd w szynie wartości w punkcie B (fig. 1) powoduje więc zatkanie tranzystora T_{29} . Napięcie wyjściowe kanału zabezpieczającego, odbierane między emiterem tranzystora T_{29} a suwakiem b potencjometru P_6 wzrasta od wartości 0 do wartości odpowiadającej różnicy potencjałów między suwakiem b i c potencjometru P_6 . W wyniku zastosowania przerzutnika bistabilnego napięcie wyj-

ściowe kanału zabezpieczającego utrzymuje swą wartość po zadziałaniu tego kanału niezależnie od dalszych zmian prądu w szynie. Sygnał wyjściowy kanału zabezpieczającego służy do wyłączania układu, którego prąd szyny podlega zabezpieczeniu. Skasowanie sygnału wyjściowego kanału zabezpieczającego jest możliwe jedynie przez ponowne naciśnięcie przycisku Prz.

Zalety układu według wynalazku są następujące: istnienie dwóch izolowanych wyjść, z których jedno daje sygnał proporcjonalny do przyrostu prądu mierzonego ponad pewną wartość, natomiast, a drugie daje sygnał o wartości stałej — po chwilowym przekroczeniu przez prąd szyny pewnej, innej wartości ustawionej, możliwość łatwego nastawiania w szerokim zakresie prądów początkowych, zadziałania obu kanałów, możliwość łatwego nastawiania stromości charakterystyki kanału pomiaru proporcjonalnego, uzyskanie trwale działającego sygnału kanału zabezpieczającego — bez względu na zmiany prądu po chwilowym przekroczeniu wartości ustawionej, małą czułość układu na zmiany temperatury otoczenia — ze względu na zastosowanie wzmacniacza prądu przemiennej oraz generatora prądu polaryzacji halotronu z automatyczną stabilizacją amplitudy, małą czułość na zmiany napięcia zasilającego generator — ze względu na zastosowanie diody Zenera w układzie zasilania multiwibratora i automatyczną stabilizację amplitudy prądu wyjściowego generatora, małą czułość wzmacniacza prądu przemiennej na zmianę napięcia i zmiany parametrów tranzystorów — ze względu na stosowane w każdym stopniu wzmocnienia lokalne ujemne sprzężenia zwrotne, małą czułość układu na zmianę oporności halotronu, możliwość zastosowania tranzystorów z małym dopuszczalnym napięciem: baza — emiter do układów wtórników za układami prostująco-wygładzającymi w obu kanałach przy jednoczesnym uzyskiwaniu dużych wartości sygnałów w obwodach prostująco-wygładzających obu kanałów, duża obciążalność wyjść obu kanałów układu, brak rdzenia ferromagnetycznego obejmującego halotron, co umożliwia znaczne zwiększenie szybkości działania układu, łatwość za- instalowania halotronu w pobliżu szyny, której prąd jest mierzony, łatwość nastawiania wzmocnienia układu — poprzez odpowiednie zbliżenie koncentratorów do halotronu.

Zastrzeżenia patentowe

1. Półprzewodnikowy układ pomiaru przetężeń oraz zabezpieczenia nadprądowego **znamiennym** tym, że posiada kilkustopniowy wzmacniacz tranzystorowy prądu przemiennej ($T_{13} \dots T_{16}$), do wejścia którego jest dołączony halotron (H) zasilany prądem przemiennej polaryzacji z tranzystorowego generatora ($T_1 \dots T_{12}$) częstotliwości nośnej z automatyczną stabilizacją amplitudy, a wyjście tego wzmacniacza jest dołączone do uzwojenia pierwotnego transformatora izolującego (Tr_3), posiadającego dwa oddzielone od siebie galwanicznie uzwojenia wtórne, z których jedno jest dołą-

- czone do wejścia tranzystorowego kanału pomiaru przetężenia (T_{17} , T_{18}), a drugie — do wejścia tranzystorowego kanału zabezpieczenia ($T_{19} \dots T_{20}$) nadprądowego.
2. Półprzewodnikowy układ według zastrz. 1 **znamienny tym**, że baza tranzystora wyjściowego (T_{10}) wzmacniacza prądu przemiennego jest dołączona poprzez układy oporowo-pojemnościowe (odpowiednio R_{45} , C_{19} i R_{48} , C_{20}) do wyjścia poprzedniego stopnia wzmacniającego oraz do kolektora tranzystora wyjściowego (T_{10}) połączonego z uzwojeniem pierwotnym transformatora izolującego (T_3).
 3. Półprzewodnikowy układ według zastrz. 1 i 2, **znamienny tym**, że do obu uzwojeń wtórnych transformatora izolującego (Tr_3) są dołączone układy prostująco-wygładzające, składające się z diod ($D_6 \dots D_8$, $D_{11} \dots D_{14}$), oporów (R_{50} , R_{51} , R_{55} , R_{56}) pojemności (C_{22} , C_{23}).
 4. Półprzewodnikowy układ według zastrz. 1—3 **znamienny tym**, że na wyjściu układów prostująco-wygładzających posiada układy wtórników tranzystorowych (T_{17} , T_{18} i T_{19} , T_{20}) dołączone do suwaków (a i b) potencjometrów nastawczych (P_5 i P_6) i przyłączone do układów prostująco-wygładzających poprzez diody (D_{10} , D_{15}), oraz wyposażone w dzielniki oporowe R_{52} , R_{53} i R_{56} , R_{57} , których punkt wewnętrzny jest dołączony do bazy pierwszego tranzystora układu wtórników (T_{17} i T_{19}), jeden punkt zewnętrzny do emitera ostatniego tranzystora układu wtórników (T_{18} i T_{20}), a drugi punkt zewnętrzny do odpowiedniego końca potencjometru nastawczego (P_5 i P_6).
 5. Półprzewodnikowy układ według zastrz. 1—4 **znamienny tym**, że w kanale zabezpieczenia nadprądowego posiada tranzystorowy przerzutnik Schmitta (T_{21} , T_{22}) wraz z układem tranzystorowym kluczy (T_{23} , T_{24}), sterowany z układu tranzystorowych wtórników T_{19} , T_{20} kanału zabezpieczającego.
 6. Półprzewodnikowy układ według zastrz. 1—5 **znamienny tym**, że w kanale zabezpieczającym posiada tranzystorowy przerzutnik bistabilny (T_{25} , T_{26}) wraz z przyciskiem kasującym (Prz) połączony poprzez tranzystorowy wtórnik emiterowy (T_{27}) z tranzystorowym układem kluczącym (T_{28}) sterującym tranzystorowym wtórnikiem wyjściowym (T_{29}).
 7. Półprzewodnikowy układ według zastrz. 1—6 **znamienny tym**, że posiada tranzystorowy generator częstotliwości nośnej ($T_1 \dots T_{12}$), którego wyjście jest dołączone do obwodu polaryzacji halotronu (H).
 8. Półprzewodnikowy układ według zastrz. 1—7 **znamienny tym**, że posiada układ, składający się z połączenia szeregowego oporu (R_1), diody Zenera (D_1) i oporu (R_2) dołączony do źródła (U_1) zasilającego generator i wzmacniacz prądu przemiennego oraz tranzystorowy

- układ multiwibratora astabilnego (T_1 , T_2) przyłączony do diody Zenera (D_1).
9. Półprzewodnikowy układ według zastrz. 1—8 **znamienny tym**, że tranzystorowy multiwibrator astabilny (T_1 , T_2) jest poprzez tranzystorowy wtórnik emiterowy (T_3) połączony z wejściem tranzystora klucującego (T_4) przy czym opornik kolektorowy (R_{10}) tranzystora klucującego (T_4) jest dołączony do wyjścia układu automatycznej stabilizacji amplitudy prądu polaryzacji halotronu (H).
 10. Półprzewodnikowy układ według zastrz. 1—9 **znamienny tym**, że w obwodzie emitera tranzystora (T_5) sterowanego z tranzystora klucującego (T_4) znajduje się układ składający się z szeregowego połączenia opornika (R_{11}) i obwodu rezonansowego: indukcyjność (L), pojemność (C_5) oraz punkt wspólny połączonych szeregowo elementów jest dołączony poprzez tranzystorowy wtórnik emiterowy (T_6) do wejścia tranzystora wzmacniającego (T_7), do kolektora którego jest przyłączone wejście tranzystorowego wtórnika emiterowego (T_8).
 11. Półprzewodnikowy układ według zastrz. 1—10 **znamienny tym**, że wyjście tranzystorowego wtórnika emiterowego (T_8) jest dołączone do bazy tranzystora wzmacniającego (T_9), w obwodzie kolektora którego znajduje się transformator wyjściowy (Tr_1) generatora z uzwojeniem wtórnym, dołączonym do obwodu polaryzacji halotronu (H) oraz transformator (Tr_2) z oporem (R_{26}) dołączonym do jego uzwojenia wtórnego.
 12. Półprzewodnikowy układ według zastrz. 1—14 **znamienny tym**, że baza tranzystora wzmacniającego (T_{11}) układu automatycznej stabilizacji prądu polaryzacji halotronu (H) jest połączona poprzez tranzystorowy wtórnik emiterowy (T_{10}) z wyjściem układu prostująco-wygładzającego, składającego się z diod ($D_2 \dots D_5$), oporu (R_{27}) i pojemności (C_{13}), przyłączonego do oporu (R_{26}) obciążającego transformator (Tr_2), emiter tranzystora wzmacniającego (T_{11}) jest dołączony do punktu wewnętrznego dzielnika oporowego napięcia diody Zenera (D_1) składającego się z oporu (R_{30}), potencjometru (P_3) oraz oporu (R_{32}), a do kolektora tranzystora wzmacniającego (T_{11}) jest dołączony tranzystorowy wtórnik emiterowy (T_{12}), którego wyjście jest połączone z oporem kolektorowym (R_{10}) tranzystora klucującego (T_4).
 13. Półprzewodnikowy układ według zastrz. 1—12 **znamienny tym**, że halotron (H) jest umieszczony między koncentratorami (K) pola prądu mierzonego (fig. 3).
 14. Odmiana półprzewodnikowego układu według zastrz. 1—13 **znamienna tym**, że halotron (H) jest umieszczony w polu magnetycznym mierzonego prądu bez żadnych elementów kształtujących przebieg linii pola.

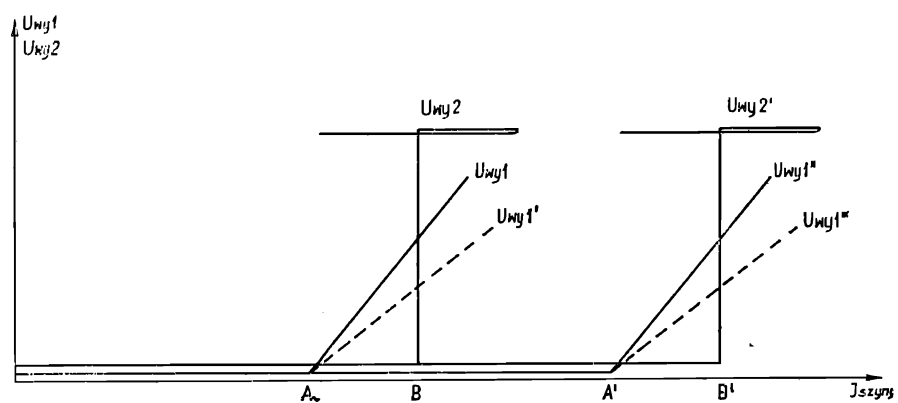


Fig. 1.

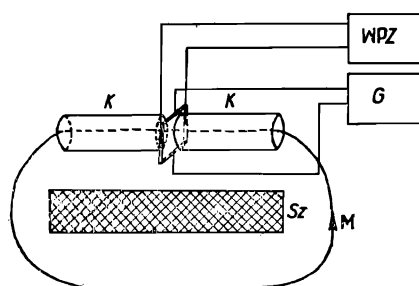


Fig. 3.

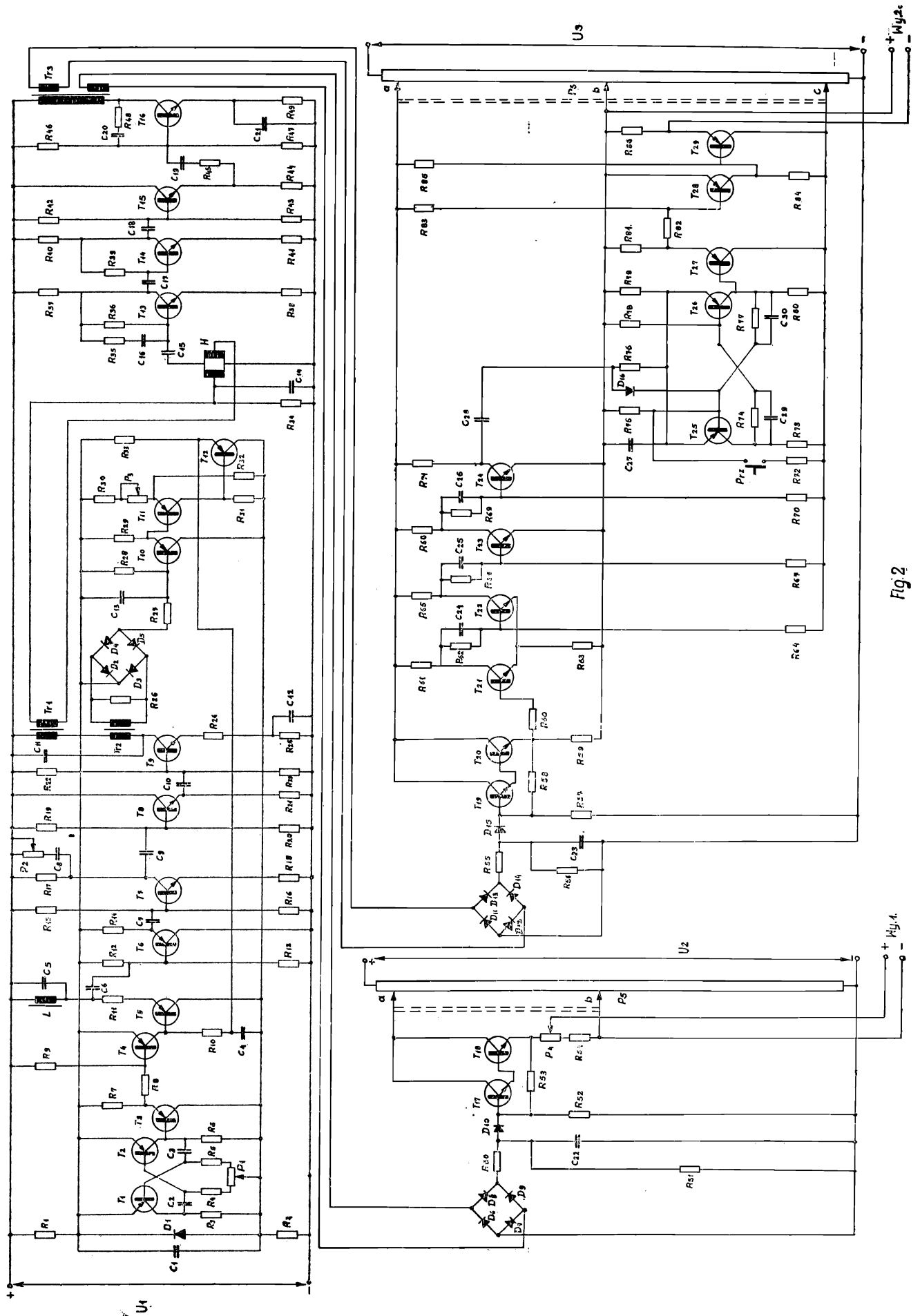


Fig. 2