

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **219764**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **395846**

(51) Int.Cl.
G05F 1/13 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **02.08.2011**

(54)

Zasilacz rezonansowy z dławikiem wielouzojeniowym

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

04.02.2013 BUP 03/13

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

31.07.2015 WUP 07/15

(73) Uprawniony z patentu:

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE,
Kraków, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

CEZARY WOREK, Kraków, PL

(74) Pełnomocnik:

recz. pat. Elżbieta Postolek

PL 219764 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest zasilacz rezonansowy z dławikiem wielouzwojeniowym, przeznaczony do transformacji napięć stałych.

Znane i stosowane zasilacze rezonansowe zawierają klucze zwykle w postaci mostka lub półmostka, utworzonego ze sterowanych elementów, najczęściej tranzystorów, zasilanych z zasilacza napięciowego, do którego w przekątnej mostka lub półmostka dołączony jest obwód rezonansowy zawierający obciążenie połączone z tym obwodem za pośrednictwem transformatora wyjściowego.

W polskim opisie patentowym P-313150 został przedstawiony zasilacz rezonansowy, który zapewnia utrzymanie stałej dobroci obwodu rezonansowego niezależnie od obciążenia. Wyposażony jest on w układ ogranicznika dobroci zbudowanego z transformatora, którego pierwotne uzwojenie połączone jest równolegle do kondensatora szeregowego obwodu rezonansowego, zaś wtórne uzwojenie tego transformatora poprzez prostownik połączone jest ze źródłem napięcia zasilającego w celu umożliwienia zwrotu nadwyżki energii z tego kondensatora. Cechą charakterystyczną tego zasilacza jest poprawna praca zarówno ze zwartym jak i rozwartym obwodem obciążenia.

W innym polskim opisie patentowym P-339678 zamiast transformatora wprowadzono pojemnościowy dzielnik napięcia o pojemności zastępczej równej wymaganej pojemności rezonansowej obwodu. Po podłączeniu ogranicznika diodowego do linii zasilającej klucze z jednej strony, a do kondensatorów dzielnika z drugiej strony, uzyskano ograniczenie amplitudy napięcia w tym punkcie, a tym samym zwrot nadmiaru energii i ograniczenie dobroci szeregowego obwodu rezonansowego.

Niedogodnością techniczną wynikającą ze stosowania zasilaczy ze zwrotem energii z opisu patentowego P-313150 oraz P-339678 jest to, że w obu tych przypadkach w momencie gdy obciążenie maleje (rośnie rezystancja obciążenia) maleje również prąd w szeregowym obwodzie, a jego kształt zaczyna coraz bardziej odbiegać od pożądanego sinusoidalnego. Dodatkowo, dużą niedogodnością techniczną rozwiązania przedstawionym w opisie patentowym P-313150 jest konieczność użycia transformatora w układzie zwrotu energii o mocy niemal takiej samej jak transformator wyjściowy. W przypadkach zaś opisanych w literaturze, dodatkowe uzwojenie na transformatorze wyjściowym podłączone poprzez prostownik do źródła zasilania służy stabilizacji napięcia wyjściowego bądź ograniczeniu napięcia wyjściowego w przypadku rozwarcia obwodu obciążenia.

Z amerykańskiego opisu patentowego nr US 2006/0227577 znany jest konwerter rezonansowy przeznaczony do współpracy z inwerterem. Konwerter umożliwia transformację fluktuujących i stosunkowo niskich napięć pozyskiwanych z odnawialnych źródeł energii do poziomu wymaganego przez falowniki dołączone do sieci energetycznej. Konwerter ma równoległy obwód rezonansowy, do którego, za pośrednictwem łączników prądowych, dostarczana jest energia z niskonapięciowego źródła zasilania. Proces konwersji DC/AC realizowany jest przez komutację przy zerowym napięciu. Transformator wysokiej częstotliwości, którego uzwojenie pierwotne jest dołączone do równoległego obwodu rezonansowego, zapewnia separację galwaniczną oraz wytworzenie wysokiego napięcia. Wtórne uzwojenie transformatora połączone jest z prostownikiem poprzez prądowy, szeregowy obwód rezonansowy. Konwerter dostarcza na wyjściu napięcie 450 V przy fluktuacjach napięcia 25–30%. Przedstawiona struktura konwertera jest wrażliwa na nagłe zmiany obciążenia. Jeżeli w stanie maksymalnego poboru mocy wyjściowej nastąpi nagłe odłączenie obciążenia, to zgromadzona w obwodzie rezonansowym energia, która jest z reguły znacznie większa od energii przesyłanej do obciążenia w czasie jednego cyklu komutacyjnego, może spowodować przepływ prądów w obwodzie komutacyjnym, przekraczających dopuszczalne wartości.

Celem wynalazku jest opracowanie zasilacza rezonansowego do transformacji napięć stałych, charakteryzującego się dużą odpornością na przeciążenia oraz dużą odpornością na nagłe zmiany odbieranej mocy, jak również sinusoidalnymi przebiegami prądu w obwodzie rezonansowym niezależnie od wielkości obciążenia.

Przedmiotem wynalazku jest zasilacz rezonansowy, zawierający zespół łączników prądowych połączonych w mostek lub półmostek, szeregowy obwód rezonansowy przyłączony w przekątnej mostka lub półmostka którego częścią jest dławik wielouzwojeniowy, za pośrednictwem którego do zasilacza przyłączane jest obciążenie, oraz sterownik do stabilizacji napięć lub prądów wyjściowych poprzez sterowanie częstotliwością kluczkowania zespołu łączników prądowych, charakteryzujący się tym, że szeregowy obwód rezonansowy zawiera układ zwrotu nadmiaru energii z obwodu rezonansowego do ograniczania dobroci obwodu rezonansowego, połączony przez prostownik diodowy do napięcia zasilającego, oraz układ monitorowania prądu przystosowany do monitorowania natężenia prądu.

du w układzie zwrotu nadmiaru energii z obwodu rezonansowego i do wywołania za pośrednictwem sterownika zmiany częstotliwości kluczkowania zespołu łączników prądowych w celu zmniejszenia mocy dostarczanej do obwodu rezonansowego po przekroczeniu wartości progowej natężenie prądu w układzie zwrotu nadmiaru energii z obwodu rezonansowego.

Korzystnie, indukcyjność rozproszenia dławika wielouzwojeniowego stanowi od 20% do 80% indukcyjności szeregowego obwodu rezonansowego.

Korzystnie, układ monitorowania prądu jest przystosowany do wywołania za pośrednictwem sterownika zmiany częstotliwości kluczkowania zespołu łączników prądowych nawet w ciągu jednego okresu drgań obwodu rezonansowego.

Korzystnie, układ monitorowania prądu jest przystosowany do wywołania za pośrednictwem sterownika zwiększenia częstotliwości kluczkowania zespołu łączników prądowych.

Korzystnie, układ monitorowania prądu jest przystosowany do wywołania za pośrednictwem sterownika wyłączenia zespołu łączników prądowych.

Korzystnie, układ zwrotu nadmiaru energii z obwodu rezonansowego jest przyłączony równolegle do pojemności obwodu rezonansowego. Korzystnie, elementy indukcyjne tego głównego obwodu rezonansowego mają postać zintegrowanego elementu indukcyjnego.

Korzystnie, układ zwrotu nadmiaru energii z obwodu rezonansowego jest przyłączony do elementu indukcyjnego obwodu rezonansowego poprzez silne sprzężenie indukcyjne za pośrednictwem dławika wielouzwojeniowego. Korzystnie, elementy indukcyjne tego głównego obwodu rezonansowego mają postać zintegrowanego elementu indukcyjnego.

Korzystnie, do każdego z łączników prądowych są dołączone równolegle elementy reaktancyjne.

Przedmiot rozwiązania został przedstawiony w przykładach wykonania na rysunku, na którym:

Fig. 1 przedstawia pierwszy przykład wykonania zasilacza rezonansowego jako pełnomostkowej przetwornicy rezonansowej z dławikiem wielouzwojeniowym i z układem ogranicznika dobroci opartym na dzielonej pojemności rezonansowej,

Fig. 2 przedstawia drugi przykład wykonania zasilacza rezonansowego jako pełnomostkowej przetwornicy rezonansowej z dławikiem wielouzwojeniowym i z układem ogranicznika dobroci opartym na dławiku wielouzwojeniowym,

Fig. 3 przedstawia trzeci przykład wykonania zasilacza rezonansowego jako półmostkowej przetwornicy rezonansowej z dławikiem wielouzwojeniowym i z układem ogranicznika dobroci opartym na dzielonej pojemności rezonansowej,

Fig. 4 przedstawia czwarty przykład wykonania zasilacza rezonansowego jako półmostkowej przetwornicy rezonansowej z dławikiem wielouzwojeniowym i z układem ogranicznika dobroci opartym na dławiku wielouzwojeniowym,

Fig. 5 przedstawia przebiegi czasowe prądów i napięć dla pierwszego przykładu wykonania zasilacza przy pełnym obciążeniu i nominalnym napięciu i prądzie na wyjściu,

Fig. 6 przedstawia przebiegi czasowe prądów i napięć dla pierwszego przykładu wykonania zasilacza przy zwarciu na wyjściu i nominalnym prądzie na wyjściu,

Fig. 7 przedstawia przebiegi czasowe prądów i napięć dla pierwszego przykładu wykonania zasilacza przy obciążeniu równym 2% wartości nominalnej i nominalnym napięciu na wyjściu.

Pierwszy przykład wykonania zasilacza rezonansowego, jako pełnomostkowej przetwornicy rezonansowej z dławikiem wielouzwojeniowym i z układem ogranicznika dobroci opartym na dzielonej pojemności rezonansowej, przedstawiono na Fig. 1. Zasilacz zawiera zespół łączników prądowych K1, K2, K3, K4 połączonych w mostek. W przekątnej mostka przyłączony jest szeregowy obwód rezonansowy, którego częścią jest dławik wielouzwojeniowy DL1, za pośrednictwem którego do zasilacza przyłączane jest obciążenie. Zasilacz zawiera również sterownik S do stabilizacji napięć lub prądów wyjściowych poprzez sterowanie częstotliwością kluczkowania zespołu łączników prądowych K1, K2, K3, K4 na podstawie wskazań układu monitorowania napięcia i/lub prądu wyjściowego UMW. Szeregowy obwód rezonansowy zawiera układ zwrotu nadmiaru energii z obwodu rezonansowego UZNE1 służący do ograniczania dobroci obwodu rezonansowego, połączony przez prostownik diodowy PD2 do napięcia zasilającego *Uzasilania*. Układ UZNE1 pozwala zabezpieczyć strukturę zasilacza rezonansowego przed niebezpiecznymi przepięciami i przetężeniami, gdyż za jego pomocą nadmiar energii znajdujący się w obwodzie rezonansowym w stanach nieustalonych jest zwracany do źródła zasilania. Ponadto, zasilacz zawiera układ monitorowania prądu UMP przystosowany do monitorowania natężenia prądu *logr* w układzie zwrotu nadmiaru energii z obwodu rezonansowego UZNE1 i do wywołania za pośrednictwem sterownika S zmiany częstotliwości kluczkowania zespołu łączników prądo-

wych K1, K2, K3, K4 w celu zmniejszenia mocy dostarczonej do obwodu rezonansowego po przekroczeniu przez $\log r$ wartości progowej natężenia prądu w układzie zwrotu nadmiaru energii z obwodu rezonansowego UZNE1. Korzystnie, układ monitorowania prądu UMP działa szybko i reaguje nawet w przeciągu jednego okresu. Zmiana częstotliwości kluczowania zespołu łączników prądowych K1, K2, K3, K4 może polegać na zwiększeniu częstotliwości kluczowania łączników prądowych, albo „wykradzeniu” pewnej ilości okresów/drgań obwodu rezonansowego, to znaczy wyłączenia zespołu łączników prądowych, tak aby ograniczyć przepięcia i przetężenia występujące w obwodzie.

Układ sterowania zasilacza wyposażony jest więc w co najmniej dwie pętle sprzężenia zwrotnego. Pierwsza pętla jest pętlą wolną, którą stanowi układ monitorowania napięcia i/lub prądu wyjściowego UMW, stabilizuje napięcie lub prąd lub moc wyjściową i jej pasmo przenoszenia jest niskie, przykładowo najczęściej poniżej kilkuset herców. Druga pętla jest pętlą szybką, którą stanowi układ monitorowania prądu UMP w układzie zwrotu energii UZNE1, który po przekroczeniu przez prąd $\log r$ ustawionych progowych wartości tak wpływa na sposób sterowania zespołem łączników prądowych, aby szybko zmniejszyć moc dostarczaną do układu.

Transformator wyjściowy jest wykonany korzystnie jako dławik wielouzwojeniowy, w którego obwodzie magnetycznym znajduje się szczelina powietrzna, a indukcyjność rozproszenia uzwojenia pierwotnego jest znaczącą częścią wypadkowej indukcyjności szeregowego obwodu rezonansowego, natomiast współczynnik sprzężenia magnetycznego k przyjmuje wartości mniejsze niż 0,98. Dławik DL1 jednocześnie służy do separacji galwanicznej obwodu falownika od obwodu wyjściowego, przy czym przekaz energii z falownika do odbiornika odbywa się z bardzo dużą sprawnością, rzędu 96%. Takie podłączenie obciążenia wyjściowego służy utrzymaniu na odpowiednim poziomie prądu płynącego przez obwód rezonansowy, nawet w przypadku braku obciążenia, a tym samym umożliwia zwiększenie dynamiki odpowiedzi na gwałtowne zmiany obciążenia.

W pierwszym przykładzie wykonania, główna pojemność rezonansowa jest podzielona na dwa szeregowo połączone kondensatory C1 i C2, przy czym układ zwrotu energii do źródła zasilania UZNE1 dołączony jest równolegle do jednej z pojemności C2.

Korzystnie, do każdego z łączników prądowych K1, K2, K3, K4 są dołączone równolegle elementy reakcyjne C4, C5, C6, C7, to znaczy układ pracuje w klasie DE.

Wartości elementów są dobrane w taki sposób, że utrzymana jest ciągłość prądu w szeregowym obwodzie rezonansowym niezależnie od obciążenia, a tym samym znacznie zwiększono dynamikę odpowiedzi zasilacza na zmiany obciążenia. Przykładowo, parametry układu przedstawionego na Fig. 1 są następujące: moc wyjściowa = 5 kW, napięcie zasilania U zasilania = 420 V, U wyjściowe = 28 VDC, C1 = C2 = 110 nF, C4 = C5 = C6 = C7 = 1 nF, L1 = 50 uH, L4 = 10 uH, L6 = L7 = 800 uH przy współczynniku sprzężenia pomiędzy nimi równym $k = 0,99$, L2 = 300 uH, L3 = 1,8 uH przy współczynniku sprzężenia pomiędzy nimi równym $k = 0,95$.

Przykłady przebiegów czasowych prądów i napięć w zasilaczu według pierwszego przykładu wykonania przy pełnym obciążeniu i nominalnym napięciu i prądzie wyjściowym przedstawiono na Fig. 5, natomiast na Fig. 6 i Fig. 7 przedstawiono odpowiednio sytuacje przy zwarciu na wyjściu i nominalnym prądzie na wyjściu oraz przy obciążeniu równym 2% wartości nominalnej i nominalnym napięciu na wyjściu. Jak widać, nawet w najgorszym przypadku zachowany jest przepływ prądu przez główny induktor L1 obwodu rezonansowego, dlatego też proponowana struktura charakteryzuje się bardzo dobrymi charakterystykami odpowiedzi impulsowej na zmianę obciążenia. Na wykresie pierwszym od góry przedstawiono linią przerywaną napięcie sterujące bramką górnego tranzystora K2, a linią ciągłą napięcie sterujące bramką dolnego tranzystora K1. Na wykresie środkowym przedstawiono linią przerywaną prąd drenu górnego tranzystora K2, a linią ciągłą prąd drenu dolnego tranzystora K1. Na wykresie dolnym przedstawiono prąd płynący przez induktor L1. Aby zabezpieczyć układ przed przetężeniami i przepięciami, mogącymi wystąpić w układzie rezonansowym przetwarzania energii, ustawiono wartość progową natężenia prądu $\log r$ w układzie zwrotu nadmiaru energii z obwodu rezonansowego UZNE1 równą 5A.

Drugi przykład wykonania zasilacza rezonansowego przedstawiono na Fig. 2. Jest on analogiczny do pierwszego przykładu wykonania, z tym że układ ogranicznika dobroci UZNE1 oparty jest na dławiku wielouzwojeniowym DL2, w którego obwodzie magnetycznym znajduje się szczelina powietrzna, a wtórne uzwojenie oddzielone galwanicznie od pierwotnego poprzez dławik i prostownik diodowy. Układ ten ma taką zaletę w stosunku do układu przedstawionego na Fig. 1, że zmniejszona jest liczba elementów indukcyjnych gdyż układ ogranicznika dobroci UZNE1 wykorzystuje główny

induktor L1 obwodu rezonansowego na którym nawinięto dodatkowe uzwojenia induktora L5 przy czym obydwa uzwojenia są ze sobą silnie sprzęgnięte.

Trzeci przykład wykonania zasilacza rezonansowego, jako półmostkowej przetwornicy rezonansowej z dławikiem wielouzwojeniowym i z układem ogranicznika dobroci opartym na dzielonej pojemności rezonansowej, przedstawiono na Fig. 3. Zasilacz zawiera zespół łączników prądowych K1, K2 połączonych w półmostek. W przekątnej półmostka przyłączony jest szeregowy obwód rezonansowy, którego częścią jest dławik wielouzwojeniowy DL1, za pośrednictwem którego do zasilacza przyłączone jest obciążenie. Zasilacz zawiera również sterownik S do stabilizacji napięć lub prądów wyjściowych poprzez sterowanie częstotliwością kluczkowania zespołu łączników prądowych K1, K2 na podstawie wskazań układu monitorowania napięcia i/lub prądu wyjściowego UMW. Szeregowy obwód rezonansowy zawiera elementy reaktancyjne L1, C1 i $C2 = C2A + C2B$, przy czym węzeł połączenia pojemności C1 i $C2 = C2A + C2B$ jest poprzez dławik L4 połączony przez prostownik diodowy PD2 do napięcia zasilającego, co stanowi układ zwrotu nadmiaru energii z obwodu rezonansowego UZNE1. Dzięki temu, poprzez dobór stosunku pojemności C1 i $C2 = C2A + C2B$ oraz wartość indukcyjności dławika L4 określa się dobroć obwodu rezonansowego. Układ UZNE1 pozwala zabezpieczyć strukturę zasilacza rezonansowego przed niebezpiecznymi przepięciami i przetężeniami, gdyż za jego pomocą nadmiar energii znajdujący się w obwodzie rezonansowym w stanach nieustalonych jest zwracany do źródła zasilania. Ponadto, zasilacz zawiera układ monitorowania prądu (UMP) przystosowany do monitorowania natężenia prądu *logr* w układzie zwrotu nadmiaru energii z obwodu rezonansowego UZNE1 i do wywołania za pośrednictwem sterownika S zmiany częstotliwości kluczkowania zespołu łączników prądowych K1, K2 w celu zmniejszenia mocy dostarczanej do obwodu rezonansowego po przekroczeniu przez *logr* wartości progowej natężenie prądu w układzie zwrotu nadmiaru energii z obwodu rezonansowego UZNE1. Korzystnie, układ monitorowania prądu UMP działa szybko i reaguje nawet w przeciągu jednego okresu. Zmiana częstotliwości kluczkowania zespołu łączników prądowych K1, K2 może polegać na zwiększeniu częstotliwości kluczkowania łączników prądowych, albo „wykradzeniu” pewnej ilości okresów/drgań obwodu rezonansowego, to znaczy wyłączenia zespołu łączników prądowych, tak aby ograniczyć przepięcia i przetężenia występujące w obwodzie.

Czwarty przykład wykonania zasilacza rezonansowego przedstawiono na Fig. 4. Jest on analogiczny do trzeciego przykładu wykonania, z tym że układ ogranicznika dobroci UZNE1 oparty jest na dławiku wielouzwojeniowym DL2, w którego obwodzie magnetycznym znajduje się szczelina powietrzna, a wtórne uzwojenie oddzielone galwanicznie od pierwotnego poprzez dławik i prostownik diodowy. Układ ten ma taką zaletę w stosunku do układu przedstawionego na Fig. 3, że zmniejsza liczbę reaktancyjnych elementów mocy jaka musi zostać użyta do budowy układu.

Korzystnie jest, gdy elementy indukcyjne głównego obwodu rezonansowego, tj. L1, L2 i L3 w pierwszym i trzecim przykładzie wykonania, albo L1, L2, L3 i L5 w drugim i czwartym przykładzie wykonania, mają postać zintegrowanego elementu indukcyjnego. Dzięki temu poprzez odpowiednie kształtowanie strumieni magnetycznych możliwa jest redukcja strat mocy oraz zmniejszenie masy i wymiarów niezbędnych elementów indukcyjnych.

Stabilizacja napięć lub prądów wyjściowych dla układu pełnego mostka i półmostka odbywa się w szerokim zakresie zmian obciążenia poprzez wolnozmiennie sterowanie częstotliwością kluczkowania zespołu łączników prądowych K1, K2, K3, K4 oraz poprzez dodatkowe wyposażenie w szybką pętlę UMP zmieniającą częstotliwość kluczkowania nawet w jednym okresie, dla której sygnałem sterującym jest amplituda prądu *logr* w układzie zwrotu energii UZNE1, co skutecznie ogranicza przepięcia i przetężenia w obwodzie rezonansowym. Takie podejście zapewnia, że przez układ zwrotu energii nie jest przenoszona duża moc, a znaczący prąd płynie przez niego tylko w stanach nieustalonych oraz w momencie występowania zakłóceń. Dodatkowo dla układu pełnego mostka w celu powiększenia dynamiki zmian obciążenia korzystnie jest dla małych obciążeń zastosować uzupełniające sterowanie fazowe kluczy prądowych, zaś dla układu półmostka korzystnie jest dla małych obciążeń zastosować uzupełniające sterowanie z wykradaniem okresów drgań obwodu rezonansowego.

Zastrzeżenia patentowe

1. Zasilacz rezonansowy, zawierający zespół łączników prądowych połączonych w mostek lub półmostek, szeregowy obwód rezonansowy przyłączony w przekątnej mostka lub półmostka, którego częścią jest dławik wielouzwojeniowy, za pośrednictwem którego do zasilacza przyłączone jest obciążenie.

żenie, oraz sterownik do stabilizacji napięć lub prądów wyjściowych poprzez sterowanie częstotliwością kluczkowania zespołu łączników prądowych, **znamienny tym**, że szeregowy obwód rezonansowy zawiera układ zwrotu nadmiaru energii z obwodu rezonansowego (UZNE1) do ograniczania dobroci obwodu rezonansowego, połączony przez prostownik diodowy (PD1) do napięcia zasilającego, oraz układ monitorowania prądu (UMP) przystosowany do monitorowania natężenia prądu (*logr*) w układzie zwrotu nadmiaru energii z obwodu rezonansowego (UZNE1) i do wywołania za pośrednictwem sterownika (S) zmiany częstotliwości kluczkowania zespołu łączników prądowych (K1, K2, K3, K4) w celu zmniejszenia mocy dostarczanej do obwodu rezonansowego po przekroczeniu przez natężenie prądu (*logr*) w układzie zwrotu nadmiaru energii z obwodu rezonansowego (UZNE1) wartości progowej.

2. Zasilacz według zastrz. 1, **znamienny tym**, że indukcyjność rozproszenia dławika wielouzwojeniowego (DL1) stanowi od 20% do 80% indukcyjności szeregowego obwodu rezonansowego.

3. Zasilacz według dowolnego z zastrz. 1–2, **znamienny tym**, że układ monitorowania prądu (UMP) jest przystosowany do wywołania za pośrednictwem sterownika (S) zmiany częstotliwości kluczkowania zespołu łączników prądowych (K1, K2, K3, K4) nawet w ciągu jednego okresu drgań obwodu rezonansowego.

4. Zasilacz według dowolnego z zastrz. 1–3, **znamienny tym**, że układ monitorowania prądu (UMP) jest przystosowany do wywołania za pośrednictwem sterownika (S) zwiększenia częstotliwości kluczkowania zespołu łączników prądowych (K1, K2, K3, K4).

5. Zasilacz według dowolnego z zastrz. 1–4, **znamienny tym**, że układ monitorowania prądu (UMP) jest przystosowany do wywołania za pośrednictwem sterownika (S) wyłączenia zespołu łączników prądowych (K1, K2, K3, K4).

6. Zasilacz według dowolnego z zastrz. 1–5, **znamienny tym**, że układ zwrotu nadmiaru energii z obwodu rezonansowego (UZNE1) jest przyłączony równolegle do pojemności (C2) obwodu rezonansowego.

7. Zasilacz według zastrz. 6, **znamienny tym**, że elementy indukcyjne głównego obwodu rezonansowego (L1, L2 i L3) mają postać zintegrowanego elementu indukcyjnego.

8. Zasilacz według dowolnego z zastrz. 1–5, **znamienny tym**, że układ zwrotu nadmiaru energii z obwodu rezonansowego (UZNE1) jest przyłączony do elementu indukcyjnego (L1) obwodu rezonansowego poprzez silne sprzężenie indukcyjne za pośrednictwem dławika wielouzwojeniowego (DL2).

9. Zasilacz według zastrz. 8, **znamienny tym**, że elementy indukcyjne głównego obwodu rezonansowego (L1, L2, L3 i L5) mają postać zintegrowanego elementu indukcyjnego.

10. Zasilacz według dowolnego z zastrz. 1–9, **znamienny tym**, że do każdego z łączników prądowych (K1, K2, K3, K4) są dołączone równolegle elementy reaktancyjne (C4, C5, C6, C7).

Rysunki

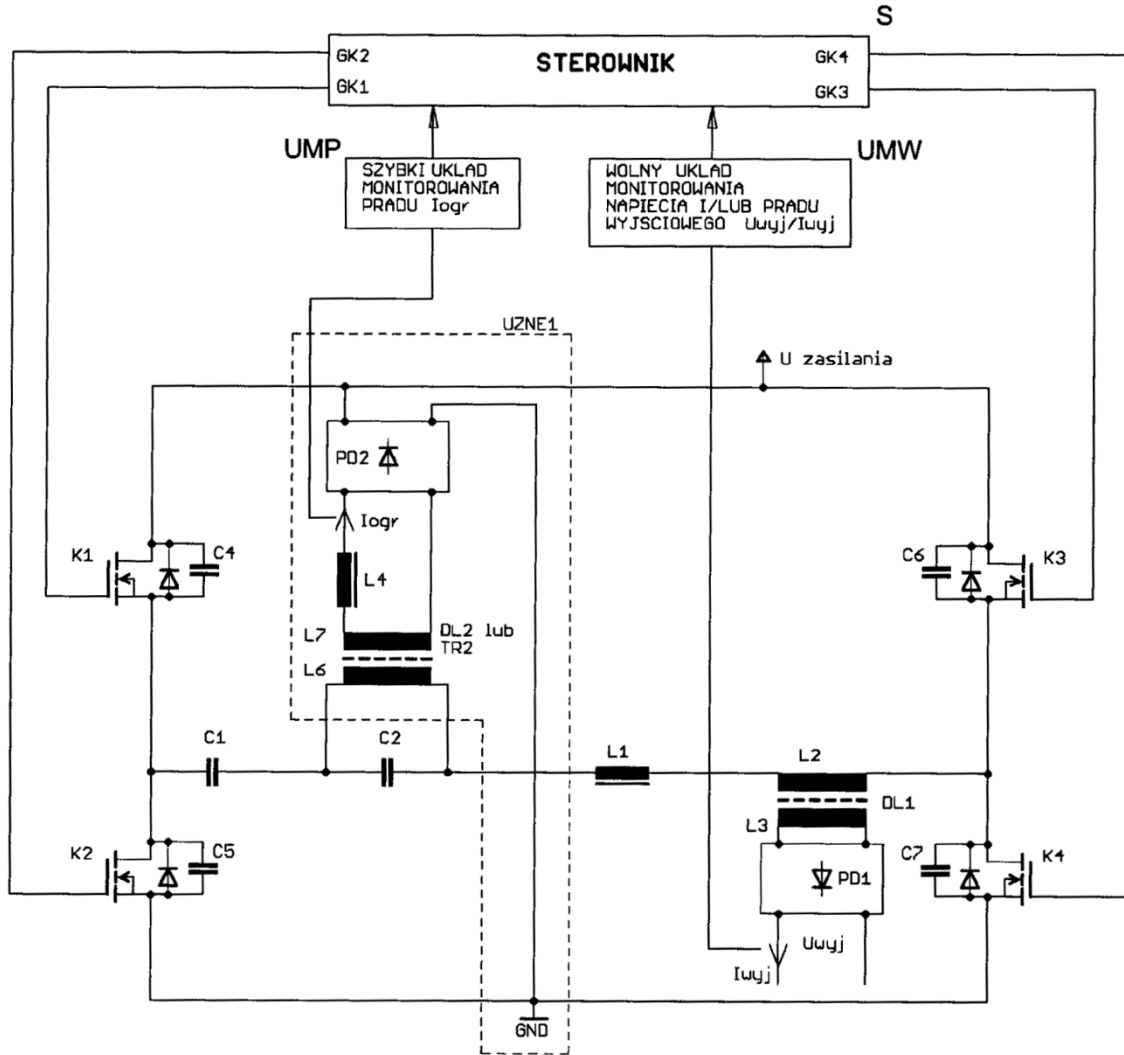


Fig. 1

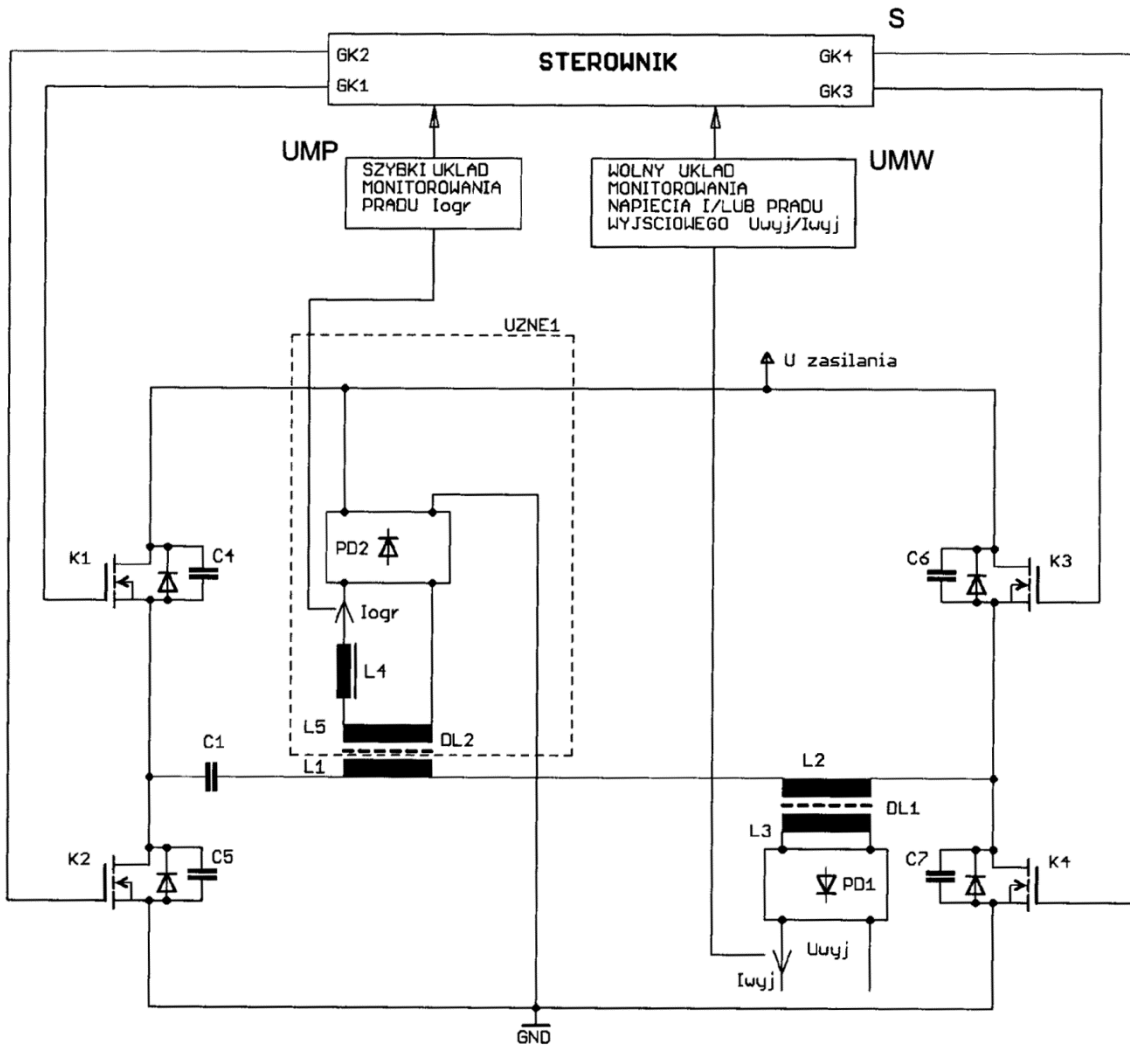


Fig. 2

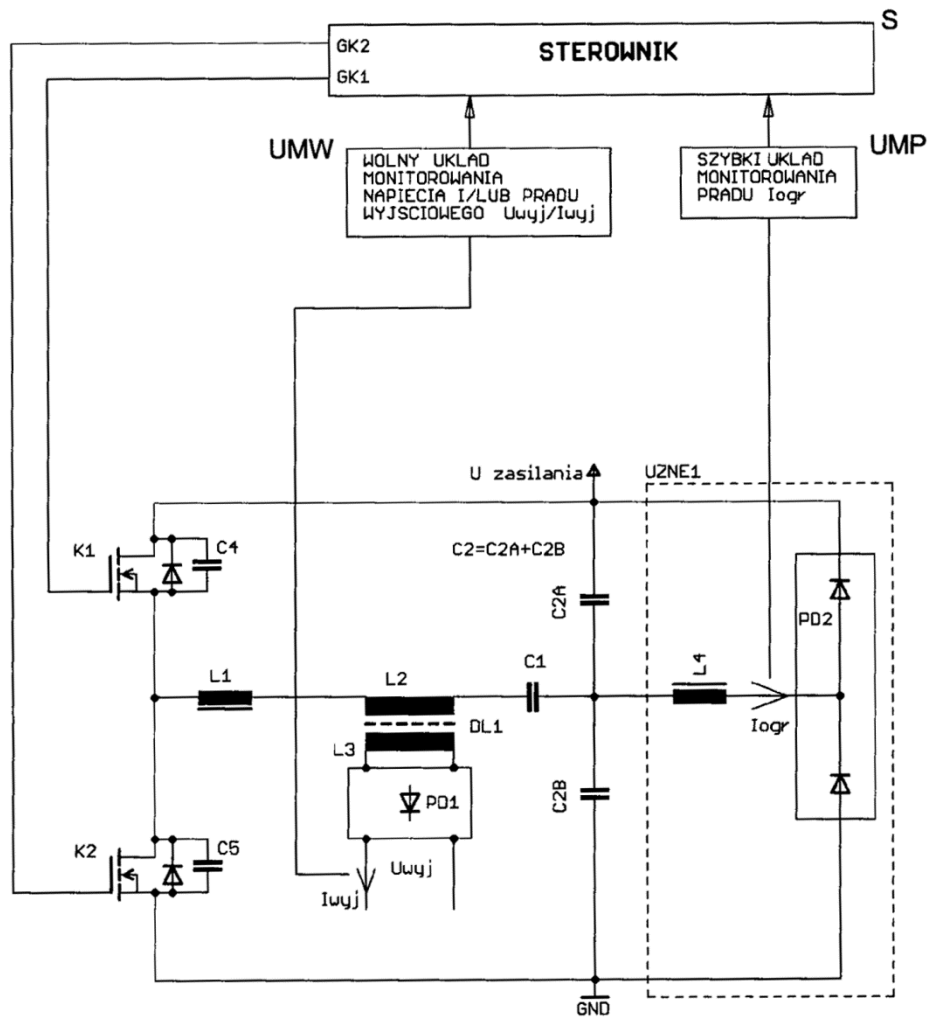


Fig. 3

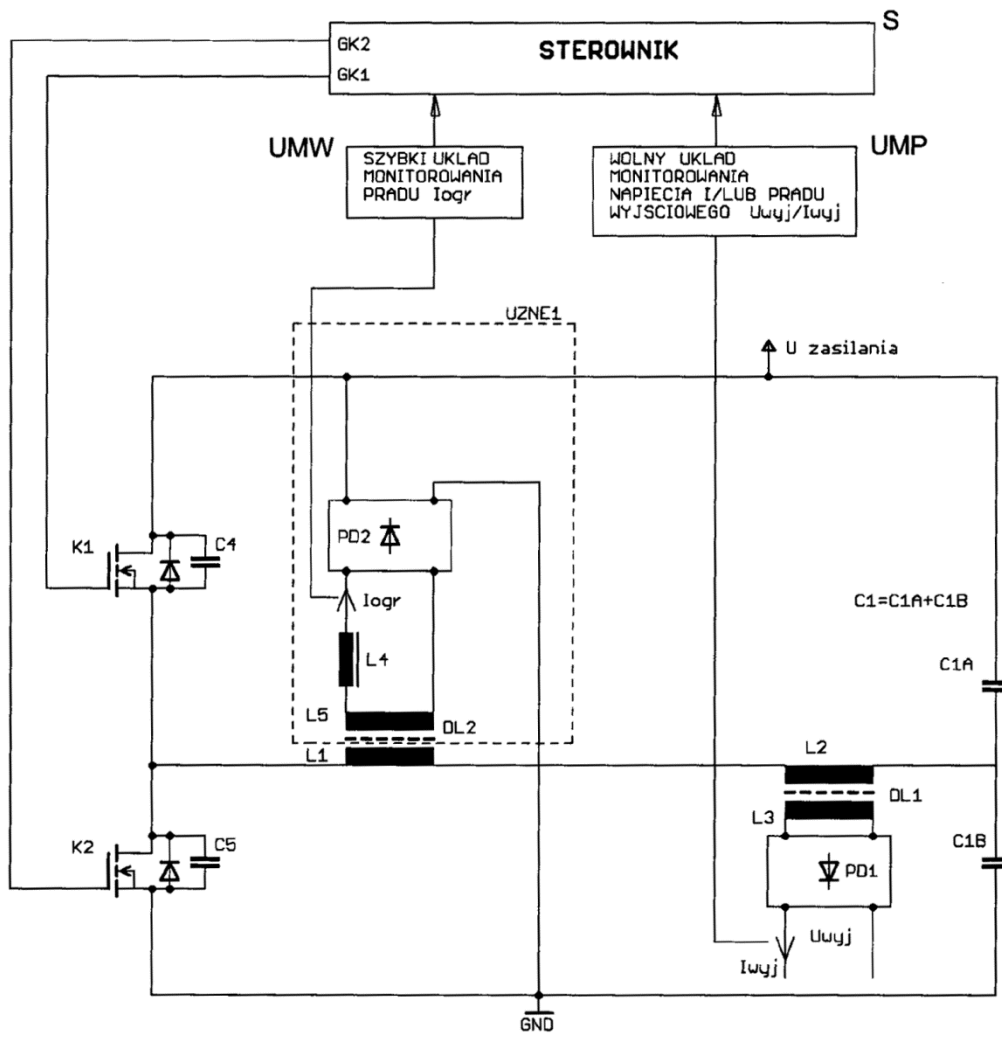


Fig. 4

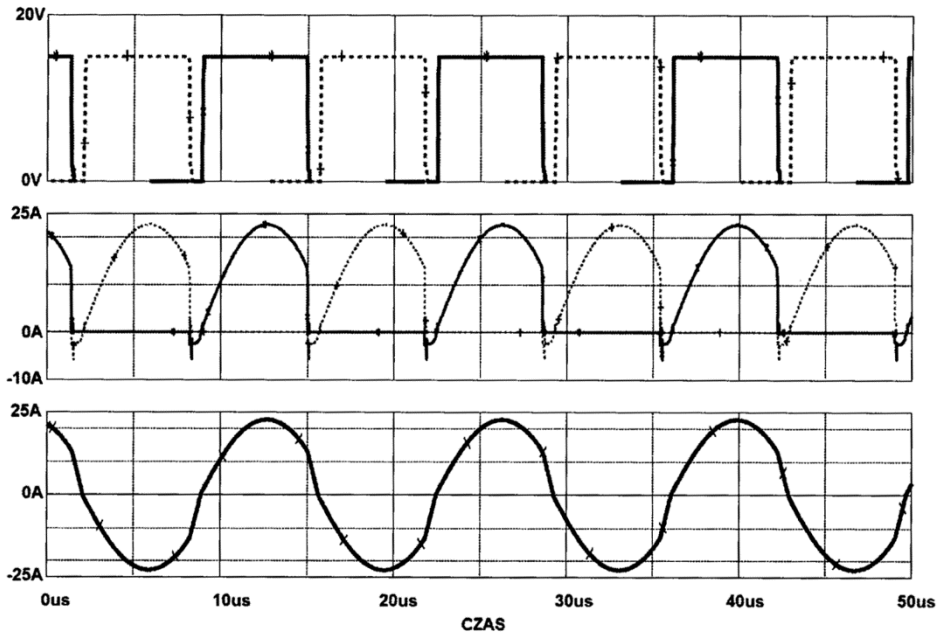


Fig. 5

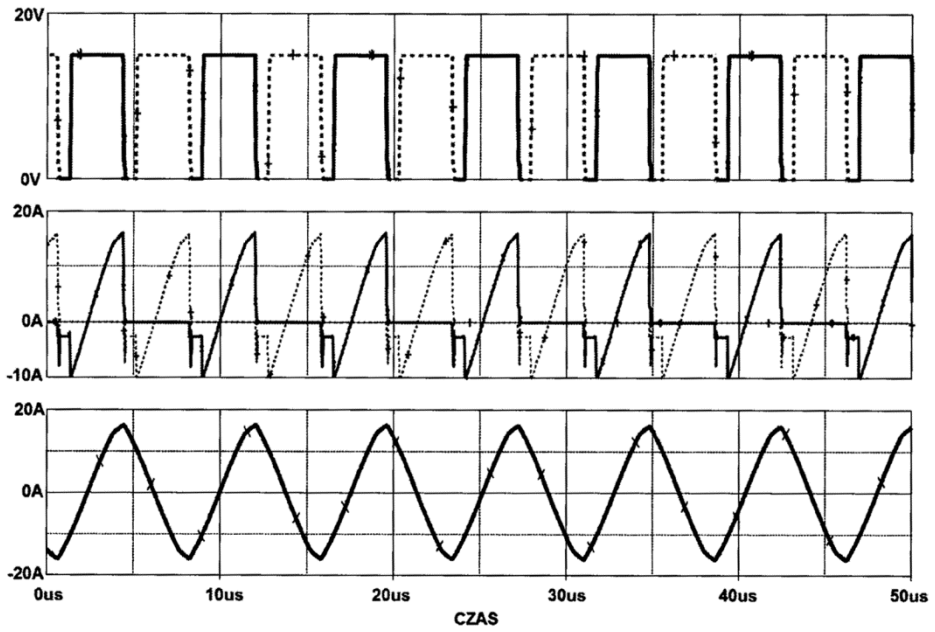


Fig. 6

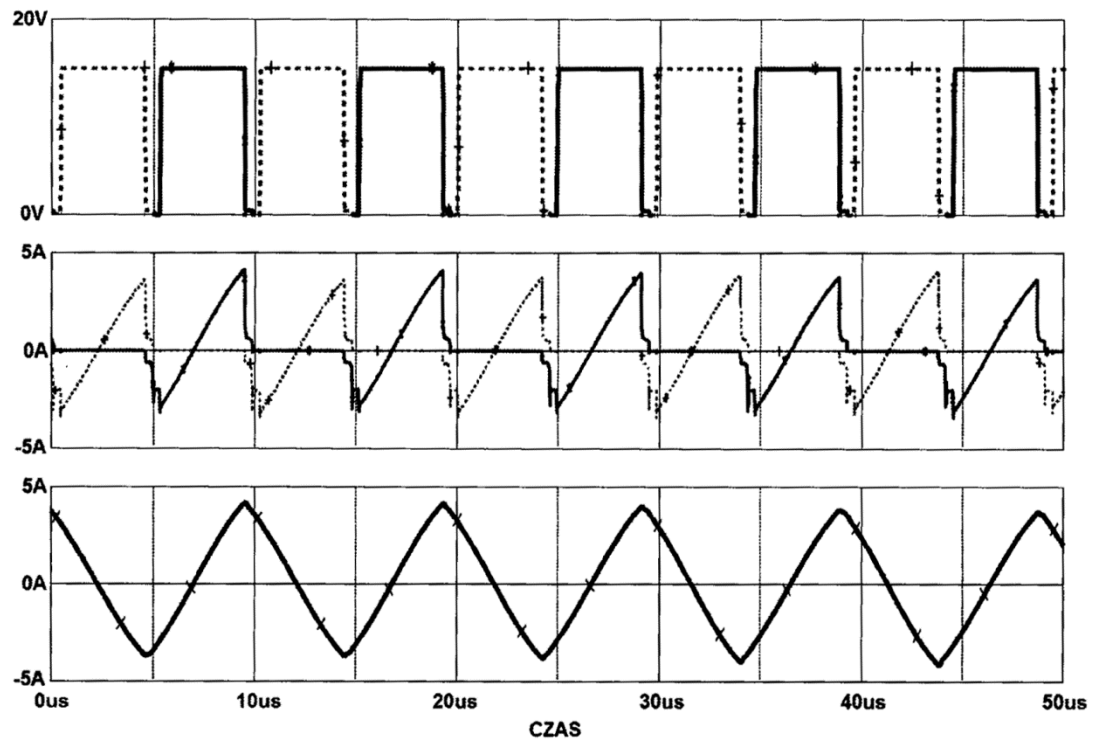


Fig. 7