RZECZPOSPOLITA POLSKA

Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **233323** (13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **421542**

(22) Data zgłoszenia: **09.05.2017**

(51) Int.Cl.
H03H 1/02 (2006.01)
H03H 5/12 (2006.01)

(54) **Sposób i układ odzyskiwania energii elektrycznej z obwodu elektrycznego wymagającego użycia rezystora**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
19.11.2018 BUP 24/18

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
30.09.2019 WUP 09/19

(73) Uprawniony z patentu:
AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE, Kraków, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
ALEKSANDER DZIADECKI, Kraków, PL
JANUSZ GRZEGORSKI, Kraków, PL
JÓZEF SKOTNICZNY, Kraków, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Małgorzata Geissler

PL 233323 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób i układ odzyskiwania energii elektrycznej z obwodu elektrycznego wymagającego użycia rezystora, zwłaszcza z obwodu elektrycznego zawierającego filtr złożony z elementów RLC. Rozwiązanie znajduje zastosowanie w przemysłowych układach energoelektronicznych.

Znany jest sposób z opisu patentowego nr EP0759230 *C-MOS PROGRAMMABLE RESISTOR-BASED TRANSCONDUCTOR* w którym jest zaproponowany sposób użycia rezystorów aktywnych o wartości sterowanej sygnałem zewnętrznym, w układzie pętli prądowej. Energia elektryczna dostarczana do tych rezystorów jest na nich tracona i wydzielana do otoczenia w postaci ciepła.

Inny sposób znany z opisu patentowego nr US 5666087A *Active resistor for stability compensation* wykorzystuje rezystory aktywne jako rezystory zamykające obwód prądowy transkonduktora, w celu uzyskania poprawy stabilności zamkniętego układu regulacji. Również i w tym przypadku energia elektryczna dostarczana do tych rezystorów jest na nich tracona i wydzielana do otoczenia w postaci ciepła.

Znany jest z artykułu „*Obciążenie aktywne*", Elektronika Praktyczna 12/96, sposób i układ do symulacji stałej rezystancji sztucznego obciążenia, czyli takiego, które powoduje proporcjonalny wzrost natężenia prądu płynącego przez układ wraz ze wzrostem napięcia zasilania. Sposób do symulacji stałej rezystancji sztucznego obciążenia polega na tym, że dokonuje się porównania sygnału rzeczywistej wartości napięcia na obciążeniu z sygnałem napięciowym, spadkiem napięcia na rezystorze pomiarowym, odpowiadającym rzeczywistej wartości prądu obciążenia. Odpowiednio do wyniku tego porównania steruje tranzystor wykonawczy MOSFET, aby utrzymać stałą proporcję sygnału rzeczywistej wartości napięcia na obciążeniu względem sygnału napięciowego odpowiadającym rzeczywistej wartości prądu. W rozwiązaniu tym cała energia elektryczna doprowadzona do tranzystora wykonawczego symulującego stałą rezystancję obciążenia jest przez niego przekazywana do otoczenia w postaci ciepła. Układ do symulacji stałej rezystancji sztucznego obciążenia zawiera tranzystor wykonawczy MOSFET, którego źródło jest połączone poprzez rezystor pomiarowy z masą obwodu obciążenia, a dren z dodatnim potencjałem obwodu obciążenia. Bramka tranzystora wykonawczego jest połączona poprzez rezystor z wyjściem operacyjnego wzmacniacza błędu. Nieodwracające wejście tego wzmacniacza jest połączone poprzez dzielnik rezystancyjny z suwakiem potencjometru przeznaczonego do ustalania zadanej wartości prądu obciążenia, a pozostałe wyprowadzenia tego potencjometru do napięcia obwodu obciążenia. Odwracające wejście wzmacniacza błędu jest połączone poprzez rezystor z źródłem tranzystora wykonawczego połączonym z rezystorem pomiarowym.

Urządzenia energoelektroniczne są zwykle przyłączane do sieci energetycznej lub innego źródła za pośrednictwem filtrów, których zadaniem jest zmniejszenie negatywnego wpływu układu na te źródła, na przykład poprzez zmniejszenie zawartości harmonicznych. Filtry prądu i/lub napięcia zbudowane są z elementów indukcyjnych L i pojemnościowych C w różnych konfiguracjach. Dodatkowym używanym w nich elementem jest rezystor, którego zadaniem jest zapobieganie rezonansom pomiędzy elementami indukcyjnymi L i pojemnościowymi C filtru i sieci energetycznej, mogącym pojawić się w układzie, Wadą takiego rozwiązania są straty energii wydzielającej się na rezystorze, co pogarsza sprawność całego urządzenia.

Sposób odzyskiwania energii z obwodu elektrycznego wymagającego użycia rezystora, zwłaszcza z obwodu elektrycznego zawierającego filtr złożony z elementów RLC, według wynalazku, polega na tym, że rezystor zastępuje się układem odzyskiwania energii, mającym przekształtnik energoelektroniczny, którego wejście połączone jest z obwodem elektrycznym w miejsce zastępowanego rezystora, a wyjście połączone jest z zasobnikiem energii elektrycznej.

Na podstawie sygnału uzyskiwanego z bloku pomiaru napięcia wejściowego na zaciskach wejściowych układu odzyskiwania energii i sygnału uzyskiwanego z bloku pomiaru prądu wejściowego, układu odzyskiwania energii, za pomocą bloku sterowania, tak steruje się przekształtnikiem energoelektronicznym, aby średnia wartość prądu wejściowego za okres impulsowania przekształtnika energoelektronicznego była proporcjonalna do średniej wartości napięcia wejściowego w danym okresie impulsowania. W ten sposób, aby była spełniona zależność, że iloczyn tej wartości prądu i żądanej wartości rezystancji zadawanej, był równy średniej wartości napięcia wejściowego za okres impulsowania przekształtnika, zaś okres impulsowania przekształtnika by był wielokrotnie mniejszy od okresu najwyższej znaczącej składowej harmonicznej w przebiegu napięcia wejściowego układu odzyskiwania energii. Wartość zadawanej rezystancji ustala się równą rezystancji zastępowanego rezystora.

Energię pobieraną na wejściu przekształtnika energoelektronicznego oddaje się do zasobnika energii, dołączonego do wyjścia tego przekształtnika. Ilość tej energii odpowiada stratom energii na rezystorze pomniejszonej o straty powstałe w procesie przetwarzania. Z zasobnika energii układu odzyskiwania energii, energię w znany sposób zwraca się do systemu energetycznego lub jest ona zużyta w autonomicznych odbiornikach energii.

Układ odzyskiwania energii z obwodu elektrycznego wymagającego użycia rezystora, przystosowany jest zwłaszcza do obwodu elektrycznego zawierającego filtr złożony z elementów RLC. Istotą układu jest to, że wejście dołączane w miejsce zastępowanego rezystora, jest połączone do wejścia przekształtnika energoelektronicznego, a wyjście tego przekształtnika połączone jest z wejściem bloku zasobników energii. Na wejściu układu odzyskiwania energii włączony jest blok pomiaru napięcia wejściowego i blok pomiaru prądu wejściowego. Wyjścia sygnałowe bloków pomiarowych połączone są z blokiem sterowania, który ma również wejście zadawanej wartości rezystancji. Wyjście bloku sterowania połączone jest odpowiednio z przekształtnikiem energoelektronicznym. Wyjście bloku zasobników energii jest wyjściem układu odzyskiwania energii, który w znany sposób, umożliwiający jednokierunkowe przekazywanie energii, jest dołączony do systemu energetycznego (SE) lub do autonomicznego odbiornika energii (AOE).

Korzystnym jest jeśli w przekształtniku energoelektronicznym pierwszy zacisk wejściowy poprzez dławik połączony jest równocześnie przez pierwszy łącznik elektroniczny z zaciskiem dodatniego potencjału pierwszego zasobnika energii i przez drugi łącznik elektroniczny z zaciskiem ujemnego potencjału pierwszego zasobnika energii. Drugi zacisk wejściowy połączony jest przez trzeci łącznik elektroniczny z zaciskiem dodatniego potencjału pierwszego zasobnika energii i przez czwarty łącznik elektroniczny z zaciskiem ujemnego potencjału pierwszego zasobnika energii.

Korzystnie jest także jeśli w przekształtniku energoelektronicznym pierwszy zacisk wejściowy poprzez dławik połączony jest równocześnie przez piąty łącznik elektroniczny z zaciskiem dodatniego potencjału drugiego zasobnika energii i przez szósty łącznik elektroniczny z zaciskiem ujemnego potencjału trzeciego zasobnika energii. Drugi zacisk wejściowy połączony jest z zaciskiem ujemnego potencjału drugiego zasobnika energii i z zaciskiem dodatniego potencjału trzeciego zasobnika energii.

Rozwiązanie według wynalazku poprawia w znaczący sposób sprawność obwodów, w których został zastosowany.

Przedmiot wynalazku w przykładzie wykonania uwidoczniono na rysunku, na którym fig. 1, 2 i 3 są schematami blokowymi wynalazku. Fig. 4 przedstawia schemat ideowo-blokowy jednego z przykładów.

Jak ilustruje fig. 1 wejście układu odzyskiwania energii UOE dołączane jest do obwodu elektrycznego OR, wymagającego użycia rezystora, w miejsce zastępowanego rezystora. Wejście układu jest wejściem przekształtnika energoelektronicznego PE, a wyjście tego przekształtnika połączone jest z wejściem bloku zasobników energii ZE. Na wejściu układu odzyskiwania energii UOE włączony jest blok Mu pomiaru napięcia wejściowego U_R i blok M_I pomiaru prądu wejściowego I_R. Wyjścia sygnałowe bloków pomiarowych połączone są z blokiem sterowania BS, który ma również wejście zadawanej wartości rezystancji Rz. Wyjście bloku sterowania BS połączone jest odpowiednio z przekształtnikiem energoelektronicznym PE, natomiast wyjście bloku zasobników energii ZE jest wyjściem układu odzyskiwania energii UOE. Na fig. 1 przepływ energii pomiędzy przekształtnikiem energoelektronicznym PE, blokiem zasobników energii ZE i wyjście z bloku zasobników oznaczono linią podwójna.

Sposób działania układu odzyskiwania energii, pokazany schematycznie na fig 1, jest następujący: Na wejściu układu mierzy się napięcie wejściowe U_R oraz prąd wejściowy I_R i na podstawie sygnałów uzyskiwanych z bloku pomiaru napięcia M_u i bloku pomiaru prądu M_I za pomocą bloku sterowania BS, tak steruje się przekształtnikiem energoelektronicznym PE, aby średnia wartość prądu wejściowego I_R za okres impulsowania przekształtnika była proporcjonalna do średniej wartości napięcia wejściowego U_R w danym okresie impulsowania tak, aby była spełniona zależność, że iloczyn tej wartości prądu I_R i żądanej wartości rezystancji zadawanej R_z, był równy średniej wartości napięcia wejściowego U_R okres impulsowania przekształtnika, za zaś okres impulsowania przekształtnika by był wielokrotnie mniejszy od okresu najwyższej znaczącej składowej harmonicznej w przebiegu napięcia wejściowego U_R.

Wartość zadawanej rezystancji R_z ustala się równą rezystancji zastępowanego rezystora. Energię pobieraną w procesie impulsowego sterowania przekształtnika na wejściu przekształtnika energoelektronicznego PE oddaje się do zasobnika energii ZE, dołączonego do wyjścia tego przekształtnika, ilość tej energii odpowiada stratom energii na rezystorze pomniejszonej o straty powstałe w proce-

sie przetwarzania. Z zasobnika energii ZE układu odzyskiwania energii, energię w znany sposób zwraca się do systemu energetycznego SE lub jest zużyta w autonomicznych odbiornikach energii AOE.

P r z y k ł a d 1 pokazany na fig. 2

Zachowując podstawowy układ opisany powyżej w przekształtniku energoelektronicznym PE pierwszy zacisk wejściowy We1 poprzez dławik L połączony jest równocześnie przez pierwszy łącznik elektroniczny K1 z zaciskiem dodatniego potencjału pierwszego zasobnika energii +ZE1 i przez drugi łącznik elektroniczny K2 z zaciskiem ujemnego potencjału pierwszego zasobnika energii -ZE1. Drugi zacisk wejściowy We2 połączony jest przez trzeci łącznik elektroniczny K3 z zaciskiem dodatniego potencjału pierwszego zasobnika energii +ZE1 i przez czwarty łącznik elektroniczny K4 z zaciskiem ujemnego potencjału pierwszego zasobnika energii -ZE1. Napięcie na tym zasobniku wynosi U_{z1}.

P r z y k ł a d 2 pokazany na fig. 3

Zachowując podstawowy układ, opisany powyżej przykładu 1, w przekształtniku energoelektronicznym PE pierwszy zacisk wejściowy We1 poprzez dławik L połączony jest równocześnie przez piąty łącznik elektroniczny K5 z zaciskiem dodatniego potencjału drugiego zasobnika energii +ZE2 i przez szósty łącznik elektroniczny K6 z zaciskiem ujemnego potencjału trzeciego zasobnika energii -ZE3. Drugi zacisk wejściowy We2 połączony jest z zaciskiem ujemnego potencjału drugiego zasobnika energii -ZE2 i z zaciskiem dodatniego potencjału trzeciego zasobnika energii +ZE3. Napięcia na zasobnikach energii wynoszą odpowiednio U_{z2}, U_{z3}

P r z y k ł a d 3 pokazany na fig. 4

Układ został zastosowany do obwodu zawierającego filtry typu LCLR, wymagające tłumienia częstotliwości rezonansowej przez użycie rezystorów. Obwód zawiera falownik napięcia VSI połączony z siecią zasilającą. Obwód sprzęgający LCLR składa się z filtrów F1, F2, F3. Na fig. 4 pokazano przykładową konfigurację dla filtru F1. Wejścia We1, We2 układu odzyskiwania energii UOE są dołączone w miejsce rezystora umożliwiającego tłumienie częstotliwości rezonansowej. Pomiędzy pierwsze wejście We1 i drugie wejście We2 jest włączony blok pomiaru napięcia M_U. Pierwszy zacisk wejściowy We1 przez blok pomiaru prądu M_I i poprzez pierwszy dławik L1 połączony jest ze źródłem S1 pierwszego tranzystora T1 i drenem D2 drugiego tranzystora T2. Dren D1 pierwszego tranzystora T1 połączony jest z dodatnim biegunem pierwszego kondensatora C1, a źródło S2 drugiego tranzystora T2 połączone jest z ujemnym biegunem drugiego kondensatora C2. Drugi zacisk wejściowy We2 połączony jest poprzez drugi dławik L2 z ujemnym biegunem pierwszego kondensatora C1 oraz dodatnim biegunem drugiego kondensatora C2. Wyjście bloku pomiaru napięcia M_U, jest dołączone do pierwszego wejścia bloku sterowania BS łączników elektronicznych. Wyjście bloku pomiaru prądu M_I jest dołączone do drugiego wejścia bloku sterowania BS łączników elektronicznych. Do trzeciego wejścia bloku sterowania BS łączników elektronicznych jest dołączony podawany sygnał zadanej wartości rezystancji R_z. Wyjścia sygnałowe bloku sterowania BS łączników elektronicznych dołączone są odpowiednio do bramki G1 pierwszego tranzystora T1 i bramki G2 drugiego tranzystora T2.

Do zacisku dodatniego potencjału wyjścia stałoprądowego falownika napięcia VSI jest dołączony dodatni biegun pierwszego kondensatora C1, dren D1 pierwszego tranzystora T1, a do zacisku ujemnego potencjału wyjścia stałoprądowego falownika napięcia VSI jest dołączony ujemny biegun drugiego kondensatora C2, źródło S2 drugiego tranzystora T2.

Układ z przykładu 3 zastosowano do tłumienia rezonansu w filtrach obwodu sprzęgającego F1, F2, F3 równoległego kompensatora aktywnego RKA z falownikiem napięciowym VSI o mocy 15kVA połączonym z siecią zasilającą przez układ sprzęgający posiadający w każdej gałęzi filtr z dławikami o indukcyjnościach 1 mH i 1,5 mH, kondensatorami o pojemnościach 5 μF, 15 μF, wymagający rezystora o rezystancji 7,5 Ω. Do wyjścia stałoprądowego falownika dołączono połączone szeregowo kondensatory elektrolityczne C1 i C2 o pojemności 6,6 mF każdy. Wartość napięcia U_{C1}, U_{C2} na tych kondensatorach była kontrolowana i utrzymywana na poziomie 450 V przez układ sterowania falownika napięcia VSI. Do kluczowania prądu w zewnętrznym obwodzie filtru obwodu sprzęgającego F1, wymagającym zastosowania rezystora, użyto tranzystorów T1, T2 o symbolu C2M0160120D, które były kluczowane z bloku sterowania BS z częstotliwością 80 kHz. W obwodzie umieszczono dławiki L1, L2 o indukcyjnościach równych 1mH.

W czasie pracy układu, pokazanego na przykładzie 3 jeśli potencjał pierwszego wejścia We1 jest wyższy od potencjału drugiego wejścia We2, to po załączeniu przez blok sterowania BS drugiego tranzystora T2 w obwodzie zawierającym drugi kondensator C2 oraz dławiki L1 i L2 popłynie prąd I_R. W czasie tego cyklu chwilowa wartość płynącego prądu narasta, a energia pobierana z drugiego kon-

densatora C2 i filtru F1 jest magazynowana w indukcyjnościach dławików L1 i L2. W czasie drugiego cyklu pracy, gdy blok sterowania łączników elektronicznych BS wysteruje pierwszy tranzystor T1, prąd I_R płynący tak jak poprzednio przez dławiki L1 i L2 popłynie teraz przez diodę zwrotną pierwszego tranzystora T1 do pierwszego kondensatora C1. Chwilowa wartość prądu w czasie tego cyklu zmniejsza się, a energia pobierana z filtru F1 i dławików L1 oraz L2 jest przekazywana do pierwszego kondensatora C1. Odpowiedni poziom i równość napięć U_{c1} i U_{c2} na kondensatorach C1 i C2 jest zapewniany w znany sposób przez układ sterowania, nie uwidoczniony na rysunku, falownika napięcia VSI. Wielkość tętnień prądu I_R jest zależna między innymi od częstotliwości kluczowania tranzystorów T1 i T2 oraz od wartości indukcyjności dławików L1 i L2.

W przedstawionych układach zastosowano, nie pokazane na rysunkach, znane układy wstępnego ładowania kondensatorów do poziomu napięcia występującego na nich w czasie normalnej pracy układu, zapewniające jego poprawną pracę w czasie rozruchu, gdy napięcia na tych kondensatorach są równe zeru.

Zaletą zastosowanego w tym przykładzie wykonania układu energoelektronicznego umożliwiającego uzyskanie tłumienia rezonansu na przykład w obwodach sprzęgających równoległych kompensatorów aktywnych RKA jest uproszczenie układu sterowania tych kompensatorów przy jednoczesnym bardzo znacznym ograniczeniu strat energii wynikających z możliwości odzyskiwania energii elektrycznej używanej do realizacji procesu tłumienia według przedstawionego w wynalazku rozwiązania. Umożliwiło to zapewnienie jednocześnie wysokiej dynamiki prądu wyjściowego i skutecznego tłumienia rezonansu obwodu sprzęgającego.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób odzyskiwania energii z obwodu elektrycznego wymagającego użycia rezystora, zwłaszcza z obwodu elektrycznego zawierającego filtr złożony z elementów RLC, **znamienny tym**, że rezystor zastępuje się układem odzyskiwania energii (UOE), złożonym z przekształtnika energoelektronicznego (PE), którego wejście połączone jest z obwodem elektrycznym w miejsce zastępowanego rezystora, a wyjście połączone jest z zasobnikiem energii (ZE) elektrycznej, w którym to przekształtniku energoelektronicznym (PE) na podstawie sygnału uzyskiwanego z bloku pomiaru napięcia wejściowego (U_R) na zaciskach wejściowych układu odzyskiwania energii (UOE) i sygnału uzyskiwanego z bloku pomiaru prądu wejściowego (I_R) układu odzyskiwania energii (UOE), tak steruje się przekształtnikiem energoelektronicznym (PE), aby średnia wartość prądu wejściowego (I_R) za okres impulsowania przekształtnika energoelektronicznego (PE) była proporcjonalna do średniej wartości napięcia wejściowego (U_R) w danym okresie impulsowania tak, aby była spełniona zależność, że iloczyn tej wartości prądu (I_R) i żądanej wartości rezystancji zadawanej (R_z), równej rezystancji zastępowanego rezystora, był równy średniej, wartości napięcia wejściowego (U_R) za okres impulsowania przekształtnika energoelektronicznego (PE), zaś okres impulsowania przekształtnika energoelektronicznego (PE) był wielokrotnie mniejszy od okresu najwyższej znaczącej składowej harmonicznej w przebiegu napięcia wejściowego (U_R) układu odzyskiwania energii (UOE), przy czym energię pobieraną w procesie impulsowego sterowania przekształtnika energoelektronicznego (PE) na wejściu tego przekształtnika oddaje się do zasobnika energii (ZE), dołączonego do wyjścia tego przekształtnika, w ilości energii odpowiadającej stratom energii na rezystorze pomniejszonej o straty powstałe w procesie przetwarzania, natomiast energię z zasobnika energii (ZE), w znany sposób, zwraca się do systemu energetycznego (SE) lub jest ona zużywana w autonomicznych odbiornikach energii (AOE).
2. Układ odzyskiwania energii z obwodu elektrycznego wymagającego użycia rezystora, zwłaszcza z obwodu elektrycznego zawierającego filtr złożony z elementów RLC, **znamienny tym**, że wejście, które dołączane jest w miejsce zastępowanego rezystora, jest połączone do wejścia przekształtnika energoelektronicznego (PE), a wyjście tego przekształtnika połączone jest z wejściem bloku zasobników energii (ZE), ponadto na wejściu układu odzyskiwania energii (UOE) włączony jest blok (M_U) pomiaru napięcia wejściowego (U_R) i blok (M_I) pomiaru prądu wejściowego (I_R), których to bloków wyjścia sygnałowe połączone są z blokiem sterowania (BS), mającym dodatkowo wejście zadawanej wartości rezystancji (R_z), a wyjście bloku sterowania (BS) połączone jest odpowiednio z przekształtnikiem energoelek-

tronicznym (PE), natomiast wyjście bloku zasobników energii (ZE) jest wyjściem układu odzyskiwania energii (UOE), który w znany sposób jest dołączony do systemu energetycznego (SE) lub do autonomicznego odbiornika energii (AOE).

3. Układ według zastrz. 2, **znamienny tym**, że w przekształtniku (PE) pierwszy zacisk wejściowy (We1) poprzez dławik (L) połączony jest równocześnie przez pierwszy łącznik elektroniczny (K1) z zaciskiem dodatniego potencjału pierwszego zasobnika energii (ZE1) i przez drugi łącznik elektroniczny (K2) z zaciskiem ujemnego potencjału pierwszego zasobnika energii (ZE1), natomiast drugi zacisk wejściowy (We2) połączony jest przez trzeci łącznik elektroniczny (K3) z zaciskiem dodatniego potencjału pierwszego zasobnika energii (ZE1) i przez czwarty łącznik elektroniczny (K4) z zaciskiem ujemnego potencjału pierwszego zasobnika energii (ZE1).
4. Układ według zastrz. 2, **znamienny tym**, że w przekształtniku (PE) pierwszy zacisk wejściowy (We1) poprzez dławik (L) połączony jest równocześnie przez piąty łącznik elektroniczny (K5) z zaciskiem dodatniego potencjału drugiego zasobnika energii (ZE2) i przez szósty łącznik elektroniczny (K6) z zaciskiem ujemnego potencjału trzeciego zasobnika energii (ZE3), natomiast drugi zacisk wejściowy (We2) połączony jest z zaciskiem ujemnego potencjału drugiego zasobnika energii (ZE2) i z zaciskiem dodatniego potencjału trzeciego zasobnika energii (ZE3).

Wykaz oznaczeń

UOE	układ odzyskiwania energii (przedmiot zgłoszenia)
OR	obwód elektryczny wymagający użycia rezystora (do którego przyłączamy UOE)
SE/OE	system energetyczny lub autonomiczny odbiornik energii
PE	przekształtnik energoelektroniczny
ZE	blok zasobników energii
M_U	blok pomiaru napięcia wejściowego
M_I	blok pomiaru prądu wejściowego
BS	blok sterowania
R_Z	zadawana rezystancja
We1	pierwszy zacisk wejściowy
We2	drugi zacisk wejściowy
L	dławik
ZE1	pierwszy zasobnik energii,
+ ZE1	dodatni potencjał pierwszego zasobnika energii
- ZE1	ujemny potencjał pierwszego zasobnika energii
ZE2	drugi zasobnik energii
+ZE2	dodatni potencjał drugiego zasobnika energii
- ZE2	ujemny potencjał drugiego zasobnika energii
ZE3	trzeci zasobnik energii
+ZE3	dodatni potencjał trzeciego zasobnika energii
-ZE3	ujemny potencjał trzeciego zasobnika energii
K1	pierwszy łącznik elektroniczny
K2	drugi łącznik elektroniczny
K3	trzeci łącznik elektroniczny

K4	czwarty łącznik elektroniczny
K5	piąty łącznik elektroniczny
K6	szósty łącznik elektroniczny
T1	pierwszy tranzystor
T2	drugi tranzystor
S1, S2	źródło tranzystora
D1, D2	dren tranzystora
G1, G2	bramka tranzystora
L1	pierwszy dławik
L2	drugi dławik
C1	pierwszy kondensator
C2	drugi kondensator
VSI	falownik napięcia
F1, F2, F3	filtry sprzęgające
U_R	napięcie wejściowe UOE
I_R	prąd wejściowy UOE
U_{Z1}	napięcie na pierwszym zasobniku energii
U_{Z2}	napięcie na drugim zasobniku energii
U_{Z3}	napięcie na trzecim zasobniku energii
U_{C1}	napięcie na pierwszym kondensatorze C1
U_{C2}	napięcie na drugim kondensatorze C2

Rysunki

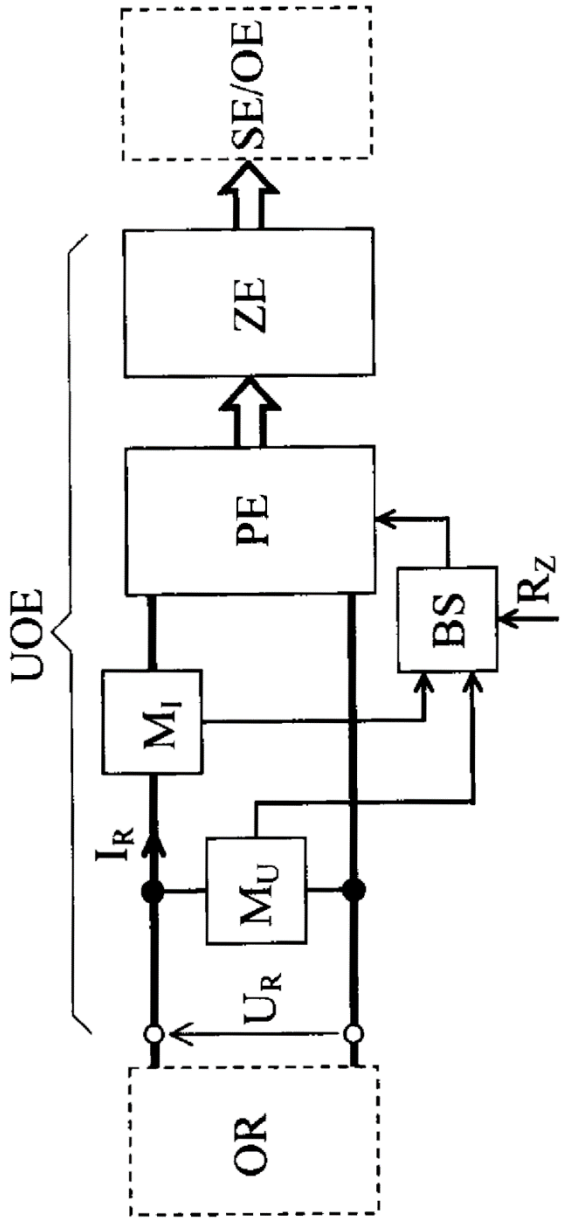

Fig.1

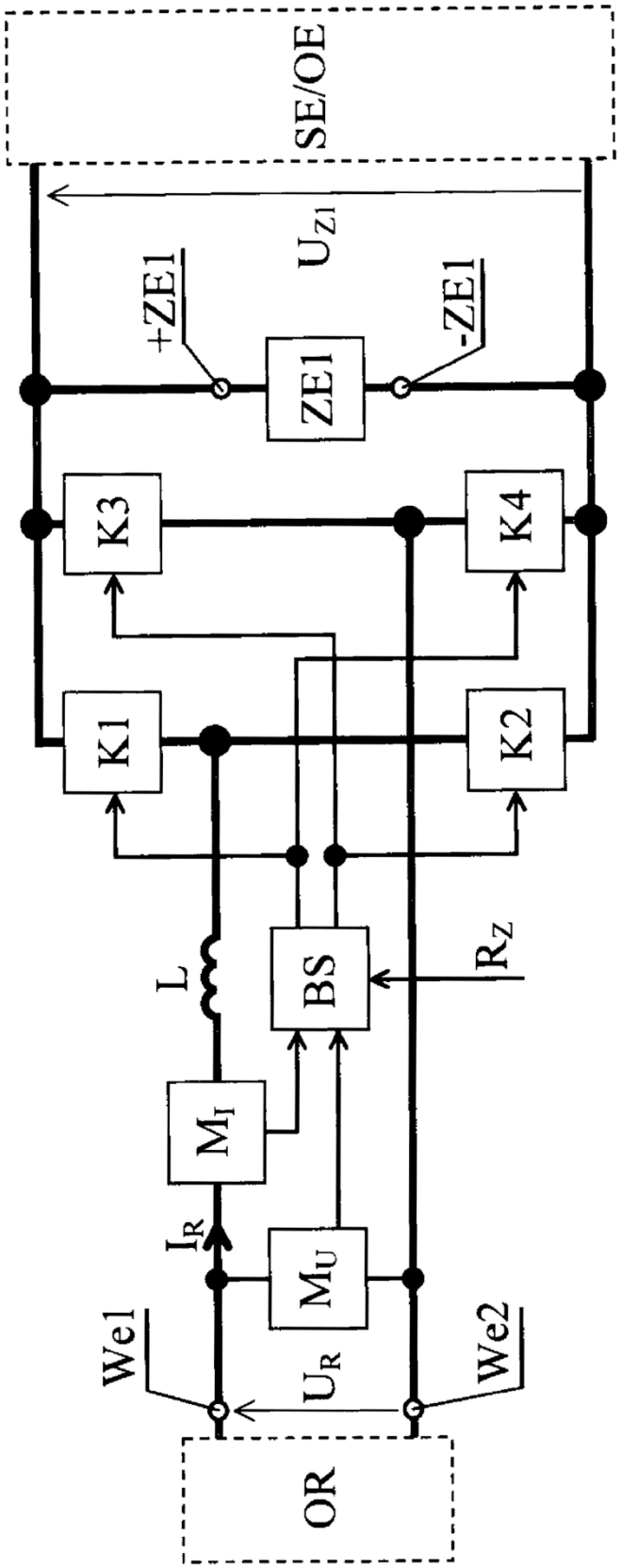

Fig.2

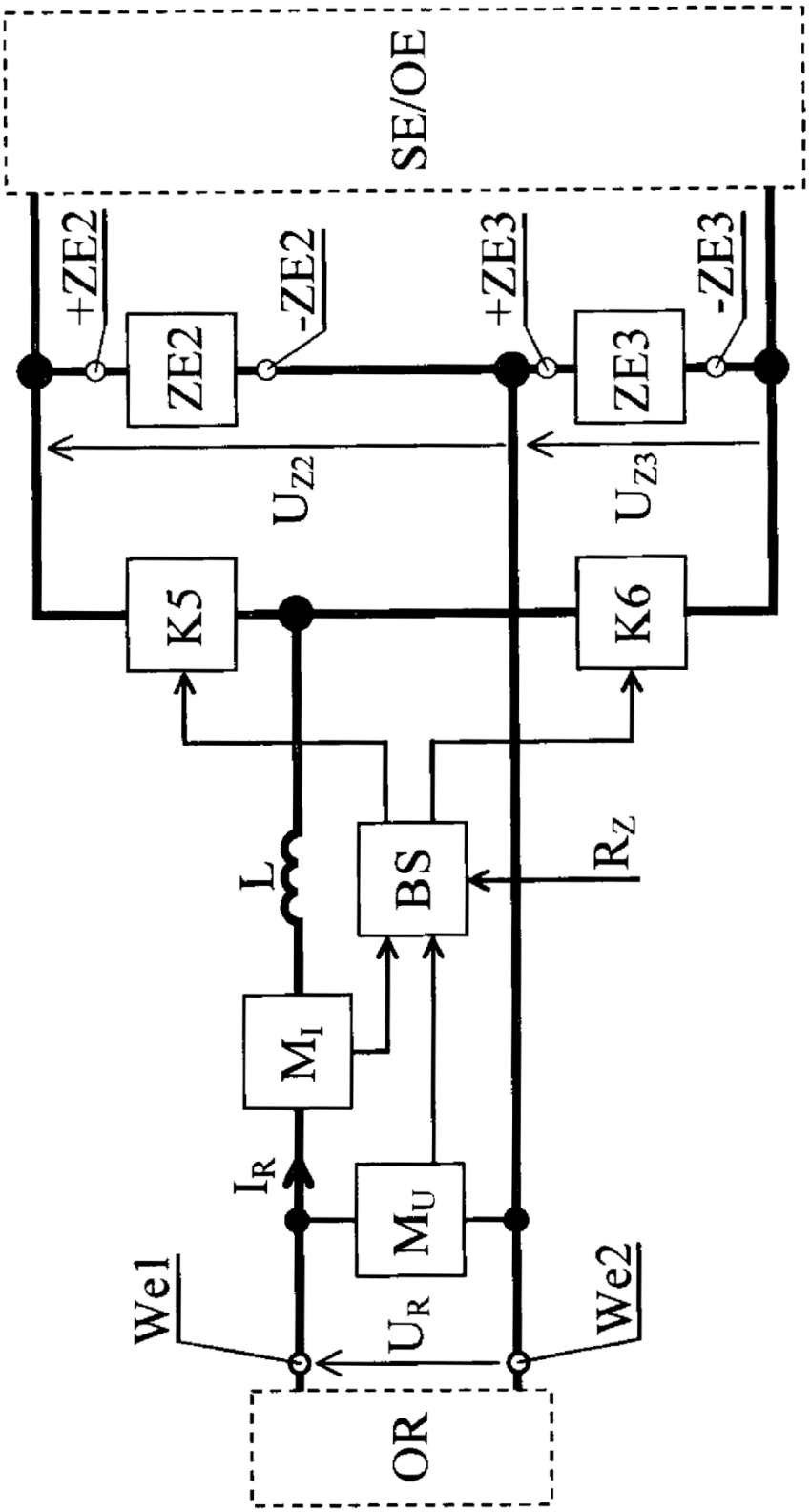
SE/OE
+ZE2
-ZE2
+ZE3
-ZE3
ZE2
ZE3
U_{Z2}
U_{Z3}
K5
K6
L
BS
R_Z
M_I
I_R
M_U
We1
U_R
We2
OR

Fig.3

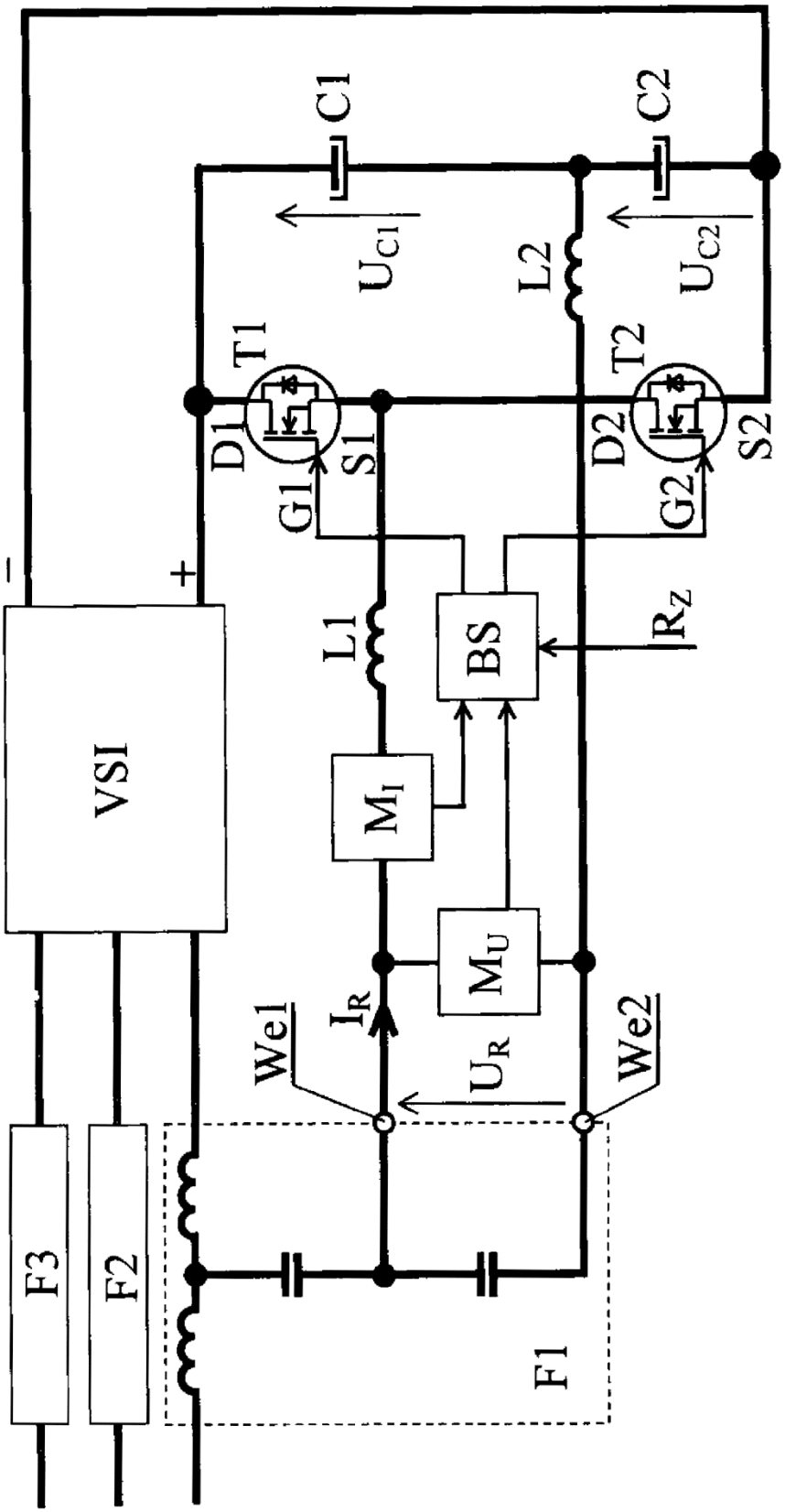
VSI
F3
F2
F1
C1
C2
U_{C1}
U_{C2}
L2
T1
T2
D1
S1
G1
D2
S2
G2
L1
BS
R_Z
M_I
M_U
I_R
U_R
We1
We2
+
−

Fig. 4

Departament Wydawnictw UPRP
Cena 4,92 zł (w tym 23% VAT)