

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **217714**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **385472**

(51) Int.Cl.
G05F 1/24 (2006.01)
H02M 3/335 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **20.06.2008**

(54) **Wielorezonansowy zasilacz z integralnym ogranicznikiem dobroci**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
21.12.2009 BUP 26/09

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
29.08.2014 WUP 08/14

(73) Uprawniony z patentu:
**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE,
Kraków, PL
FIDELTRONIK POLAND
SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ,
Sucha Beskidzka, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:
**CEZARY WOREK, Kraków, PL
SŁAWOMIR LIGENZA, Sulisławice, PL**

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Alina Magońska

PL 217714 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest wielorezonansowy zasilacz z integralnym ogranicznikiem dobroci przeznaczony do transformacji napięć stałych, charakteryzujący się dużą odpornością na przeciążenia oraz dużą odpornością na nagłe zmiany odbieranej mocy.

Od współczesnych urządzeń transformujących napięcie wymaga się wysokiej niezawodności, wysokiej sprawności energetycznej, małych rozmiarów geometrycznych oraz niskiego poziomu zakłóceń radioelektrycznych. Jednocześnie realizację tych wymagań umożliwiają zasilacze impulsowe, w których wykorzystuje się zjawisko rezonansu. Rezonans prądowy umożliwia łatwą regulację poziomu mocy wyjściowej. Wykorzystanie rezonansu napięciowego, z kolei, pozwala na zminimalizowanie niekorzystnych zjawisk związanych ze stanami przejściowymi podczas przełączania kluczy prądowych. Dzięki zastosowaniu rezonansu napięciowego proces przełączania kluczy prądowych może być zrealizowany w tych momentach czasowych, kiedy wartości napięcia i prądu w obwodzie przyjmują minimalne wartości, co w konsekwencji umożliwia minimalizację strat energii podczas procesu komutacji.

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 wielkiej 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 450V 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.

Istotą wynalazku jest wielorezonansowy zasilacz z integralnym ogranicznikiem dobroci, w którym do pierwotnego uzwojenia transformatora separującego dołączony jest główny obwód rezonansowy składający się z pierwszego indukcyjnego elementu reaktancyjnego i pierwszego pojemnościowego elementu reaktancyjnego. Pierwszy węzeł głównego obwodu rezonansowego połączony jest poprzez dodatkowy element reaktancyjny ze wspólnym węzłem połączenia diod stanowiących diodowy ogranicznik napięcia. Wspólny węzeł, łączący diody poprzez szeregowy obwód rezonansowy złożony z drugiego indukcyjnego elementu reaktancyjnego i drugiego pojemnościowego elementu reaktancyjnego, połączony jest z zespołem łączników prądowych. Do łączników prądowych zostały dołączone równolegle pojemnościowe elementy reaktancyjne. W pierwszej odmianie zasilacza wielorezonansowego drugi węzeł obwodu rezonansowego dołączony jest do bloku pojemnościowego.

W odmianie drugiej wielorezonansowego zasilacza z integralnym ogranicznikiem dobroci do pierwotnego uzwojenia transformatora separującego dołączony jest główny obwód rezonansowy składający się z pierwszego indukcyjnego elementu reaktancyjnego i pierwszego pojemnościowego elementu reaktancyjnego. Oba węzły głównego obwodu rezonansowego połączone są poprzez dodatkowe elementy reaktancyjne z węzłami diodowych ograniczników napięcia. Węzły diodowych ograniczników napięcia połączone są z zespołami łączników prądowych, poprzez szeregowe obwody rezonansowe z których każdy złożony jest z drugiego indukcyjnego elementu reaktancyjnego i drugiego pojemnościowego elementu reaktancyjnego. Do wszystkich łączników prądowych zostały dołączone równolegle pojemnościowe elementy reaktancyjne.

W odmianie trzeciej wielorezonansowego zasilacza z integralnym ogranicznikiem dobroci główny obwód rezonansowy składa się z pierwszego indukcyjnego elementu reaktancyjnego i pierwszego pojemnościowego elementu reaktancyjnego, przy czym pierwszy indukcyjny element reaktancyjny stanowi integralną część transformatora separującego. Pierwszy węzeł głównego obwodu rezonansowego połączony jest poprzez dodatkowy element reaktancyjny ze wspólnym węzłem połączenia diod stanowiących diodowy ogranicznik napięcia. Wspólny węzeł, łączący diody poprzez szeregowy obwód rezonansowy złożony z drugiego indukcyjnego elementu reaktancyjnego i drugiego pojemno-

ściowego elementu reaktancyjnego, połączony jest z zespołem łączników prądowych. Do łączników prądowych zostały dołączone równolegle pojemnościowe elementy reaktacyjne. Drugi węzeł obwodu rezonansowego dołączony jest do bloku pojemnościowego.

W odmianie czwartej wielorezonansowego zasilacza z integralnym ogranicznikiem dobroci główny obwód rezonansowy składa się z pierwszego

indukcyjnego elementu reaktancyjnego i pierwszego pojemnościowego elementu reaktacyjnego, przy czym pierwszy indukcyjny element reaktacyjny stanowi integralną część transformatora separującego. Oba węzły głównego obwodu rezonansowego połączone są poprzez dodatkowe elementy reaktacyjne z węzłami diodowych ograniczników napięcia. Węzły diodowych ograniczników napięcia połączone są z zespołami łączników prądowych poprzez szeregowe obwody rezonansowe, z których każdy złożony jest z drugiego indukcyjnego elementu reaktacyjnego i drugiego pojemnościowego elementu reaktacyjnego. Do wszystkich łączników prądowych zostały dołączone równolegle pojemnościowe elementy reaktacyjne.

Przedmiot wynalazku w przykładach wykonania jest odtworzony na rysunku, na którym:

fig. 1 przedstawia półmostkową strukturę rezonansowego zasilacza z integralnym ogranicznikiem dobroci,

fig. 2 przedstawia odmianę struktury półmostkowej, w której element reaktacyjny L1 głównego obwodu rezonansowego OR stanowi indukcyjność rozproszona transformatora separującego TS,

fig. 3 przedstawia wykonanie zawierające mostkową strukturę rezonansowego zasilacza z integralnym ogranicznikiem dobroci,

fig. 4 przedstawia odmianę struktury mostkowej, w której element reaktacyjny L1 głównego obwodu rezonansowego OR stanowi indukcyjność rozproszona transformatora separującego TS.

Wielorezonansowy zasilacz z integralnym ogranicznikiem dobroci ma główny obwód rezonansowy OR składający z elementu indukcyjnego L1 i kondensatora C1. Główny obwód rezonansowy OR dołączony jest równolegle do zacisków pierwotnego uzwojenia transformatora separującego TS, zadaniem którego jest transformacja napięcia oraz separacja galwaniczna obwodu wyjściowego. Sinusoidalne oscylacje napięcia w głównym obwodzie rezonansowym OR są możliwe pod warunkiem, że wartość energii zgromadzonej w obwodzie jest wielokrotnie większa od energii odbieranej przez obciążenie w czasie pojedynczego okresu. Skutkiem dużej dobroci szczytowe wartości prądów w obwodzie są znacznie większe od wartości wymaganych przez obciążenie.

Oscylacje w głównym obwodzie rezonansowym OR podtrzymuje cykliczny proces komutacji łączników prądowych K1 i K2 dołączonych do źródła napięcia stałego. Energia ze źródła napięcia stałego przekazywana jest do głównego obwodu rezonansowego OR za pośrednictwem szeregowego obwodu rezonansowego składającego się z kondensatora C2 i cewki L2 połączonych z cewką ER (ER1). Ponieważ wartość impedancji szeregowego obwodu rezonansowego silnie zależy od częstotliwości możliwa jest kontrola przekazywanej mocy. Szeregowy obwód rezonansowy L2, C2 pełni więc funkcję regulatora mocy dostarczanej do głównego obwodu rezonansowego OR, przy czym chwilowa wartość dostarczanej mocy jest silnie zależna od częstotliwości pracy łączników prądowych K1, K2. Z drugiej strony tenże sam dwójnik w połączeniu z głównym obwodem rezonansowym OR pełni funkcję transformatora napięcia. Przy odpowiednim doborze wartości elementów reaktacyjnych dla obwodu szeregowego i głównego obwodu rezonansowego możliwe jest uzyskanie transformacji napięcia. Uzyskane wówczas szczytowe wartości napięcia w głównym obwodzie rezonansowym OR mogą wielokrotnie przekraczać szczytowe wartości napięć generowane przez obwód komutacyjny K1, K2.

Ten stan, aczkolwiek bardzo korzystny, jest również niebezpieczny dla elementów obwodu, ponieważ w przypadku utraty kontroli przez układ sterujący, co może być skutkiem zakłóceń lub stanów nieustalonych, mogą zostać przekroczone znamionowe graniczne wartości napięcia i prądu dopuszczalne dla zastosowanych elementów. W celu zabezpieczenia obwodu rezonansowego przed samozniszczeniem zastosowano diodowy ogranicznik napięcia DON (DON1) głównego obwodu rezonansowego OR składający się z diod D1 i D2 dołączonych odpowiednio do dodatniego i ujemnego biegu na głównego obwodu zasilania oraz połączonych z szeregowym obwodem rezonansowym. Dzięki zastosowaniu diodowego ogranicznika napięcia DON (DON1), szczytowe wartości napięcia w węźle W nie przekraczają wartości granicznych określonych przez źródło napięcia stałego, a dodatkowa nadwyżka energii z głównego obwodu rezonansowego OR odprowadzana jest do źródła napięcia stałego.

Dodatkowy element indukcyjny ER, także ER1 i ER2, umożliwia zachowanie „pewnej” elastyczności obwodu. Pomimo, że w węźle W, także W1 i W2, szczytowe wartości oscylacji napięcia zostały

ograniczone do wartości określonych przez źródło napięcia stałego, zachowana została zdolność transformacji napięcia przez kombinację szeregowego obwodu rezonansowego z głównym obwodem rezonansowym OR. Zatem, pomimo zastosowanego diodowego ogranicznika napięcia, amplituda oscylacji napięcia w głównym obwodzie rezonansowym L1, C1 może być większa od amplitudy oscylacji w węźle W, także W1 i W2. Ponadto, taka konfiguracja zapewnia poprawne działanie ogranicznika napięcia także w stanie zwarcia uzwojenia transformatora TS. Współczynnik transformacji napięcia ustala się przez dobór stosunku wartości indukcyjności dla elementów L2 i ER, także ER1 i ER2. Kondensatory CB1, CB2 dołączone do jednego z węzłów głównego obwodu rezonansowego OR uniemożliwiają przepływ składowej stałej prądu w uzwojeniu pierwotnym transformatora TS. Kondensatory C3, C4 i C5, C6 mają na celu minimalizację strat energii w łącznikach prądowych odpowiednio K1, K2, K3, K4 podczas procesu komutacji.

Należy zaznaczyć, że precyzyjną kontrolę parametrów wyjściowych zasilacza realizuje się przy pomocy obwodu sterującego, który nie został pokazany na rysunku. Obwód sterujący na podstawie parametrów wyjściowych dobiera optymalne parametry dla impulsów sterujących łącznikami prądowymi K1, K2. Z uwagi na ograniczony czas reakcji obwodu sterującego z jednej strony i wysoką częstotliwość pracy łączników prądowych oraz możliwość wystąpienia krytycznych wartości prądu i napięcia z drugiej strony, w konwerterach rezonansowych konieczne jest zastosowanie osobnego, dodatkowego obwodu kontrolującego o dużej niezawodności i dużej szybkości reakcji. Tę funkcję w układzie według wynalazku realizuje diodowy ogranicznik napięcia DON (DON1).

W odmianie wielorezonansowego zasilacza przedstawionego na fig. 2 pierwszy indukcyjny element reaktancyjny L1 stanowi integralną część transformatora separującego TS. Odmiana ta predestynowana jest dla zasilaczy pracujących w zakresie wysokich częstotliwości (>300 kHz).

W odmianie wielorezonansowego zasilacza przedstawionego na fig. 3 zastosowano mostkową strukturę obwodu komutującego. Odmiana ta predestynowana jest dla zasilaczy dużej mocy.

W odmianie wielorezonansowego zasilacza przedstawionego na fig. 4 zastosowano mostkową strukturę obwodu komutującego, który zapewnia transfer energii do głównego obwodu rezonansowego OR. Główny obwód rezonansowy OR zawiera pierwszy indukcyjny element reaktancyjny L1, który stanowi integralną część transformatora separującego TS. Odmiana ta predestynowana jest dla zasilaczy dużej mocy pracujących w zakresie wysokich częstotliwości.

Struktura wielorezonansowego zasilacza z integralnym ogranicznikiem dobroci według wynalazku wykazuje dużą odporność na nagłe zmiany obciążenia. Dwustopniowa transformacja napięcia, gdzie pierwszy stopień stanowi kombinacja szeregowego układu rezonansowego z głównym równoległym obwodem rezonansowym, do którego dołączony jest transformator stanowiący drugi stopień transformacji napięcia, zapewnia dużą elastyczność i łatwą adaptację do różnych poziomów napięć po stronie wejściowej konwertera. Ponieważ przeważająca część energii zgromadzona jest w głównym obwodzie rezonansowym zawierającym minimalną ilość elementów, staranne wykonanie tego obwodu jak również jego zabezpieczenie przed stratą energii wskutek promieniowania umożliwi minimalizację strat energetycznych i minimalizację emisji zakłóceń.

Zastrzeżenia patentowe

1. Wielorezonansowy zasilacz z integralnym ogranicznikiem dobroci zawierający co najmniej jeden zespół łączników prądowych, transformator separujący oraz co najmniej jeden obwód rezonansowy, **znamienny tym**, że ma główny obwód rezonansowy (OR) składający się z elementów reaktancyjnych (L1) i (C1), dołączony do pierwotnego uzwojenia transformatora separującego (TS) poprzez węzły pierwszy i drugi, przy czym pierwszy węzeł głównego obwodu rezonansowego (OR) połączony jest poprzez dodatkowy element reaktancyjny odpowiednio (ER) lub (ER1) ze wspólnym węzłem odpowiednio (W) lub (W1) połączenia diod (D1), (D2) stanowiących diodowy ogranicznik napięcia odpowiednio (DON) lub (DON1), dodatkowo wspólny węzeł odpowiednio (W) lub (W1) łączący diody (D1), (D2) poprzez szeregowy obwód rezonansowy złożony z elementów reaktancyjnych (L2), i (C2) połączony jest z zespołem łączników prądowych (K1), (K2), ponadto do łączników prądowych (K1), (K2) zostały dołączone równolegle odpowiednio elementy reaktancyjne (C3) oraz (C4).

2. Wielorezonansowy zasilacz według zastrz. 1, **znamienny tym**, że drugi węzeł głównego obwodu rezonansowego (OR) dołączony jest do bloku pojemnościowego złożonego z elementów reaktancyjnych (CB1), (CB2).

3. Wielorezonansowy zasilacz według zastrz. 1, **znamienny tym**, że drugi węzeł głównego obwodu rezonansowego (OR) dołączony jest do elementu reaktancyjnego (ER2), który następnie połączony jest z węzłem (W2) ogranicznika napięcia (DON2), który następnie połączony jest z zespołem łączników prądowych (K3), (K4), poprzez obwód rezonansowy złożony z elementów reaktancyjnych (L2B), (C2B), przy czym do łączników prądowych (K3), (K4) zostały dołączone równolegle odpowiednio elementy (C5) oraz (C6).

4. Wielorezonansowy zasilacz według zastrz. 1, **znamienny tym**, że ma element reaktancyjny (L1), który stanowi integralną część transformatora separującego (TS), ponadto ma drugi węzeł głównego obwodu rezonansowego (OR) dołączony do bloku pojemnościowego złożonego z elementów reaktancyjnych (CB1), (CB2).

5. Wielorezonansowy zasilacz według zastrz. 1, **znamienny tym**, że ma element reaktancyjny (L1), który stanowi integralną część transformatora separującego (TS), ponadto ma drugi węzeł głównego obwodu rezonansowego (OR) dołączony do elementu reaktancyjnego (ER2), który następnie połączony jest z węzłem (W2) ogranicznika napięcia (DON2), który następnie połączony jest z zespołem łączników prądowych (K3), (K4), poprzez obwód rezonansowy złożony z elementów reaktancyjnych (L2B), (C2B), przy czym do łączników prądowych (K3), (K4) zostały dołączone równolegle odpowiednio elementy (C5) oraz (C6).

Rysunki

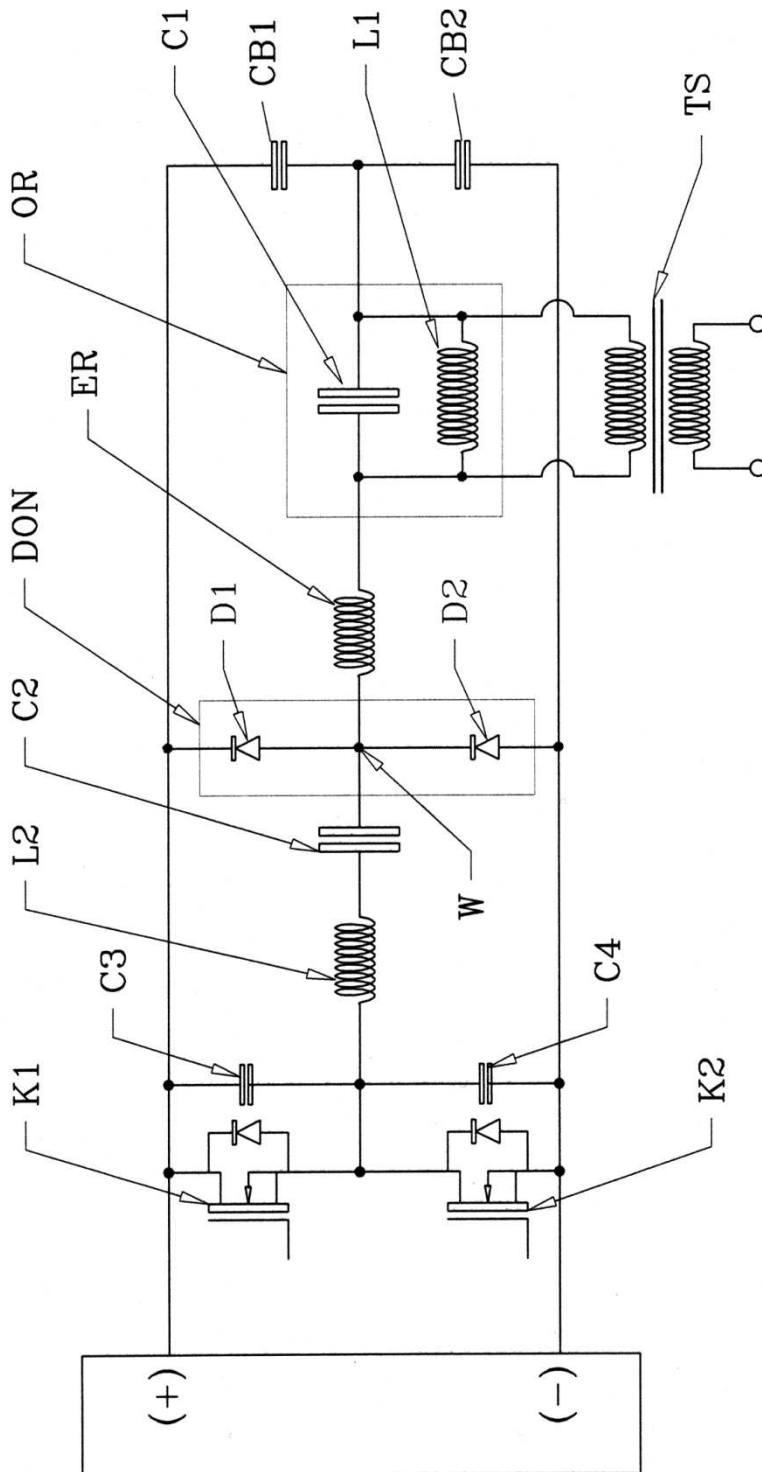


Fig. 1

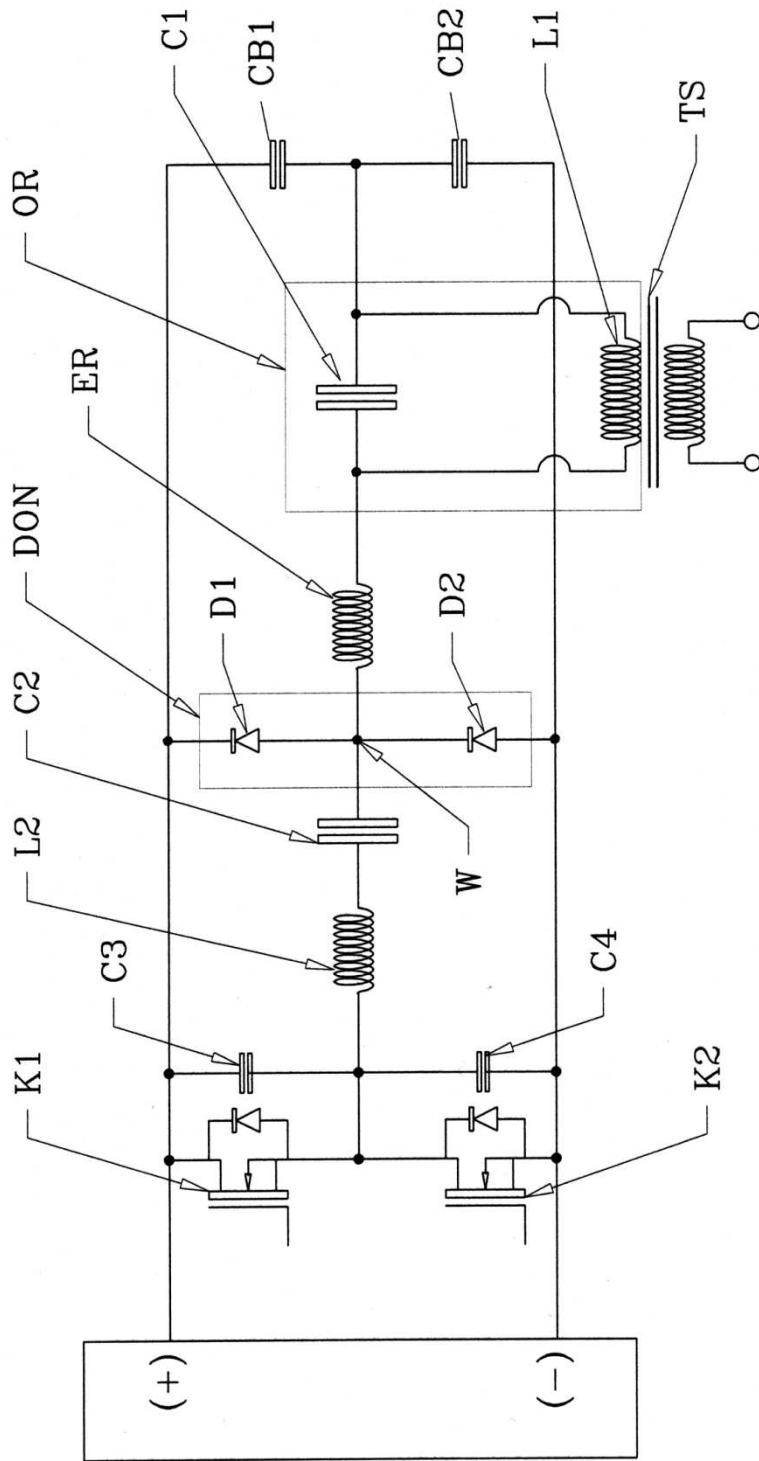


Fig. 2

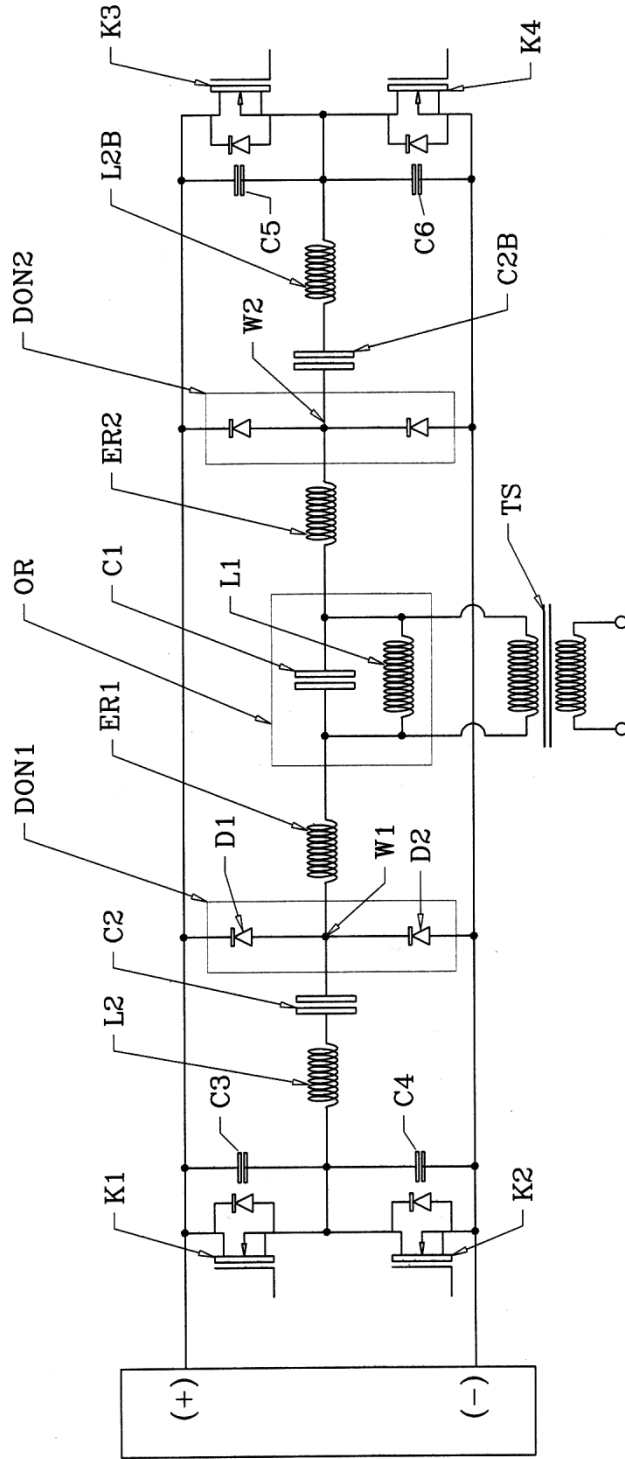


Fig. 3

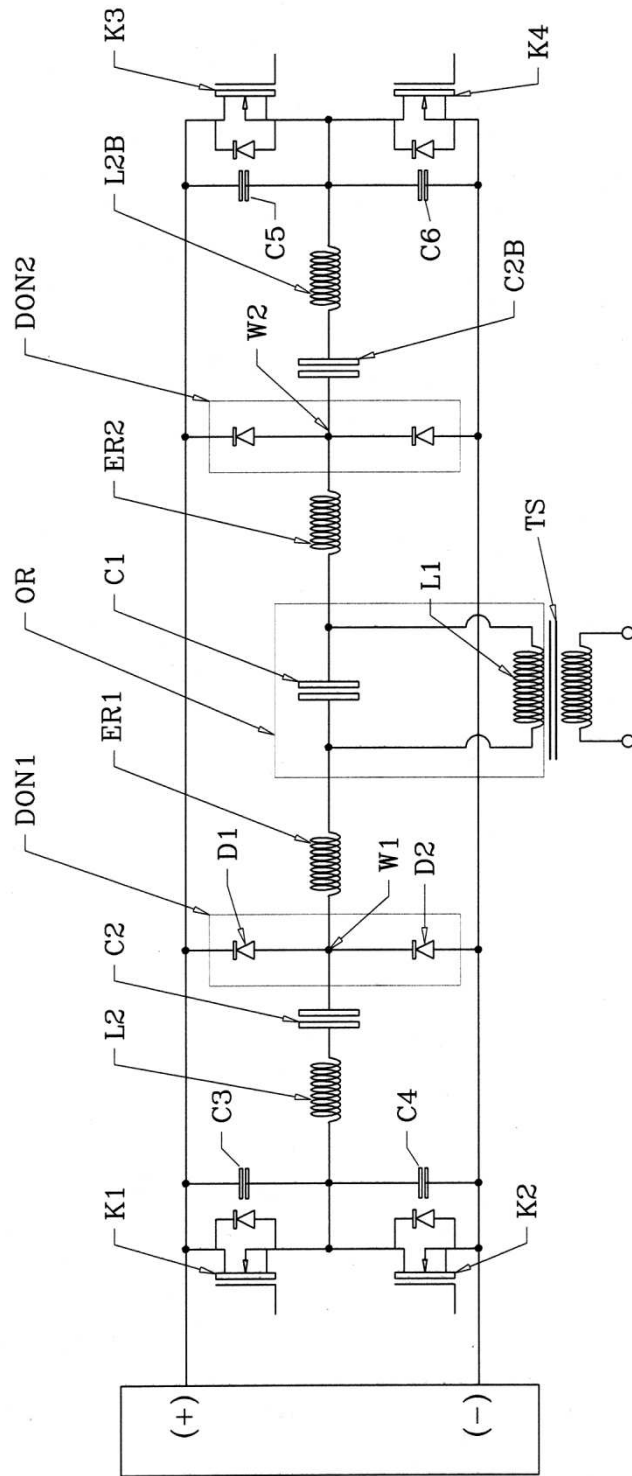


Fig. 4

