

**POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA**



**URZĄD
PATENTOWY
PRL**

O P I S P A T E N T O W Y 100049

**Patent dodatkowy
do patentu _____**

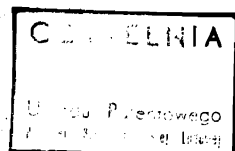
Zgłoszono: 01.10.75 (P. 183704)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 25.04.77

Opis patentowy opublikowano: 31.01.1979

**Int. Cl².
H02H 7/20**



Twórcy wynalazku: Zbigniew Władysław Sikorski, Sławomir Aleszkiewicz

Uprawniony z patentu: Instytut Lotnictwa,
Warszawa (Polska)

Tranzystorowy układ zabezpieczający źródło napięcia przed przeciążeniem

Przedmiotem wynalazku jest tranzystorowy układ zabezpieczający źródło napięcia przed przeciążeniem ze zwarcie włącznie, współpracujący z szeregowym członem wykonawczym włączonym pomiędzy źródło napięcia a jego obciążenie.

Do najbardziej rozpowszechnionych układów zabezpieczających należą układy o działaniu czynnym, w których stosuje się rezystor kontrolny, włączony szeregowo w jedną z szyn zasilających pomiędzy źródłem napięcia a obciążeniem. Najbardziej zbliżonymi do przedmiotu wynalazku są te układy czynne, w których rezystor kontrolny włączony jest w szynę zasilającą przeciwną niż człon wykonawczy. Napięcie powstające na rezystorze kontrolnym, w wyniku przepływu prądu obciążenia, kontrolowane jest przez co najmniej jeden tranzystor zabezpieczający dołączony do tego rezystora. Tranzystory zabezpieczające, z których przynajmniej jeden połączony jest z członem wykonawczym, wytwarzają w odpowiedzi na przeciążenie sygnał sterujący dla członu wykonawczego, zawierający informację o rodzaju wymaganej reakcji na przeciążenie.

Znane układy zabezpieczające posiadają dwa stany użyteczne, z których jeden odpowiada warunkom normalnej pracy, a drugi warunkom pracy przy przeciążeniu. W układach o regulacji ciągłej, stan odpowiadający normalnej pracy jest stanem stabilnym, a stan odpowiadający pracy przy przeciążeniu jest stanem niestabilnym uwarunkowanym statycznie. Układy te podczas przeciążenia przechodzą samoczynnie do stanu niestabilnego, w którym następuje ograniczenie prądu obciążenia i w którym pozostają tak długo, jak długo istnieje przeciążenie, a z którego powracają samoczynnie do pierwotnego stanu stabilnego po zaniku przeciążenia. Istnieje duża różnorodność schematowa tych układów, a przykładem ich rozwiązania mogą być warianty połączeń pokazane na rysunku 9.16 w książce B. Pałczyńskiego i W. Stefańskiego „Półprzewodnikowe stabilizatory napięcia i prądu stałego” Wydawnictwa MON z 1971 r. W układach o regulacji dyskretniej obydwa użyteczne stany pracy są stanami stabilnymi. Układy te w chwili zaistnienia przeciążenia przerywają się samoczynnie w sposób skokowy ze stanu normalnej pracy do stanu, w którym praktycznie następuje odcięcie źródła napięcia od jego obciążenia i w którym pozostają w sposób trwały nawet po zaniku przeciążenia. Ponowne przywrócenie ich pierwotnego stanu pracy wymaga zewnętrznej interwencji operatora. Układy takie oparte są w większości na przerzutnikach bistabilnych, a przykładem ich rozwiązania może być wersja połączeń pokazana na rysunku 9.12 w wyżej wymienionej książce.

Wadą układów zabezpieczających o działaniu ciągłym jest duża moc strat wydzielana stale w członie wykonawczym (szczególnie w głównym tranzystorze regulacyjnym) podczas pracy w stanie dużego przeciążenia, a zwłaszcza podczas zwarcia. Aby w czasie długotrwałych lub często powtarzających się przeciążeń tego rodzaju nie nastąpiło przegrzanie członu wykonawczego i w konsekwencji jego uszkodzenie, tranzystory regulujące tego członu muszą być przewidziane na odpowiednio dużą moc admisyjną. Niezależnie od tego, w razie poważnej awarii w obciążeniu, wywołującej na ogół stan dużego i długotrwałego przeciążenia, układ taki staje się nieekonomiczny energetycznie z uwagi na ciągły pobór względnie dużego bezużytecznego prądu. Z tych względów układy takie są mało przydatne w urządzeniach miniaturowych i oszczędnościowych, w których gospodarowanie zużyciem energii źródła musi być bardzo ekonomiczne (pokładowa aparatura satelitarna, polowe przyrządy bateryjne, urządzenia podwodne, aparaty trudnodostępne itp.). Znanе są wprawdzie układy ciągłego działania o wyjściowej charakterystyce prądowo-napięciowej tak ukształtowanej, że wartość prądu ograniczenia, a zwłaszcza prądu zwarcia, jest zmniejszona do poziomu niższego od dopuszczalnej wartości granicznej i roboczej wartości nominalnej, jednak zmniejszenie to prowadzi praktycznie tylko do częściowego złagodzenia obciążeń termicznych członu wykonawczego, natomiast oszczędności energetyczne są niedostateczne. W wielu przypadkach efekty te uzyskuje się za cenę komplikacji układowej oraz zmniejszonej pewności działania, a ponadto w niektórych rozwiązaniach wiąże się to z obniżeniem ogólnej sprawności w stanie normalnej pracy oraz pogorszeniem jakości funkcjonowania (np. skoki napięcia i prądu na początku i końcu zwarcia).

Jedną z bardziej istotnych wad układów zabezpieczających o działaniu dyskretnym jest ich wrażliwość na zakłócenia zewnętrzne, a zwłaszcza impulsowe, w obecności których układy te przerywają się łatwo do stanu odcięcia nawet w warunkach normalnego obciążenia. Układy działania dyskretnego są również bardzo wrażliwe na chwilowe przeciążenia impulsowe, które z reguły w sposób krótkotrwały występują w nieustalonych stanach pracy, na przykład podczas włączania (ładowanie kondensatorów wejściowych w obciążeniu) lub w czasie gwałtownych zmian obciążenia, czy też w reżymach pracy impulsowej. Konwencjonalne środki techniczne, stosowane w celu zmniejszenia wrażliwości tych układów zabezpieczających na zakłócenia zewnętrzne oraz na krótkotrwałe przeciążenia w nieustalonych stanach pracy, polegają na zmniejszaniu szybkości działania tych układów, głównie przez zablokowanie pojemnościami kolektorów i baz w tranzystorach zabezpieczających. Daje to pewne ograniczone efekty w tym względzie, jednak otrzymuje się wówczas tylko określone opóźnienie w samym zadziałaniu układu zabezpieczającego.

Natomiast podczas występującej w takich przypadkach zwłoki zadziałania nie zachodzi ograniczenie prądu obciążenia, zaś źródło napięcia zasilającego i człon wykonawczy nie są zabezpieczone i są narażone w tym czasie na udarowe przeciążenia (ze zvarciami włącznie), które nie zawsze są dopuszczalne i które wtedy należy ograniczać innymi środkami. Układy zabezpieczające o działaniu dyskretnym podczas normalnej pracy pobierają pewien prąd, co w przypadku niewielkiej mocy roboczej obniża ogólną sprawność energetyczną i jest poważnym utrudnieniem w niektórych zastosowaniach oszczędnościowych. Ponadto wiele z tych układów wymaga do poprawnego działania dodatkowych napięć pomocniczych, a to komplikuje ich rozwiązanie i nie zawsze jest możliwe do spełnienia. Ustawienie układu dyskretnego w stanie normalnej pracy wymaga dokonania przez operatora oddzielnej operacji startu, ponieważ samo włączenie napięcia zasilającego nie zawsze ustawia jednoznacznie stan wymagany.

Celem wynalazku jest opracowanie układu zabezpieczającego posiadającego cztery użyteczne stany pracy, z których jeden powinien odpowiadać warunkom normalnej pracy, a trzy pozostałe warunkom pracy przy przeciążeniu, przy czym stan normalnej pracy powinien być stanem stabilnym, z którego układ powinien w odpowiedzi na przeciążenie przechodzić samoczynnie i bezzwłocznie do jednego z dwóch niestabilnych stanów ograniczenia prądowego uwarunkowanych stopniem przeciążenia, a następnie, w zależności od czasu trwania przeciążenia, układ powinien samoczynnie albo przechodzić do stabilnego stanu odcięcia obciążenia albo powracać do normalnego stabilnego stanu pracy. Jednocześnie celem wynalazku jest, aby pierwszy stan ograniczenia prądowego odpowiadał małym przeciążeniom i był stanem uwarunkowanym statycznie, zaś drugi stan ograniczenia prądowego odpowiadał dużym przeciążeniom i był stanem uwarunkowanym dynamicznie. Jednocześnie celem wynalazku jest, aby podczas małych przeciążeń układ przebywał długotrwale w stanie statycznego ograniczenia prądowego i w przypadku zaniku przeciążenia samoczynnie powracał do stanu normalnej pracy, bądź w przypadku zwiększenia się przeciążenia przechodził samoczynnie do stanu dynamicznego ograniczenia prądowego. Jednocześnie celem wynalazku jest, aby podczas dużych przeciążeń układ przebywał w stanie dynamicznego ograniczenia prądowego tylko przez czas ograniczony i aby czas ten był uzależniony od parametrów układu i stopnia przeciążenia w taki sposób, że w przypadku utrzymywania się dużego przeciążenia powinien po określonym czasie przechodzić samoczynnie do stabilnego stanu odcięcia obciążenia, bądź też w przypadku zaniku przeciążenia lub jego zmniejszenia się do małej wartości przed upływem tego określonego czasu, powinien

odpowiednio powrócić samoczynnie do stabilnego stanu normalnej pracy lub przejść samoczynnie do stanu statycznego ograniczenia prądowego. Dalszym celem jest, aby przy braku przeciążenia układ ustawiał się samoczynnie i jednoznacznie w poprawnym stanie pracy po każdorazowym dołączeniu źródła napięcia, natomiast w przypadku dołączenia źródła napięcia przy istnieniu przeciążenia, układ powinien zabezpieczać zarówno to źródło jak i człon wykonawczy przed udarami prądowymi.

Układ według wynalazku zbudowano na dwóch tranzystorach zabezpieczających o wzajemnie odmiennym typie przewodnictwa, z których pierwszy tranzystor zabezpieczający jest dołączony emiterem do rezystora kontrolnego od strony źródła napięcia, bazą poprzez rezystor do rezystora kontrolnego od strony obciążenia i kolektorem bezpośrednio lub poprzez rezystor do wejściowego punktu regulacyjnego w członie wykonawczym, a drugi tranzystor zabezpieczający jest dołączony kolektorem poprzez rezystor do bazy pierwszego tranzystora zabezpieczającego, bazą poprzez rezystor do kolektora pierwszego tranzystora zabezpieczającego i emiterem do źródła napięcia po stronie członu wykonawczego lub do wyjściowego punktu regulacyjnego w członie wykonawczym, przy czym złącze baza-emiter drugiego tranzystora zabezpieczającego jest zbocznikowane kondensatorem.

Układ nie wymaga żadnych dodatkowych napięć pomocniczych i w stanie normalnej pracy nie pobiera żadnego prądu. W chwili zaistnienia przeciążenia natychmiast przechodzi do jednego ze stanów ograniczenia prądowego i zabezpiecza źródło napięcia oraz człon wykonawczy nawet przed krótkotrwałymi udarami prądowymi. Po przeciążeniach niewielkich lub dużych ale dostatecznie krótkotrwałych, samoczynnie powraca ze stanu ograniczenia do stanu normalnej pracy. Czas przebywania układu w dynamicznym stanie ograniczenia prądowego, będący użytkowo czasem oczekiwania na odciążenie (na zanik przeciążenia), może być w prosty sposób zmieniany przez dobór parametrów R i C w układzie. Przy danej stałej czasowej RC czas ten zmienia się samoczynnie w zależności od stopnia przeciążenia w ten sposób, że przy silnych przeciążeniach, a więc niebezpiecznych dla źródła napięcia i członu wykonawczego, czas wyczekiwania jest względnie krótki i układ przechodzi do stanu odciążenia, natomiast przy przeciążeniach niewielkich, a więc niegroźnych, czas wyczekiwania jest stosunkowo długi lub nawet nieograniczony. Układ jest mało wrażliwy na zakłócenia zewnętrzne, prosty w rozwiązaniu, ekonomiczny energetycznie i łatwy w realizacji. Może współpracować zarówno z niezależnym członem wykonawczym jak i z członem wykonawczym współpracującym równocześnie z innymi układami regulacyjnymi, jak np. w pętli szeregowego stabilizatora napięcia o działaniu ciągłym.

Istota wynalazku jest szczegółowo wyjaśniona w przykładach wykonania na rysunku, na którym fig. 1 ÷ fig. 3 przedstawiają schemat połączeń układu zabezpieczającego przy współpracy z członem wykonawczym niezależnym od obciążenia, a fig. 4 ÷ fig. 7 – schemat połączeń układu zabezpieczającego przy współpracy z członem wykonawczym wykorzystywanym równocześnie w pętli regulacyjnej szeregowego stabilizatora napięcia, przy czym człon wykonawczy na fig. 1 zawiera dwa tranzystory n-p-n w układzie OC, na fig. 2 – jeden tranzystor n-p-n w układzie OC, na fig. 3 – trzy tranzystory p-n-p w układzie OE i OC, na fig. 4 – trzy tranzystory n-p-n w układzie OE i OC, na fig. 5 – trzy tranzystory p-n-p w układzie OC, na fig. 6 – dwa tranzystory monolityczne n-p-n w układzie OE, a na fig. 7 – pięć tranzystorów kombinowanych.

Na rysunku tym w jedną z szyn zasilających pomiędzy źródłem zasilania 1 a jego obciążeniem 2 włączony jest człon wykonawczy 3, z którym współpracuje układ zabezpieczający 4 posiadający rezystor kontrolny 5 włączony w szynę zasilającą przeciwną niż człon wykonawczy 3.

W przykładzie pokazanym na fig. 1 człon wykonawczy 3 zawiera dwa rezystory 6 i 7 oraz dwa tranzystory regulacyjne 8 i 9 o przewodnictwie typu n-p-n, pracujące w układzie wspólnego kolektora (OC). Wstępny tranzystor regulacyjny 8 stanowi stopień pomocniczy, przeznaczony do sterowania głównym tranzystorem regulacyjnym 9. Układ zabezpieczający 4 zbudowany jest na dwóch tranzystorach zabezpieczających 10 i 11 o wzajemnie odmiennym typie przewodnictwa. Pierwszy tranzystor zabezpieczający 10 o przewodnictwie typu n-p-n, dołączony jest emiterem do rezystora kontrolnego 5 od strony źródła napięcia 1, bazą poprzez rezystor 12 do rezystora kontrolnego 5 od strony obciążenia 2 i kolektorem bezpośrednio do wejściowego punktu regulacyjnego 23 członu wykonawczego 3. Drugi tranzystor zabezpieczający 11 o przewodnictwie typu p-n-p, dołączony jest kolektorem poprzez rezystor 13 do bazy pierwszego tranzystora zabezpieczającego 10, bazą poprzez rezystor 14 do kolektora pierwszego tranzystora zabezpieczającego 10 i emiterem do źródła napięcia 1 po stronie członu wykonawczego 3. Złącze baza-emiter drugiego tranzystora zabezpieczającego 11 zbocznikowane jest kondensatorem 15.

Człon wykonawczy 3 na fig. 1 jest układowo niezależny od obciążenia 2, zatem w normalnych warunkach pracy napięcie kolektor-emiter głównego tranzystora regulacyjnego 9 jest praktycznie równe sumie napięć baza-emiter obu tranzystorów regulacyjnych 8 i 9 i ustawia się na tej wartości samoczynnie. W tych warunkach prąd płynący przez rezystor 6 do bazy wstępnego tranzystora regulacyjnego 8 jest znikomo mały i przy odpowiednio

dobranym rezystorze 6 powstający nim spadek napięcia jest niewielki w porównaniu z napięciem baza-emiter potrzebnym do odetkania drugiego tranzystora zabezpieczającego 11. Rezystor kontrolny 5 jest tak dobrany, że w normalnych warunkach pracy powstający na nim spadek napięcia (w wyniku przepływu prądu obciążenia) jest mniejszy od napięcia baza-emiter pierwszego tranzystora zabezpieczającego 10, które potrzebne jest do odetkania tego tranzystora. Układ wówczas znajduje się w stanie stabilnym, który w normalnych warunkach utrzymuje się dowolnie długo. W tym stanie obydwa tranzystory zabezpieczające 10 i 11 są zatkane, cały układ zabezpieczający 4 nie pobiera żadnego prądu, a na członie wykonawczym 3 powstaje stosunkowo niewielki spadek napięcia, który bardzo mało zależy od wahań prądu obciążenia w normalnym zakresie.

Jeżeli w pewnej chwili impedancja obciążenia zmniejszy się poniżej dopuszczalnej wartości granicznej, to prąd obciążenia osiągnie taką wartość, że napięcie na rezystorze kontrolnym 5 odetka pierwszy tranzystor zabezpieczający 10. Wówczas w obwodzie bazowym i kolektorowym tego tranzystora popłyną prądy, a na rezystorze 6 wytworzy się dodatkowy spadek napięcia. W wyniku tego, napięcie kolektor-emiter głównego tranzystora regulacyjnego 9 zwiększy się do nowej wartości, która jest sumą napięcia na rezystorze 6 i napięć baza-emiter obu tranzystorów regulacyjnych 8 i 9. Spowoduje to natychmiastowe ograniczenie prądu obciążenia do określonej wartości granicznej i cały układ zacznie działać jak stabilizator prądu. Z chwilą przejścia układu w stan ograniczenia prądowego wszelkie zmiany impedancji obciążenia poniżej wartości granicznej powodują nadążne zmiany prądu kolektorowego w pierwszym tranzystorze zabezpieczającym 10 i odpowiadające im zmiany napięcia na członie wykonawczym 3, które utrzymują prąd obciążenia na praktycznie stałej wartości. W tym stanie pracy przewodzi tylko pierwszy tranzystor zabezpieczający 10, zaś drugi tranzystor zabezpieczający 11 jest zatkany. Dalsza praca układu zależy od stopnia zaistniałego przeciążenia i czasu jego trwania.

Jeżeli impedancja obciążenia zmniejszyła się poniżej wartości granicznej, ale na tyle mało, że napięcie na rezystorze 6 nie jest w stanie odetkać drugiego tranzystora zabezpieczającego 11, wówczas układ znajduje się w pierwszym stanie ograniczenia prądowego, który jest stanem uzależnionym statycznie i w którym będzie przebywał dopóty, dopóki przeciążenie nie ulegnie istotnej zmianie. W przypadku zaniku przeciążenia, układ natychmiast powróci do stanu normalnej pracy, natomiast gdy przeciążenie zwiększy się na tyle, że napięcie na rezystorze 6 przekroczy wartość odtakającą drugi tranzystor zabezpieczający 11, wówczas układ przejdzie do drugiego stanu ograniczenia prądowego. Czas przebywania układu w statycznym stanie ograniczenia nie zależy ani od parametrów układu, ani od wahań stopnia przeciążenia, ani od uprzedniego stanu pracy.

Jeżeli impedancja obciążenia zmniejszyła się na tyle dużo, że napięcie na rezystorze 6 przekroczyło wartość odtakającą drugi tranzystor zabezpieczający 11, wówczas układ znajduje się w drugim stanie ograniczenia prądowego, który jest stanem uzależnionym dynamicznie. Wtedy kondensator 15 ładuje się poprzez rezystor 14 po krzywej eksponencjalnej dążącej asymptotycznie do wartości równej napięciu na rezystorze 6.

Jeżeli przeciążenie drugiego stopnia utrzymuje się nadal, to napięcie na kondensatorze 15 po pewnym czasie osiągnie wartość odtakającą drugi tranzystor zabezpieczający 11 i w jego obwodzie bazowym i kolektorowym popłyną prądy. Przepływ prądu kolektorowego w tym tranzystorze powoduje wzrost prądu bazowego i kolektorowego w pierwszym tranzystorze zabezpieczającym 10 i w konsekwencji wzrost spadku napięcia na rezystorze 6. Jest to równoznaczne ze wzrostem napięcia na członie wykonawczym 3 i dalszym ograniczeniem prądu obciążenia do mniejszej wartości. Wzrost spadku napięcia na rezystorze 6 wywołuje dalszy wzrost prądów w drugim tranzystorze zabezpieczającym 11, co z kolei powoduje silniejsze przewodzenie pierwszego tranzystora zabezpieczającego 10 oraz silniejsze ograniczenie prądu obciążenia itd. Zatem w wyniku istniejącego w układzie dodatniego sprzężenia zwrotnego proces ograniczania prądu obciążenia będzie narastał lawinowo i układ przeczuci się do stanu całkowitego odcięcia obciążenia 2 od źródła napięcia 1.

Jeżeli natomiast w czasie ładowania kondensatora 15 przeciążenie drugiego stopnia ustąpi wcześniej niż napięcie na tym kondensatorze osiągnie wartość odtakającą drugi tranzystor zabezpieczający 11, wówczas układ natychmiast powróci ze stanu ograniczenia dynamicznego do stanu normalnej pracy lub do stanu ograniczenia statycznego (odpowiednio do stopnia odciążenia). Czas przebywania układu w stanie ograniczenia dynamicznego zależy od parametrów układu, od stopnia przeciążenia, od wahań przeciążenia i chwilowych tendencji jego zmian oraz od poprzedniego stanu pracy. Czas ten jest tym dłuższy im większa jest stała czasowa RC obwodu całkowitego, utworzonego z rezystora 14 i kondensatora 15. Zmiany czasu przebywania w tym stanie można przeprowadzać przez dobór pojemności kondensatora 15 lub w ograniczonym zakresie – rezystancji rezystora 14. Czas ten jest tym krótszy im większy jest stopień przeciążenia, to znaczy im większy spadek napięcia powstaje na rezystorze 6 w odpowiedzi na to przeciążenie, bowiem przy danej stałej czasowej RC kondensator 15 szybciej osiąga odtakającą wartość napięcia przy wysokich poziomach asymptoty ładowania niż przy jej poziomach niskich. I tak na przykład przy największym stopniu przeciążenia jakim jest krótkie zwarcie, pierwszy tranzystor zabezpieczający 10 silnie przewodzi, spadek napięcia na rezystorze 6 staje się bardzo duży (równy wejściowemu

napięciu źródła zasilania 1 pomniejszonemu o sumę napięć baza-emiter obu tranzystorów regulacyjnych 8 i 9 i o spadek napięcia na rezystorze kontrolnym 5) i układ stosunkowo szybko przechodzi do stabilnego stanu odcięcia, chroniąc źródło napięcia 1 i człon wykonawczy 3 przed tym niebezpiecznym przeciążeniem.

Jeżeli podczas ładowania kondensatora 15 stopień przeciążenia ulega wahaniom, wówczas waha się odpowiednio napięcie na rezystorze 6 wpływając w określony sposób na czas przebywania układu w stanie ograniczenia dynamicznego, przy czym zmiany obciążenia o tendencji zwykłej wpływają na ten czas skracając i odwrotnie.

Jeżeli przeciążenia powtarzają się nadmiernie często, to chociaż czas trwania poszczególnych przeciążeń jest stosunkowo krótki, wówczas układ dzięki własnościom pamięciowym układu całkującego przejdzie po pewnym czasie do stabilnego stanu odcięcia, traktując ten rodzaj przeciążeń jako w uśrednieniu niebezpieczny dla źródła 1 i członu wykonawczego 3.

Jeżeli przy danym stopniu przeciążenia układ przejdzie do stanu ograniczenia dynamicznego bezpośrednio ze stanu normalnej pracy (względnie szybko), to czas jego przebywania w tym stanie będzie dłuższy niż wtedy, gdy przy takim samym stopniu przeciążenia przejdzie on po uprzednim dłuższym przebywaniu w stanie ograniczenia statycznego. Wynika to stąd, że w pierwszym przypadku kondensator 15 zaczyna się ładować praktycznie od zerowej wartości napięcia, a drugim przypadku jest on już wstępnie naładowany do pewnego poziomu. W rezultacie uprzednie przebywanie w stanie ograniczenia statycznego zostanie dzięki pamięciowym właściwościom układu uwzględnione w jego logice działania.

W stabilnym stanie odcięcia obydwa tranzystory regulacyjne 8 i 9 są zatkane, zaś obydwa tranzystory zabezpieczające 10 i 11 przewodzą, przy czym pierwszy z nich jest nasycony. Tranzystory zabezpieczające 10 i 11 podtrzymują się wzajemnie w stanie przewodzenia pomimo całkowitego braku prądu obciążenia i tym samym utrzymują ciągle w stanie zatkania obydwa tranzystory regulacyjne 8 i 9. Przy odpowiednio dobranych parametrach układu, prąd pobierany w tym stanie przez układ zabezpieczający 4 ze źródła napięcia 1 jest niewielki w porównaniu z nominalną wartością roboczego prądu obciążenia w stanie normalnej pracy. W celu przywrócenia normalnych warunków pracy wystarczy odłączyć źródło napięcia 1 i po pewnym czasie (po rozładowaniu się z kondensatora 15 do napięcia niższego od wartości odtykającej drugi tranzystor zabezpieczający 11) ponownie źródło to dołączyć. Jeżeli w chwili włączania nie ma przeciążenia, to układ jednoznacznie ustawi się w stanie normalnej pracy, jeżeli natomiast przeciążenie istnieje, wówczas układ przejdzie do stanu odcięcia z zachowaniem warunku ograniczenia prądowego w stanach pośrednich.

Działanie układu zabezpieczającego 4 nie zależy od ilości tranzystorów regulacyjnych użytych w członie wykonawczym 3, ani od typu ich przewodnictwa. Poprawną współpracę układu zabezpieczającego 4 z członem wykonawczym 3 uzyskuje się przez proste dostosowanie układu zabezpieczającego 4 do różnych rodzajów rozwiązania układowego członów wykonawczych oraz do określonego usytuowania obu tych członów 3 i 4 względem źródła napięcia 1 i obciążenia 2, a także przez właściwy dobór użytych elementów i ich parametrów. Jest zasadą, że jeżeli człon wykonawczy 3 włączony jest w szynę zasilającą od strony dodatniego bieguna źródła zasilania 1, wówczas w układzie zabezpieczającym 4 pierwszy tranzystor zabezpieczający 10 musi mieć przewodnictwo typu n-p-n, a drugi tranzystor zabezpieczający 11 – przewodnictwo typu p-n-p i odwrotnie. W przykładzie pokazanym na fig. 2 zastosowano prosty jednotranzystorowy człon wykonawczy 3 włączony szynę zasilającą od strony ujemnego bieguna źródła zasilania 1. W układzie zabezpieczającym 4 pierwszy tranzystor 10 jest typu p-n-p, a drugi 11 typu n-p-n.

Na figurze 2 pokazano ponadto przykład prostego zwiększenia stałej czasowej obwodu całkującego przez podział szeregowego rezystora 14 na dwie części i dodanie równoległego kondensatora 16. Możliwy jest także podział rezystora 14 na większą ilość części i uzupełnienie obwodu całkującego większą liczbą kondensatorów dodatkowych. Jednotranzystorowy człon wykonawczy 3 stosowany jest praktycznie w przypadkach małych roboczych prądów obciążenia lub przy użyciu układu zabezpieczającego 4 z tranzystorami większej mocy (a zwłaszcza pierwszego tranzystora zabezpieczającego 10). W tym przypadku, napięcie kolektor-emiter tranzystora regulacyjnego 8 jest w normalnych warunkach pracy niewiele większe od jego napięcia baza-emiter.

W przypadku pracy z dużymi prądami obciążenia, stosowane są wielotranzystorowe człony wykonawcze. W przykładzie pokazanym na fig. 3 człon wykonawczy 3, oprócz wstępnego tranzystora regulacyjnego 8 i głównego tranzystora regulacyjnego 9, zawiera jeszcze jeden dodatkowy tranzystor regulacyjny 20. Wszystkie tranzystory są typu p-n-p, przy czym tranzystory regulacyjne 8 i 9 pracują w układzie wspólnego emitera (OE), a tranzystor regulacyjny 20 – w układzie wspólnego kolektora (OC). Kolektor pierwszego tranzystora zabezpieczającego 10 połączony jest z wejściowym punktem regulacyjnym 23 poprzez rezystor 17, a emiter drugiego tranzystora zabezpieczającego 11 również połączony jest z wejściowym punktem regulacyjnym 23.

Działanie układu zabezpieczającego 4 nie różni się od opisanego wyżej, przy czym o poszczególnych stanach jego pracy decyduje spadek napięcia na rezystorze 17. Regulacyjny spadek napięcia na członie wykonaw-

czym 3 jest sumą napięć baza-emiter dwu tranzystorów regulacyjnych 9 i 20 oraz napięcia na rezystorze 19. W wyniku działania członu wykonawczego 3 w sposób niezależny od obciążenia 2, napięcie na rezystorze 19 w normalnych warunkach pracy ustawia się samoczynnie na małej wartości, a przez rezystor 18 nie płynie prąd. Zatem emiter drugiego tranzystora regulacyjnego 11 może być dołączony do źródła zasilania 1 od strony członu wykonawczego 3 (jak na fig. 1 i fig. 2) zamiast do wejściowego punktu regulacyjnego 23. Wówczas o poszczególnych stanach pracy układu decyduje suma napięć na rezystorach 17 i 18.

W przykładzie pokazanym na fig. 4, działanie członu wykonawczego 3 uzależnione jest nie tylko od układu zabezpieczającego 4, ale również od obciążenia 2. W normalnych warunkach pracy układ zabezpieczający 4 jest nieczynny, a człon wykonawczy 3 i jego obciążenie 2 tworzą pętlę regulacyjną szeregowego stabilizatora napięcia. W warunkach przeciążenia interweniuje układ zabezpieczający 4, w wyniku czego powstaje w stanach ograniczenia pętla regulacyjna szeregowego stabilizatora prądu. Obciążenie 2 obejmuje sobą właściwe obciążenie stabilizatora 21 oraz inne elementy regulacyjne (źródło odniesienia, układ porównujący wraz ze stopniem wzmacniacza błędu). W tym przypadku emiter drugiego tranzystora zabezpieczającego 11 nie może być dołączony do źródła zasilania 1 od strony członu wykonawczego 3, ponieważ w wyniku przepływu prądu przez rezystor 18 w stanie normalnej pracy, powstaje na tym rezystorze stosunkowo duży spadek napięcia. Spadek napięcia na rezystorze 19 wraz z sumą napięć baza-emiter tranzystorów regulacyjnych 9 i 20 określa regulacyjne napięcie członu wykonawczego 3.

Na figurze 5 pokazany jest zabezpieczony przed przeciążeniem szeregowy stabilizator napięcia, w którym regulacyjne napięcie członu wykonawczego 3 określone jest spadkiem napięcia na rezystorze 22, oraz sumą napięć baza-emiter trzech tranzystorów regulacyjnych 8, 9 i 20. W przykładzie pokazanym na fig. 5 (podobnie jak na fig. 1 ÷ fig. 4) wszystkie obwody elementów składowych obciążenia 2 są zasilane poprzez człon wykonawczy 3.

Na figurze 6 pokazano przykład stabilizatora napięcia, zbudowanego w oparciu o określony typ regulatora scalonego 24, w którym zamiast wewnętrznego układu zabezpieczającego o działaniu ciągłym użyty został układ zabezpieczający 4. W przykładzie tym cały człon wykonawczy 3 stanowi integralną część regulatora scalonego 24, przy czym wejściowy punkt regulacyjny 23 tego członu jest wyprowadzony na zewnątrz. W rozwiązaniu tym pewna część obwodów regulatora scalonego 24 zasilana jest bezpośrednio ze źródła napięcia 1 z pominięciem członu wykonawczego 3. W tych warunkach układ zabezpieczający 4 może chronić źródło napięcia 1 przed przeciążeniami zaistniałymi w zewnętrznym obciążeniu stabilizatora 21 oraz tylko w niektórych obwodach regulacyjnych (podobnie jak to ma miejsce przy wykorzystaniu wewnętrznego układu zabezpieczającego w regulatorze skalonym 24). Ograniczoność zabezpieczenia jest analogiczna w przykładzie pokazanym na fig. 7, na której przedstawiony jest stabilizator napięcia, zbudowany w oparciu o inny, określony typ regulatora scalonego 24. W stabilizatorze tym część tranzystorów członu wykonawczego 3 zawarta jest wewnątrz regulatora scalonego 24, a część stanowi uzupełnienie zewnętrzne.

W przykładach pokazanych na fig. 1 ÷ fig. 6 wejściowy punkt regulacyjny 23 członu wykonawczego 3 połączony jest bezpośrednio z bazą wstępnego tranzystora regulacyjnego 8, natomiast punkt ten wyprowadzony ze scalonej części członu wykonawczego na fig. 7 połączony jest z bazą wstępnego tranzystora regulacyjnego 8 poprzez tranzystor 25 w połączeniu diodowym. Mogą być również wykorzystywane inne pośrednie wejściowe punkty regulacyjne, wyprowadzone poprzez rezystory, diody, tranzystory i tym podobne elementy pomocnicze.

Zastrzeżenie patentowe

Tranzystorowy układ zabezpieczający źródło napięcia przed przeciążeniem, współpracujący z członem wykonawczym włączonym szeregowo w jedną z szyn zasilających pomiędzy źródło napięcia a jego obciążenie oraz zawierający rezystor kontrolny włączony szeregowo w szynę zasilającą przeciwną niż człon wykonawczy, z n a m i e n n y t y m, że jest zbudowany na dwóch tranzystorach zabezpieczających (10, 11) o wzajemnie odmiennym typie przewodnictwa, z których pierwszy tranzystor zabezpieczający (10) jest dołączony emiternie do rezystora kontrolnego (5) od strony źródła napięcia (1), bazą poprzez rezystor (12) do rezystora kontrolnego (5) od strony obciążenia (2) i kolektorem bezpośrednio lub poprzez rezystor (17) do wejściowego punktu regulacyjnego (23) członu wykonawczego (3), a drugi tranzystor zabezpieczający (11) jest dołączony kolektorem poprzez rezystor (13) do bazy pierwszego tranzystora zabezpieczającego (10), bazą poprzez rezystor (14) do kolektora pierwszego tranzystora zabezpieczającego (10) i emiternie do źródła napięcia (1) po stronie członu wykonawczego (3) lub do wejściowego punktu regulacyjnego (23), członu wykonawczego (3), przy czym złącze baza-emiter drugiego tranzystora zabezpieczającego (11) jest zbocznikowane kondensatorem (15).

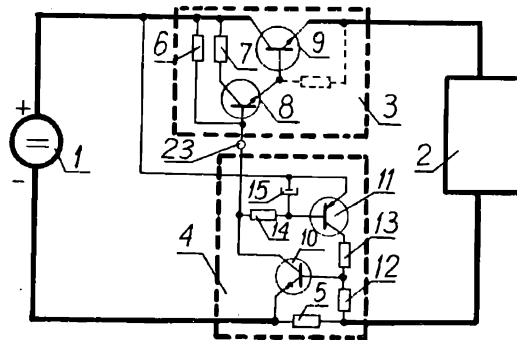


Fig. 1

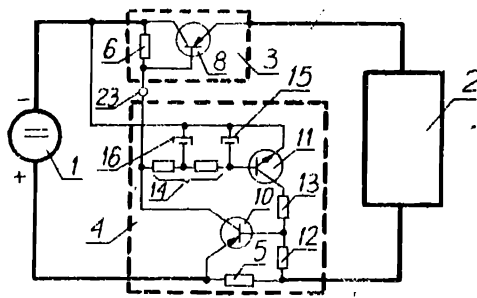


Fig. 2

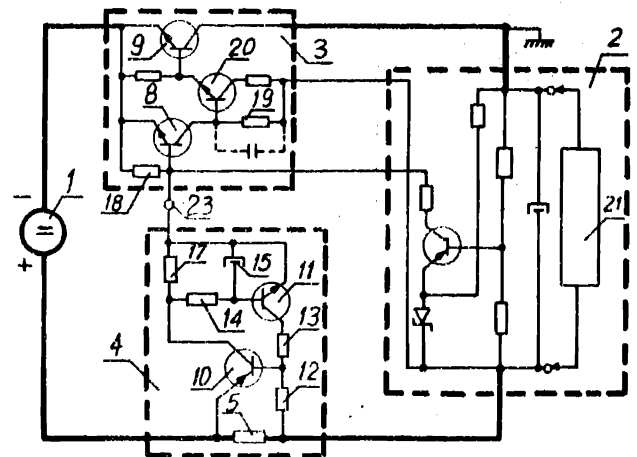


Fig. 4

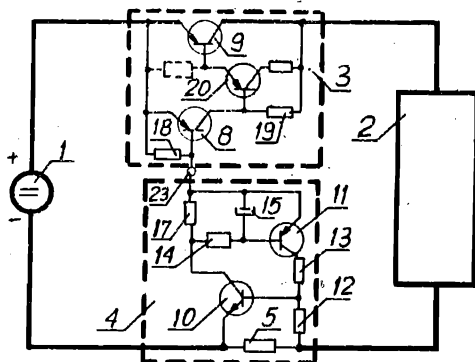


Fig. 3

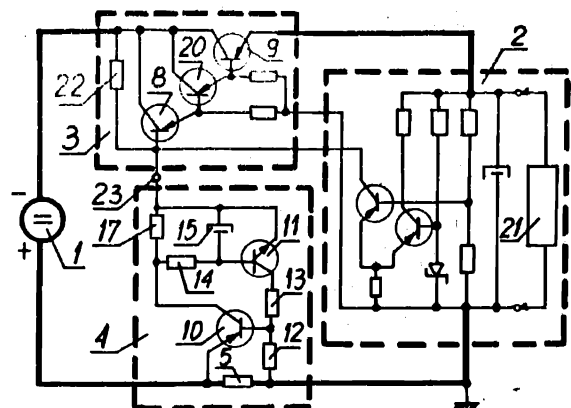


Fig. 5

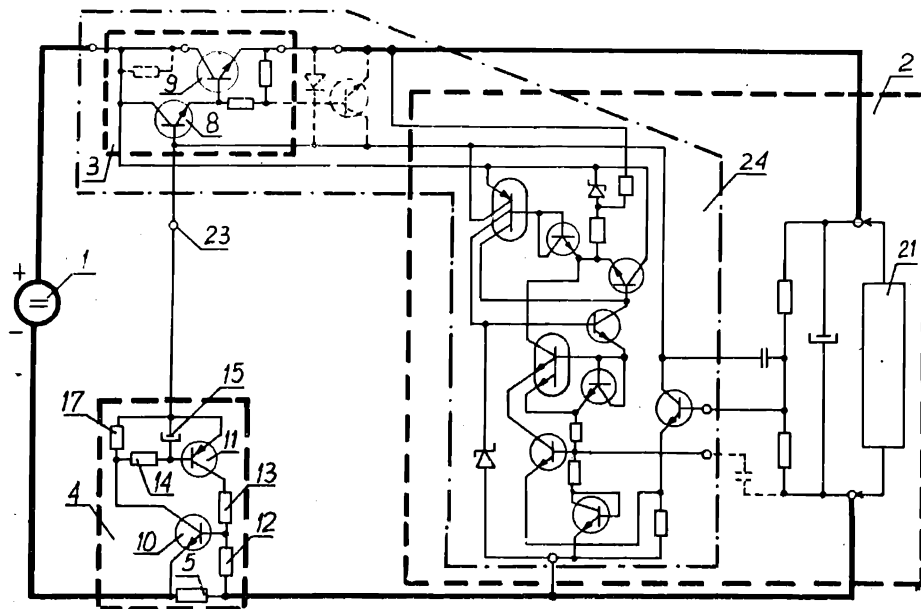


Fig. 6

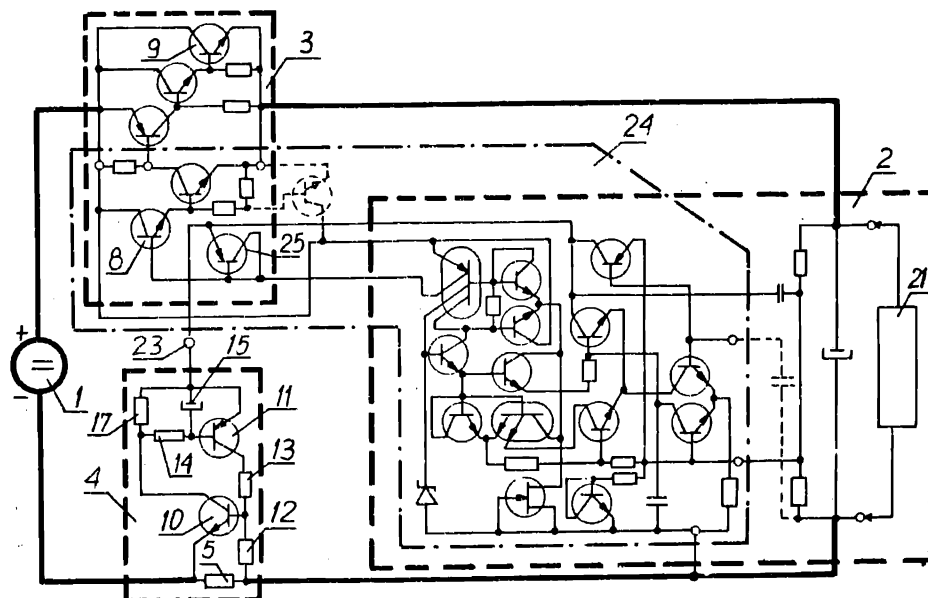


Fig. 7