

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **219054**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **393133**

(22) Data zgłoszenia: **03.12.2010**

(51) Int.Cl.

G05F 1/24 (2006.01)

H01F 30/00 (2006.01)

H02M 1/00 (2007.01)

H02J 15/00 (2006.01)

(54)

Zintegrowany element indukcyjny

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

04.06.2012 BUP 12/12

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

31.03.2015 WUP 03/15

(73) Uprawniony z patentu:

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

(72) Twórca(y) wynalazku:

**CEZARY WOREK, Kraków, PL
SŁAWOMIR LIGENZA, Sulistawice, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Alina Magońska

PL 219054 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest zintegrowany element indukcyjny przeznaczony dla rezonansowego zasilacza z ogranicznikiem dobroci.

Z literatury znane są dwa typy rezonansowych konwerterów napięcia: konwertery szeregowo i konwertery równoległe. Obwody te wyposaża się w mostkowe lub półmostkowe struktury komutacyjne, które dostarczają energię do obwodów rezonansowych. Sterowanie częstotliwością pracy obwodu komutacyjnego umożliwia kontrolę wartości napięcia i prądu w obwodzie i tym samym kontrolę mocy dostarczanej do obciążenia. Główne zalety konwerterów rezonansowych to możliwość komutacji dużych wartości prądów przy zerowej wartości napięcia, co minimalizuje straty energii w procesie komutacji oraz daje możliwość generacji quasi-sinusoidalnych prądów w obwodzie o małej zawartości harmonicznych, co z kolei obniża wartość generowanych zakłóceń.

W celu zapewnienia dogodnych warunków komutacji dla elementów półprzewodnikowych w układach konwerterów i inwerterów stosuje się złożone struktury rezonansowe zawierające wiele elementów reaktancyjnych. Są to najczęściej struktury szeregowo-równoległe wyposażone w elementy dodatkowe. W warunkach rezonansu, a zwłaszcza jeżeli przebieg prądu dostarczanego do obciążenia ma być w maksymalnym stopniu zbliżony do sinusoidy, szczytowe wartości prądu w obwodzie znacznie przekraczają maksymalne wartości prądu pobieranego przez obciążenie. W związku z tym faktem również elementy reaktancyjne obwodu rezonansowego winne być dostosowane do transferu mocy o wartości wielokrotnie przewyższającej wartość mocy pobieranej. Zwiększone wartości energii zgromadzonej w elementach indukcyjnych przekładają się na zwiększone wymiary i ciężar tych elementów. Celowe jest zatem poszukiwanie takich rozwiązań, które umożliwiłyby zmniejszenie sumarycznej masy elementów magnetycznych wchodzących w skład konwertera i tym samym zmniejszenie jego kosztów wytwarzania oraz masy całkowitej.

Realizację tego celu umożliwia takie zespolenie elementów indukcyjnych, gdzie pewne fragmenty obwodu magnetycznego są jednocześnie wykorzystywane przez co najmniej dwa elementy indukcyjne.

Znane są zintegrowane elementy indukcyjne zawierające dławik oraz transformator wyposażone w obwody magnetyczne złożone z wielu elementów magnetycznych.

Przykładowo, z amerykańskiego opisu patentowego nr US 5,726,615 znany jest zintegrowany element indukcyjny zawierający dławik oraz transformator, w którym zastosowano trzy kubkowe elementy magnetyczne, z których dwa wyposażone w centralne kolumny, wokół których umieszczono dwa płaskie uzwojenia stanowią transformator. W oparciu o trzeci kubkowy element magnetyczny dołączony do zewnętrznej płaskiej powierzchni transformatora zrealizowano dławik.

Z amerykańskiego opisu patentowego nr US 5,886,516 znany jest zintegrowany wielouzwojeniowy element magnetyczny dedykowany do pracy w konwerterze z rezonansem szeregowym, w którym na pojedynczej kształtce z materiału magnetycznego w kształcie „UU” ze szczeliną powietrzną, umieszczono uzwojenia transformatora separującego oraz dwa dodatkowe uzwojenia tworzące dwa elementy indukcyjne obwodu rezonansowego. Tak powstały układ utworzył złożony obwód rezonansowy, na który składały się trzy indukcyjności, dwie pojemności i transformator separujący.

Znana jest z amerykańskiego opisu patentowego nr US 7,525,406 konstrukcja zawierająca wiele sprzężonych i nie sprzężonych elementów indukcyjnych i co najmniej jeden zamknięty obwód magnetyczny składający się z wzajemnie przystających elementów magnetycznych, które posiadają wykonane wyżłobienia dla przewodników prądu w kierunku osi X i ortogonalnej do niej osi Y. Wzajemną indukcyjność wykazują przewodniki prądu umiejscowione wzdłuż jednej osi, natomiast nie ma sprzężenia pomiędzy przewodnikami prądu umiejscowionymi względem siebie ortogonalnie.

Znane jest z opisu patentowego US 7,525,406 przenoszenie wzajemnie ortogonalnych strumieni magnetycznych przez centralną kształtkę magnetyczną. Wymienione wyżej przykłady przedstawiają sposoby realizacji zintegrowanych elementów reaktancyjnych przystosowanych do pracy w typowych rezonansowych konwerterach DC/DC. Jednakże wymienione zintegrowane elementy reaktancyjne nie w pełni wykorzystują specyficzne warunki pracy zespolonych elementów reaktancyjnych, które umożliwiają także poprawę niektórych parametrów eksploatacyjnych.

Istotą wynalazku jest zintegrowany element indukcyjny, który ma główne uzwojenie wewnętrzne transformatora, które otaczają zamknięte elementy magnetyczne oraz końcowe elementy magnetyczne, ponadto ma co najmniej jedno pomocnicze uzwojenie zewnętrzne dławika otaczające co najmniej jeden zamknięty element magnetyczny.

Przedmiot wynalazku w przykładzie wykonania jest odtworzony na rysunku, na którym: fig. 1 przedstawia półmostkową strukturę wielorezonansowego zasilacza z ogranicznikiem dobroci opartym o zintegrowany element indukcyjny ZER.

fig. 2 przedstawia przykład wykonania zintegrowanego elementu indukcyjnego, w którym w wybranych obszarach nakładające się zmienne indukcje magnetyczne, pochodzące od transformatora oraz dławika, skierowane są względem siebie ortogonalnie.

Zintegrowany element indukcyjny przedstawiony na fig. 2 zawiera wiele zamkniętych elementów magnetycznych 2, które zrealizowano w oparciu o kombinację kształtek „U”, „I” oraz dwóch kształtek końcowych elementów magnetycznych 3. Wymienione elementy magnetyczne dokładnie otaczają wewnętrzne uzwojenia transformatora 1. Taka konstrukcja zapewnia minimalny strumień rozproszenia dla uzwojeń transformatora. Z drugiej strony obwód magnetyczny dławika zawiera wiele szczelin magnetycznych, co umożliwi uzyskanie bardziej jednorodnego pola magnetycznego i zmniejszenie strumienia rozproszenia dławika, zrealizowanego w oparciu o zamknięte elementy magnetyczne 2 i uzwojenie dławika 4. W przedstawionym na fig. 2 przykładzie elementy magnetyczne umiejscowiono na podłożu laminowanym 5 i wykorzystano warstwę przewodzącą, na odwrotnej stronie, do zrealizowania połączeń w uzwojeniu dławika 4. Dla przejrzystości nie pokazano materiału wypełniającego szczeliny magnetyczne pomiędzy zamkniętymi elementami magnetycznymi 2. Korzystną cechą elementu zintegrowanego przedstawionego na fig. 2 jest możliwość łatwej adaptacji do różnych wartości przenoszonych mocy, którą uzyskuje się przez zastosowanie odpowiedniej ilości zamkniętych elementów magnetycznych 2. Wzajemne ortogonalne usytuowanie uzwojenia transformatora 1 względem uzwojenia dławika 4 sprawia, że wyindukowane, w zamkniętych elementach magnetycznych 2, indukcje magnetyczne pochodzące od tych uzwojeń są względem siebie zorientowane ortogonalnie. Ponadto, korzystne jest przesunięcie w czasie wektorów obu indukcji magnetycznych, które uzyskuje się poprzez dobór względnych wartości elementów reaktancyjnych wchodzących w skład zasilacza rezonansowego. Umożliwia to zwiększenie wartości magazynowanej energii na jednostkę objętości materiału magnetycznego. W tym celu tak dobiera się wartości przesunięć fazowych pomiędzy nakładającymi się, na wybranym odcinku obwodu magnetycznego, indukcjami magnetycznymi aby uzyskać możliwie największą sumaryczną wartość sumy energii szczytowych, które w ciągu pojedynczego okresu są przechowywane w indukcyjnościach zespolonego elementu indukcyjnego. Odpowiednio dobrana wartość przesunięcia fazowego pozwala na zwiększenie tej sumy bez przekroczenia dopuszczalnej wartości indukcji nasycenia dopuszczalnej dla zastosowanego materiału magnetycznego.

W przedstawionym na fig. 1 rezonansowym zasilaczu zastosowano zintegrowany element indukcyjny ZER. Zintegrowany element indukcyjny zawiera dławik IR oraz transformator TR wyposażony w trzy uzwojenia: pierwotne połączone szeregowo poprzez dławik IR z kluczami tranzystorowymi K1, K2; uzwojenie wyjściowe oraz uzwojenie kontrolne dołączone do diodowego ogranicznika napięcia DON. Uzwojenie pierwotne połączone jest także z zespołem pojemnościowym C3, C4. Z uwagi na fakt, że istnieje szeregowe połączenie zespołu pojemnościowego C3, C4 z dławikiem IR wypadkowa impedancja tak połączonych elementów jest silnie zależna od częstotliwości, co umożliwi kontrolę napięcia dostarczanego do uzwojenia pierwotnego transformatora TR. Ponieważ w warunkach rezonansu wartość napięcia wyjściowego transformatora TR może osiągać duże wartości zastosowano układ ograniczający, który stanowi uzwojenie kontrolne połączone z diodowym ogranicznikiem napięcia DON.

Przykładowe wykonanie zintegrowanego elementu indukcyjnego ZER, według fig. 1. przedstawiono na fig. 2, gdzie transformator wykonano w oparciu o zamknięte elementy magnetyczne 2, końcowe elementy magnetyczne 3 i uzwojenie transformatora 1, które zawiera uzwojenie pierwotne, uzwojenie wyjściowe i uzwojenie kontrolne. Dławik IR wchodzący w skład zintegrowanego elementu indukcyjnego ZER zrealizowano również w oparciu o te same zamknięte elementy magnetyczne 2 i końcowe elementy magnetyczne 3 oraz uzwojenie dławika 4, które rozłożono równomiernie wokół zamkniętych elementów magnetycznych 2.

W rezonansowym zasilaczu według fig. 1 możliwe jest uzyskanie, pomiędzy prądami płynącymi przez dławik IR i uzwojenie pierwotne transformatora TR stałego przesunięcia fazowego ok. $\pm 90^\circ$. Zakładając taką samą amplitudę indukcji magnetycznej $B_{A1}=B_{A2}=B_A$ dla przebiegów sinusoidalnych otrzymujemy maksymalną amplitudę wypadkową indukcji $B_{12}(t)$ równą B_{A12} . Zatem, wypadkowy wzrost amplitudy indukcji magnetycznej na odcinku obwodu magnetycznego, gdzie następuje nakładanie się obu strumieni magnetycznych wynosi:

$$B_{12}(t) = B_A \cdot (\sin \omega t + \cos \omega t) = B_A \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(45^\circ + \omega t) = B_{A12} \cdot \sin(45^\circ + \omega t)$$

$$B_{A12} = B_A \cdot \sqrt{2}$$

Superpozycja dwóch zorientowanych ortogonalnie względem siebie indukcji magnetycznych w zespolonym obwodzie magnetycznym pozwala na podwojenie sumy szczytowych wartości energii dla ustalonego fragmentu obwodu magnetycznego. Jeżeli dodatkowo wektory indukcji magnetycznej są przesunięte w fazie o 90° wówczas otrzymamy:

$$|B_{Axy}(t)| = \sqrt{B_A^2 \cdot \sin^2 \omega t + B_A^2 \cdot \cos^2 \omega t} = B_A \cdot \sqrt{\sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t} = B_A$$

W tym przypadku, w oparciu o ten sam fragment obwodu magnetycznego zrealizowane zostały dwa elementy indukcyjne, z których każdy może pracować przy maksymalnej wartości indukcji magnetycznej B_{MAX} zbliżonej do indukcji nasycenia. Zatem, wykorzystując ten sam fragment obwodu magnetycznego dla dwóch uzwojeń uzyskano zwiększone magazynowanie energii. Zwiększona została suma szczytowych wartości energii przy zachowaniu tej samej wartości amplitudy wektora indukcji magnetycznej.

Zastrzeżenie patentowe

Zintegrowany element indukcyjny zawierający dławik oraz transformator wyposażony w obwód magnetyczny złożony z wielu elementów magnetycznych, **znamienny tym**, że ma główne uzwojenia wewnętrzne transformatora (1), które otaczają zamknięte elementy magnetyczne (2) oraz końcowe elementy magnetyczne (3), ponadto ma co najmniej jedno pomocnicze uzwojenie zewnętrzne dławika (4) otaczające, co najmniej jeden, zamknięty element magnetyczny (2).

Rysunki

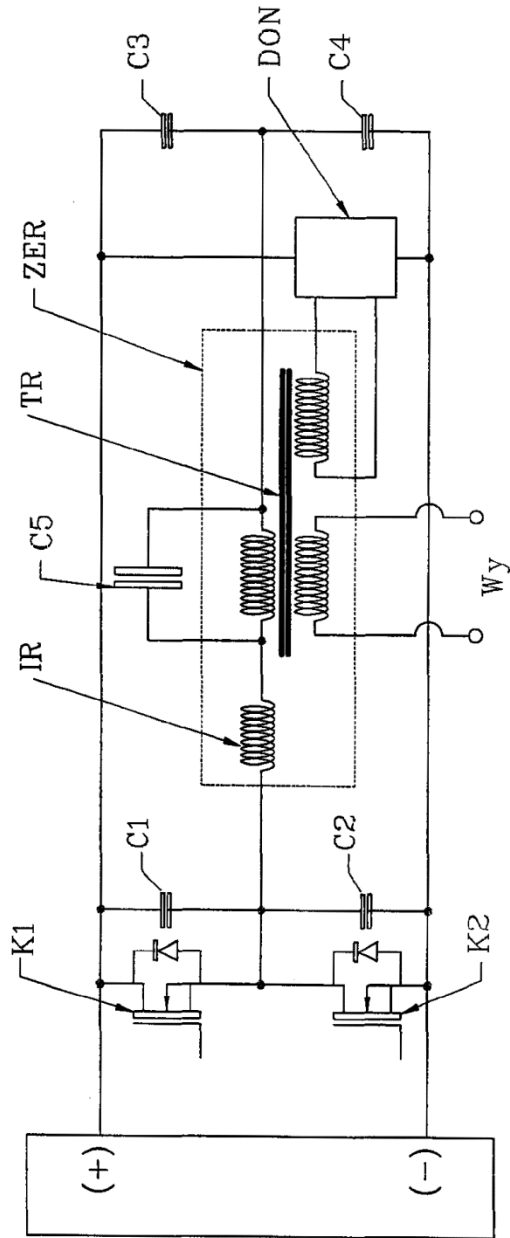


Fig.1

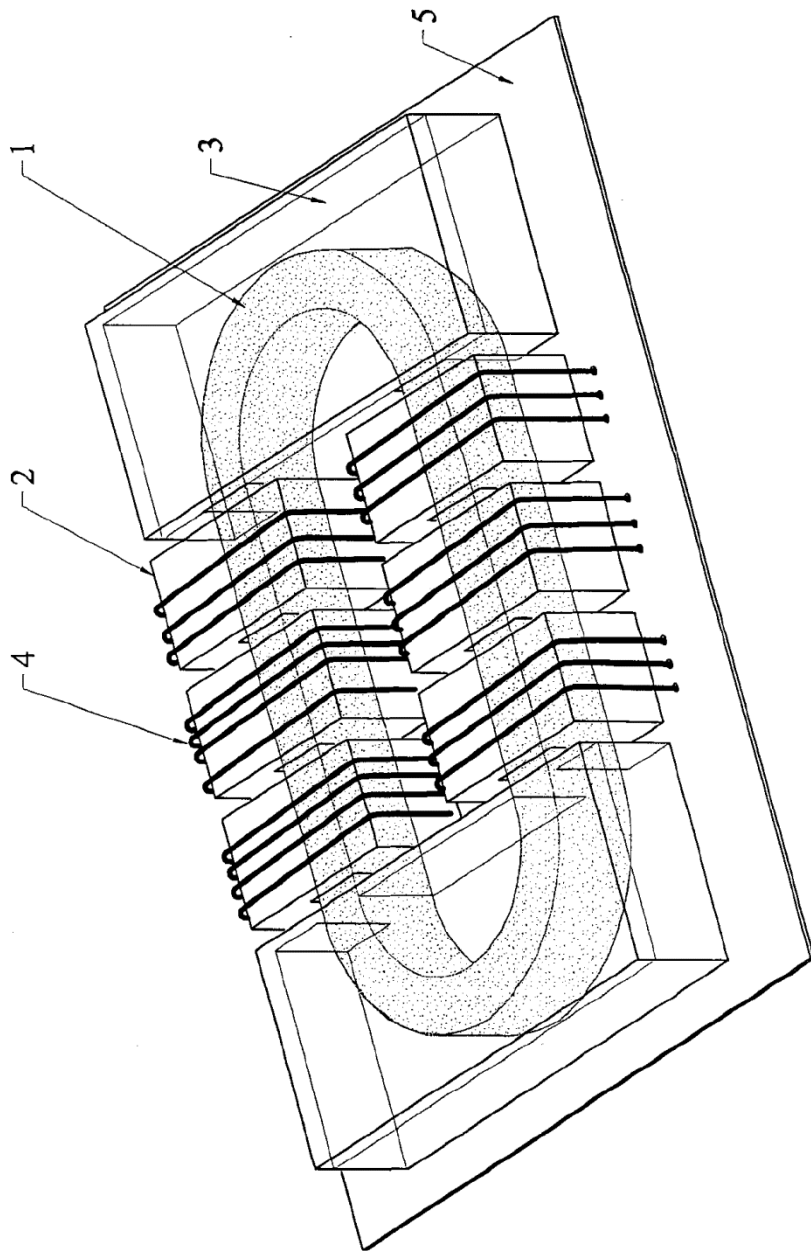


Fig. 2