



Patent dodatkowy  
do patentu nr \_\_\_\_\_

Zgłoszono: 10.04.75 (P. 180190)

Pierwszeństwo: \_\_\_\_\_

Zgłoszenie ogłoszono: 18.12.76

Opis patentowy opublikowano: 20.09.1979

Int. Cl.<sup>3</sup> G05F 1/66

**CZYTELNIA**

Urzędu Patentowego  
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

**Twórcy wynalazku:** Henryk Gawroński, Jerzy Rogoźnicki  
**Uprawniony z patentu:** Zjednoczone Zakłady Produkcji Aparatury  
Naukowej, Warszawa (Polska)

**Tyrystorowy układ regulacji mocy z kompensacją zmian napięcia  
sieci zasilającej**

1

Przedmiotem wynalazku jest tyrystorowy układ regulacji mocy z kompensacją zmian napięcia sieci zasilającej, wyposażony w stopień mocy zawierający tyrystory lub tyrystory symetryczne do stosowania w układach regulacji temperatury oraz w innych zespołach automatyki wymagających precyzyjnego sterowania sygnałem regulującym dużej mocy.

Znane są wzmacniacze mocy z sygnałem wyjściowym stałoprądowym oraz wzmacniacze o działaniu impulsowym, w których prąd wyjściowy jest przemienny lub stanowi sumę prądu stałego i przemiennego. Jako elementy wykonawcze w stopniach wyjściowych mocy o działaniu impulsowym stosowane są tranzystory oraz tyrystory i tyrystory symetryczne, wykorzystywane na ogół we wzmacniaczach o dużej mocy wyjściowej, gdzie jest wymagana wysoka sprawność energetyczna.

W znanych wzmacniaczach tego typu sygnał wejściowy jest przekazywany do przesuwnika fazowego, który steruje bezpośrednio układ wyzwalania członu tyrystorowego. Rozwiązania takie są wrażliwe na zmiany napięcia sieci zasilającej, co ogranicza lub uniemożliwia ich zastosowanie w urządzeniach automatyki i sterowania.

Wynalazek stanowi układ tyrystorowego regulatora mocy, w którym sygnał wejściowy doprowadzony do jednego z wejść wzmacniacza operacyjnego jest porównywany z sygnałem sprzężenia zwrotnego podawanym na drugie wejście tego wzmac-

2

niacza. Do wyjścia wzmacniacza dołączony jest układ zsynchronizowanego z siecią generatora napięcia piłokształtnego. Generator ten steruje jedno z wejść komparatora wyzwalanego przy porównaniu z określoną stałą wartością napięcia odniesienia. Wyjściowy sygnał ujemny komparatora ładuje kondensator poprzez rezystor i diodę, a wyjściowy sygnał dodatni przeładowuje go w obwodzie rezystora i złącza emiter-baza tranzystora. Po nasyceniu tranzystora na pierwszym transformatorze, połączonym uzwojeniem pierwotnym z kolektorem uzyskuje się prąd wyzwalający dołączony do uzwojenia wtórnego półprzewodnikowy łącznik oraz przepływ prądu przez obciążenie dołączone równolegle do uzwojenia pierwotnego drugiego transformatora. Spadek napięcia na obciążeniu zostaje wyprostowany, a składowa stała sygnału napięciowego jest podawana do drugiego wejścia wzmacniacza, zamykając tym samym pętlę sprzężenia zwrotnego.

W szczególnym przypadku, gdy łącznik stanowią pracujące na przemian tyrystory są one włączone w układzie prostownika sterowanego zasilanego z sieci za pośrednictwem transformatora sieciowego. Tyrystory te są dołączone do obciążenia oraz obwodu filtrującego składowe zmienne sygnału napięciowego z tego obciążenia. Układ zsynchronizowanego z siecią generatora napięcia piłokształtnego stanowi rezystor włączony pomiędzy wyjściem wzmacniacza i wejściem komparatora, do

którego jest dołączony kondensator połączony równolegle ze sterowanym impulsowo z sieci elementem kluczującym.

Rozwiązanie układu według wynalazku, zwłaszcza dzięki wykorzystaniu pętli sprzężenia zwrotnego oraz tyrystorowego stopnia wyjściowego, umożliwia uzyskanie wysokiej sprawności energetycznej przy jednoczesnym uniezależnieniu układu od zmian napięcia sieci zasilającej. Przykład wykonania według wynalazku jest odtworzony na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat blokowy przykładowego wykonania układu regulacji według wynalazku, fig. 2 — schemat układu połączeń jednego z rozwiązań według fig. 1, fig. 3 — inny przykład wykonania układu według wynalazku, fig. 4 — przebiegi napięciowe lub prądowe sygnału w charakterystycznych punktach układu według fig. 2 i fig. 3.

Układ według wynalazku zawiera wzmacniacz operacyjny 1, w którym do wejścia nieinwersyjnego jest doprowadzone napięcie sterujące, a do wejścia inwersyjnego napięcie ujemnego sprzężenia zwrotnego. Sygnał z wyjścia wzmacniacza, proporcjonalny do różnicy napięć wejściowych, jest podawany do zsynchronizowanego z siecią generatora 2 napięcia piłokształtnego. Generator steruje jedno z wejść układu komparatora 3. Do drugiego wejścia komparatora podaje się stałe dodatnie napięcie odniesienia  $U_{odn}$ . Zmiana stanu komparatora powoduje wytworzenie na jego wyjściu napięcia dodatniego, a tym samym przepływ prądu w układzie wyzwalającym 4 oraz wyzwolenie półprzewodnikowego łącznika bezstykowego 5, na przykład tyrystora symetrycznego typu TRIAC. Włączenie łącznika umożliwia przepływ prądu przez obciążenie dołączone równolegle do uzwojenia pierwotnego drugiego transformatora 6. Spadek napięcia na obciążeniu spowodowany przepływem prądu jest transformowany przez transformator 6, a następnie prostowany w układzie prostownika 7 i filtrowany w układzie filtrującym 8. W ten sposób uzyskane napięcie sprzężenia zwrotnego jest dostarczane do wejścia inwersyjnego wzmacniacza 1. Generator 2 zawiera dodatkowo układ kluczujący umożliwiający uzyskanie synchronizacji z napięciem sieci. Jak to przedstawiono na fig. 2 i fig. 4 działanie przykładowo rozwiązane układu według wynalazku jest następujące:

Wejściowy napięciowy sygnał sterujący jest podawany do wejścia nieinwersyjnego wzmacniacza operacyjnego 1. Do wejścia inwersyjnego wzmacniacza 1 przekazywany jest napięciowy sygnał ujemnego sprzężenia zwrotnego. Napięcie wyjściowe wzmacniacza 1, proporcjonalne do różnicy napięć wejściowych ładuje kondensator 12 poprzez rezystor 10 według krzywej wykładniczej przedstawionej na fig. 4A. Napięcie na kondensatorze 12 podawane jest do jednego z wejść komparatora 3. Do wejścia drugiego komparatora 3 doprowadzane jest stałe dodatnie napięcie odniesienia  $U_{odn}$ . Dopóki napięcie na kondensatorze 12 jest mniejsze od napięcia odniesienia  $U_{odn}$ , napięcie na wyjściu komparatora 3 jest ujemne, powodując ładowanie kondensatora 14 przez rezystor 13 i diodę 15. W momencie, gdy napięcie na kondensatorze 12

przekroczy poziom napięcia odniesienia, komparator 3 zmienia swój stan, wytwarzając na wyjściu napięcie dodatnie, jak to pokazano na fig. 4C.

Zmiana stanu komparatora 3 wywołuje przeładowanie kondensatora 14 przez rezystor 13 i złącze emiter—baza tranzystora 16. Przepływ prądu przez złącze emiter—baza tranzystora 16 powoduje chwilowe nasycenie tranzystora 16 zgodnie z fig. 4D. Wskutek nasycenia tranzystora 16 następuje impulsowy przepływ prądu przez pierwotne uzwojenie transformatora 17 oraz kolektor i emiter tranzystora 16. Prąd ten, przetransformowany za pomocą transformatora 17, wyzwala łącznik 5. Czas trwania impulsu wyzwalającego określony jest czasem niezbędnym na przeładowanie kondensatora 14, spowodowane zmianą stanu komparatora 3. Czas ten można zmieniać przez dobieranie wartości rezystora 13 i kondensatora 14.

Włączenie łącznika 5 umożliwia przepływ prądu przez obciążenie dołączone równolegle do uzwojenia pierwotnego transformatora 6. Spadek napięcia na obciążeniu spowodowany przepływem prądu transformowany jest za pomocą transformatora 6, a następnie prostowany dwupołkowo za pomocą diod 22 i 23 tak, jak uwidoczniono na fig. 4E. Po odfiltrowaniu w układzie filtru dolnoprzepustowego złożonego z kondensatorów 9 i 21 oraz rezystorów 18, 19 i 20, napięcie sprzężenia zwrotnego jest dostarczane do wejścia inwersyjnego wzmacniacza operacyjnego 1. Synchronizację z napięciem sieci zapewnia klucz tranzystorowy 11, który każdorazowo w chwili przejścia napięcia sieci przez zero jest pobudzany z zewnątrz układu impulsem prądowym tak, jak to przedstawiono na fig. 4B.

Przepływ prądu w obwodzie emiter—baza tranzystora 11 wywołuje nasycenie tego tranzystora i w konsekwencji rozładowanie kondensatora 12. Wskutek rozładowania kondensatora 12 komparator 3 zmienia swój stan na ujemny. Cykl pracy kończy się w momencie przejścia napięcia sieci przez zero powodującego samoczynne wyłączenie się łącznika 5. W stanie ustalonym napięcie sprzężenia zwrotnego dołączone do wejścia inwersyjnego wzmacniacza 1 jest prawie równe, ale mniejsze od wejściowego napięcia sterującego doprowadzonego do wejścia nieinwersyjnego.

W innym przykładzie wykonania układu według wynalazku, jak to przedstawiono na fig. 3, łącznik półprzewodnikowy 5 stanowią tyrystory 5' i 5'' pracujące w układzie prostownika sterowanego zasilanego z sieci za pośrednictwem transformatora 24. Katody tyrystorów dołączone są do obciążenia oraz do filtru dolnoprzepustowego. Działanie układu jest analogiczne do wykonania przedstawionego na fig. 2. Charakterystyczne przebiegi napięć i prądów w układzie zilustrowano na fig. 4. Różnica w pracy polega na tym, że tyrystory 5' i 5'' pracują na przemian. W chwili, gdy komparator 3 zmienia swój stan z ujemnego na dodatni, impuls prądowy powstający na wtórnym uzwojeniu transformatora 17 wyzwala ten z tyrystorów, którego anoda jest spolaryzowana dodatnio względem katody.

Wyzwolenie któregośkolwiek z tyrystorów powoduje przepływ prądu przez obciążenie, a spadek napięcia na obciążeniu zgodny jest z fig. 4E. Skła-

dowa stała napięcia obciążenia wydzielona w układzie filtru dolnoprzepustowego, złożonego z kondensatorów 9 i 21 oraz rezystorów 18, 19 i 20, podawana jest na wejście inwersyjne wzmacniacza operacyjnego 1, zamykając tym samym pętlę sprzężenia zwrotnego.

Wersja przedstawiona na fig. 3 znajduje zastosowanie w urządzeniach średniej mocy. Istotną zaletą takiego wykonania jest to, że jeden z biegunów obciążenia może być dołączony do masy i uziemiony.

Układy regulacji mocy wykonane zgodnie z wynalazkiem znajdują szerokie zastosowanie w tych układach automatyki i sterowania, w których wymagana jest pełna kompensacja zmian napięcia sieci zasilającej układy wykonawcze dużej mocy.

#### Zastrzeżenia patentowe

1. Tyristorowy układ regulacji mocy z kompensacją zmian napięcia sieci zasilającej wyposażony w stopień mocy zawierający tyrystory lub tyrystory symetryczne, **znamienny tym**, że sygnał wejściowy doprowadzony do jednego z wejść wzmacniacza operacyjnego (1) jest porównywany z sygnałem sprzężenia zwrotnego podawanym na drugie wejście wzmacniacza, do wyjścia którego jest dołączony układ (2) zsynchronizowanego z siecią generatora napięcia piłokształtnego sterujący jedno z wejść komparatora (3) wyzwalanego przy porównaniu z określoną stałą wartością napięcia odniesienia ( $U_{odn}$ ) tak, że wyjściowy sygnał ujemny kompa-

ratora ładuje kondensator (14) poprzez rezystor (13) i diodę (15), a wyjściowy sygnał dodatni przełączuje ten kondensator (14) w obwodzie rezystora (13) i złącza emiter-baza tranzystora (16), po nasyceniu którego na pierwszym transformatorze (17), połączonym uzwojeniem pierwotnym z kolektorem, uzyskuje się prąd wyzwalający dołączony do uzwojenia wtórnego półprzewodnikowy łącznik (5) oraz przepływ prądu przez obciążenie dołączone równolegle do uzwojenia pierwotnego drugiego transformatora (6), a spadek napięcia na obciążeniu zostaje wyprostowany, przy czym składowa stała tego sygnału jest podawana do drugiego wejścia wzmacniacza (1), zamykając tym samym pętlę sprzężenia zwrotnego.

2. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że łącznik (5) stanowią pracujące naprzemiennie tyrystory ( $5'$  i  $5''$ ) włączone w układzie prostownika sterowanego, zasilanego z sieci za pośrednictwem transformatora sieciowego (24), przy czym tyrystory są włączone pomiędzy uzwojeniem wtórnym tego transformatora i obciążeniem połączonym z obwodem filtrującym składowe zmienne sygnału napięciowego tego obciążenia.

3. Układ według zastrz. 1 albo 2, **znamienny tym**, że układ (2) zsynchronizowanego z siecią generatora napięcia piłokształtnego stanowi rezystor (10) włączony pomiędzy wyjściem wzmacniacza (1) i wejściem komparatora (3), do którego jest dołączony kondensator (12) połączony równolegle ze sterowanym impulsowo z sieci elementem klucującym (11).

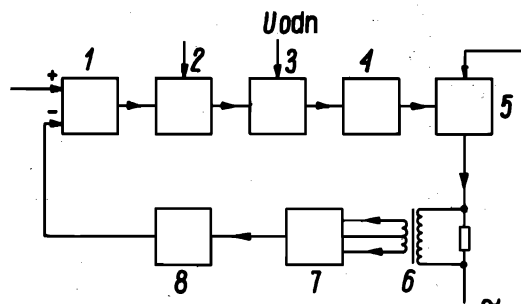


Fig. 1

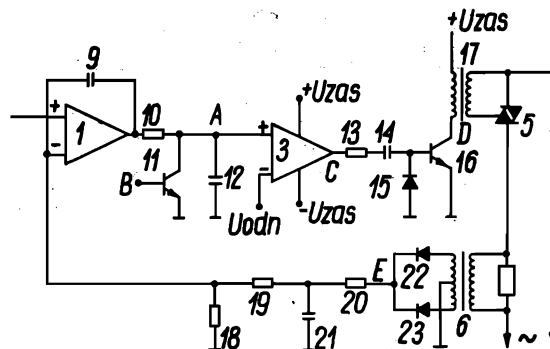


Fig. 2

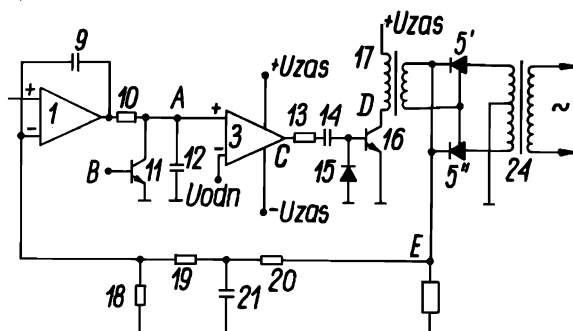


Fig. 3

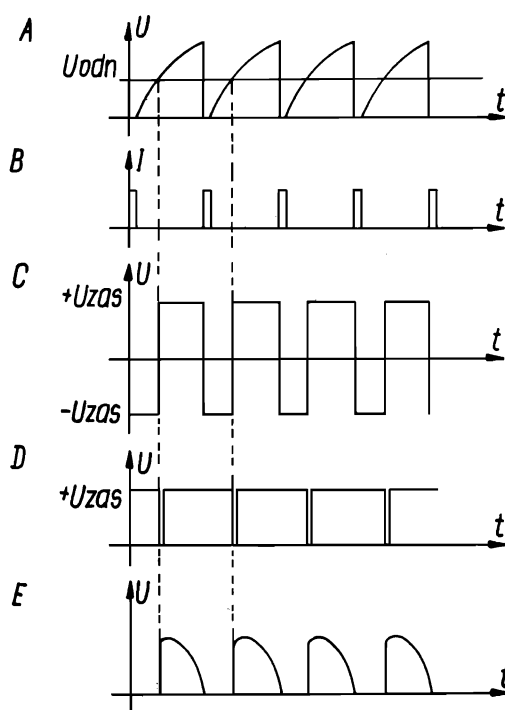


Fig. 4