

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **231870**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **421657**

(51) Int.Cl.
H02M 3/18 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **22.05.2017**

(54) **Przekształtnik rezonansowy DC-DC i sposób sterowania przekształtnika rezonansowego DC-DC**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
03.12.2018 BUP 25/18

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
30.04.2019 WUP 04/19

(73) Uprawniony z patentu:

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

(72) Twórca(y) wynalazku:

**ROBERT STALA, Kraków, PL
ZBIGNIEW WARADZYN, Kraków, PL
ANDRZEJ MONDZIK, Kraków, PL
ADAM PENCZEK, Kraków, PL
ALEKSANDER SKAŁA, Oświęcim, PL
ADAM KAWA, Częstochowa, PL
STANISŁAW PIRÓG, Kraków, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Małgorzata Geissler

PL 231870 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem rozwiązania jest układ przekształtnika rezonansowego DC-DC i sposób sterowania tego przekształtnika. Rozwiązanie dotyczy przekształtnika DC-DC o przełączanych kondensatorach o zwiększonym wzmocnieniu napięciowym.

Przekształtniki rezonansowe o przełączanych kondensatorach, posiadają układ elementów półprzewodnikowych oraz pasywnych, który umożliwia przekształcanie energii przez ładowanie i rozładowanie kondensatorów w obwodach konfigurowanych przez łączniki półprzewodnikowe. W fazie ładowania kondensatorów prąd płynie ze źródła przez przełączane kondensatory i połączone z nimi po dwa łączniki półprzewodnikowe, a w fazie rozładowania przełączanych kondensatorów prąd płynie ze źródła przez szeregowo połączone kondensatory przełączane oraz obwód wyjściowy, oraz łączniki półprzewodnikowe konfigurujące takie połączenie elementów.

Z opisu patentowego PL 226 210 znany jest układ przekształtnika rezonansowego o przełączanych kondensatorach. Przekształtnik ten składa się z co najmniej dwóch połączonych ze sobą szeregowo sekcji, mających na wejściu dołączony element o charakterze indukcyjnym. Pierwsza z sekcji zasilana jest ze źródła energii napięciem stałym, druga z sekcji zasilana jest napięciem wyjściowym pierwszej sekcji, a kolejne sekcje zasilane są napięciem wyjściowym poprzedniej sekcji, osiągając na wyjściu napięcie końcowe. Każdą z sekcji stanowi co najmniej jedna komórka złożona ze sterowanego łącznika półprzewodnikowego, przełączanego kondensatora, drugiego sterowanego łącznika półprzewodnikowego oraz trzeciego sterowanego łącznika półprzewodnikowego. Wyjście każdej sekcji stanowi sterowany łącznik półprzewodnikowy włączony pomiędzy sterowanym łącznikiem półprzewodnikowym ostatniej komórki i przełączanym kondensatorem ostatniej komórki oraz kondensator wyjściowy połączony ze sterowanym łącznikiem półprzewodnikowym i drugim sterowanym łącznikiem półprzewodnikowym.

Z opisu patentowego PL 225 082 znany jest sposób sterowania rezonansowego przekształtnika DG-DC o przełączanych kondensatorach, złożonego z komórek, w których znajduje się kondensator i łączniki półprzewodnikowe umożliwiające wzajemne łączenie komórek szeregowo lub równoległe ze źródłem, w cyklach ładowania kondensatorów lub zasilania odbiornika. Według opisanego sposobu wybiera się komórki aktywne w liczbie niezbędnej do uzyskania wymaganego napięcia wyjściowego i w cyklu ładowania, w każdej z komórek aktywnych, za pomocą łącznika ładowania górnego przełącza się kondensator tak, iż ładuje się on ze źródła napięcia zasilania. Następnie, w cyklu rozładowania, za pomocą łącznika rozładowania, łączy się kondensatory komórek, aktywnych szeregowo ze źródłem napięcia zasilania i doładowuje się kondensator wyjściowy, natomiast nie przełącza się kondensatorów w komórkach nieaktywnych. Na komórki aktywne wybiera się komórki od strony wyjścia przekształtnika.

Z opisu EP 0257810A2 znany jest układ DC-DC w topologii powielacza napięcia złożony z kondensatorów i łączników. W układzie można wyróżnić stopnie, przy czym każdy stopień układu wykorzystuje trzy lub cztery łączniki i jeden kondensator. Kondensatory ładowane są ze źródła przez załączenie odpowiednich łączników w istniejących stopniach i mogą następnie zostać dołączone do wyjścia układu, co zapewnia wartość napięcia wyjściowego większą od napięcia wejściowego według współczynnika proporcji, który zawiera liczbę przełączanych kondensatorów podniesioną o jeden.

Celem rozwiązania jest uzyskanie, zwiększenia funkcjonalności przekształtnika energii elektrycznej podwyższającego napięcie. Innowacyjność polega na, tym, że uzyskuje się większe wzmocnienie napięciowe niż w przypadku znanej topologii przekształtnika przy porównywalnej liczbie zastosowanych elementów lub uzyskuje się wymagane wzmocnienie napięciowe przy mniejszej liczbie zastosowanych elementów.

Przekształtnik rezonansowy DC-DC o przełączanych kondensatorach zawiera elementy półprzewodnikowe, zwłaszcza łączniki oraz elementy pasywne. Elementy połączone są w układzie zawierającym na wejściu dławik, lub dławiki połączone szeregowo z kondensatorami przełączanymi, połączone równoległe co najmniej dwie komórki złożone z szeregowo połączonego łącznika ładującego górnego, kondensatora przełączanego, łącznika ładującego dolnego oraz z łącznika rozładowującego włączonego pomiędzy komórkami. Na wyjściu przekształtnik ma łącznik wyjściowy górny i kondensator wyjściowy górny, stanowiące wyjście znanego układu.

Istotnym jest to, że w gałęzi ujemnego bieguna napięcia wejściowego, pomiędzy łącznikiem ładującym dolnym przedostatniej komórki a łącznikiem ładującym dolnym ostatniej komórki, włączony jest łącznik pomocniczy, a pomiędzy ujemnym biegunem napięcia wejściowego i ujemnym biegunem kondensatora wyjściowego dolnego włączona jest dioda dolnego obwodu wyjściowego. Zaciski kondensatora wyjściowego dolnego są wyjściem napięciowym dolnym i wraz z zaciskami kondensatora wyjściowego górnego, będącym wyjściem napięciowym górnym, stanowią wyjście napięciowe przekształtnika rezonansowego.

Sposób sterowania przekształtnika DC-DC o przełączanych kondensatorach, złożonego z co najmniej dwóch komórek, w układzie umożliwiającym przekształcanie energii przez cykliczne ładowanie i rozładowanie kondensatorów przełączanych w obwodach konfigurowanych za pomocą łączników półprzewodnikowych przedstawiono poniżej. W cyklu ładowania kondensatorów przełączanych prąd płynie ze źródła przez przełączane kondensatory i połączone z nimi łączniki ładujące górne i łączniki ładujące dolne, a także załączony łącznik pomocniczy, jeżeli ładowany jest kondensator przełączany ostatniej komórki.

Istotą sposobu jest to, że w cyklu rozładowania za pomocą łącznika pomocniczego, włączonego w gałęzi ujemnego bieguna napięcia wejściowego, pomiędzy łącznikiem ładującym dolnym przedostatniej komórki I a łącznikiem ładującym dolnym ostatniej komórki, prąd przelacza się tak, iż płynie ze źródła napięcia wejściowego przez wszystkie szeregowo połączone kondensatory przełączane oraz obwód wyjściowy górny. W innym cyklu rozładowywania, za pomocą łącznika pomocniczego i łącznika ładującego dolnego ostatniej komórki prąd przelacza się tak, iż płynie przez połączone szeregowo kondensatory przełączane, z wyjątkiem kondensatora w ostatniej komórce, przez źródło napięcia wejściowego oraz diodę dolnego obwodu wyjściowego i kondensator obwodu wyjściowego dolnego. Prądem tym ładowany jest kondensator wyjściowy dolny.

Przełączenia łączników półprzewodnikowych, zastosowanych do sterowania przekształtnika realizowane są z opóźnieniem wymaganym dla zastosowanych elementów półprzewodnikowych. Dotyczy to zwłaszcza łączników rozładowujących oraz łączników ładujących górnych i łączników ładujących dolnych.

Przekształtnik w przedstawionym układzie i sterowany sposobem według wynalazku, posiada większe wzmocnienie napięcia niż znane rozwiązania z jednym obwodem wyjściowym. W proponowanym rozwiązaniu bardzo korzystna, obniżająca jego koszt, jest redukcja liczby niezbędnych elementów potrzebnych do realizacji przekształtnika energii elektrycznej. Dla porównania zwiększenie wzmocnienia układu powielacza napięcia z czterech na siedem w znanej topologii wymaga zwiększenia liczby przełączanych komórek o trzy, natomiast w proponowanym rozwiązaniu układ wymaga rozbudowania o jeden tranzystor, jedną diodę oraz jeden kondensator.

Przekształtnik rezonansowy DC-DC w przykładowym rozwiązaniu przedstawiono na rysunku. Fig. 1 jest schematem blokowym układu, a fig. 2–4 są schematami ideowymi objaśniającymi sposób sterowania przekształtnika, według wynalazku.

Przykładowy przekształtnik rezonansowy DC-DC o przełączanych kondensatorach zawiera na wejściu dławik 1, trzy komórki I, połączone równolegle a na wyjściu łącznik wyjściowy górny 6 i kondensator wyjściowy górny 10, stanowiący wyjście układu. Każda komórka I złożona jest z szeregowo połączonego łącznika ładującego górnego 2, kondensatora przełączanego 4, łącznika ładującego dolnego 3, w ostatniej komórce oznaczonego jako 8. Pomiedzy komórkami włączone są łączniki rozładowujące 5. W gałęzi ujemnego bieguna napięcia wejściowego U_{in} pomiędzy łącznikiem ładującym dolnym 3 przedostatniej komórki a łącznikiem ładującym dolnym 3 ostatniej komórki, włączony jest łącznik pomocniczy 7. Pomiedzy ujemnym biegunem napięcia wejściowego U_{in} i ujemnym biegunem kondensatora wyjściowego dolnego 11 włączona jest dioda 9 dolnego obwodu wyjściowego. Zaciski kondensatora wyjściowego dolnego 11 są wyjściem napięciowym dolnym U_{out2} . Wraz z zaciskami kondensatora wyjściowego górnego 10, będącymi wyjściem napięciowym górnym U_{out1} , stanowią wyjście napięciowe U_{out} przekształtnika rezonansowego.

Sposób sterowania umożliwia przekształcanie energii przez cykliczne ładowanie i rozładowanie kondensatorów przełączanych w obwodach konfigurowanych za pomocą łączników półprzewodnikowych.

Na fig. 2 pokazano ładowanie kondensatorów przełączanych C1, C2, C3. Kondensatory te są ładowane ze źródła napięcia wejściowego U_{in} przez dławik L1 po załączeniu wszystkich łączników ładujących górnych D1, D2, D3 i łączników ładujących dolnych S1, S3, S5 oraz łącznika pomocniczego S_{aux1} . Po zakończeniu ładowania kondensatorów przełączanych C1, C2, C3, wyłączane są łączniki ładujące górne D1, D2, D3 i łączniki ładujące dolne S1, S3, w tym również łącznik ładujący dolny S5 ostatniej komórki.

Na fig. 3 pokazano rozładowanie kondensatorów przełączanych do obwodu wyjściowego górnego. Jeżeli łącznik pomocniczy S_{aux1} pozostaje załączony a z opóźnieniem wymaganym dla zastosowanych elementów półprzewodnikowych, załączane będą łączniki półprzewodnikowe rozładowujące S2, S4, S6, oraz łącznik wyjściowy górny D_{out} to następuje rozładowanie połączonych szeregowo kondensatorów przełączanych C1, C2, C3 oraz źródła napięcia wejściowego U_{in} do kondensatora wyjściowego górnego C_{out1} .

W innym cyklu, kondensatory przełączane C1, C2, C3 przekształtnika są ładowane ze źródła dołączonego do wejścia układu U_{in} przez dławik L1 po załączeniu łączników ładujących górnych D1, D2, D3 i łączników ładujących dolnych S1, S3, S5. Łącznik pomocniczy S_{aux1} może być załączony lub wyłączony.

Na fig. 4 pokazano rozładowanie kondensatorów przełączanych C1, C2, C3 do obwodu wyjściowego dolnego. Po zakończeniu ładowania kondensatorów przełączanych C1, C2, C3, wyłączane są łączniki ładujące górne D1, D2, D3 i łączniki ładujące dolne S1, S3 i z opóźnieniem wymaganym dla zastosowanych elementów półprzewodnikowych, załączane są łączniki rozładowujące S2, S4, S6. Łącznik pomocniczy S_{aux1} musi być wyłączony, a łącznik ładujący dolny ostatniej komórki S5 musi być załączony. Powoduje to rozładowanie połączonych szeregowo kondensatorów przełączanych C1, C2, C3 oraz źródła napięcia wejściowego U_{in} do kondensatora wyjściowego dolnego C_{out2} przez łączniki rozładowujące S2, S4, S6, łącznik ładujący dolny ostatniej komórki S5 i przez diodę D_{aux1} dolnego obwodu wyjściowego. Kondensator przełączany C3 połączony z łącznikiem ładującym dolnym S5 w ostatniej komórce nie zostaje rozładowywany w tym cyklu pracy.

Całkowite napięcie wyjściowe jest sumą napięć na kondensatorze wyjściowym górnym i wyjściowym dolnym.

Wykaz oznaczeń

do fig. 1	do fig. 2-4	
1.	L1	dławik
2.	D1, D2, D3	łącznik ładujący górny
3.	S1, S3	łącznik ładujący dolny
4.	C1, C2, C3	kondensator przełączany
5.	S2, S4, S6	łącznik rozładowujący
6.	D_{out}	łącznik wyjściowy górny
7.	S_{aux}	łącznik pomocniczy
8.	S5	łącznik ładujący dolny ostatniej komórki
9.	D_{aux1}	dioda dolnego obwodu wyjściowego
10.	C_{out1}	kondensator wyjściowy górny
11.	C_{out2}	kondensator wyjściowy dolny
I		komórka
U_{in}	U_{in}	napięcie wejściowe (źródło)
U_{out1}	U_{out1}	wyjście napięciowe górne
U_{out2}	U_{out2}	wyjście napięciowe dolne
U_{out}	U_{out}	wyjście napięciowe przekształtnika

Zastrzeżenia patentowe

1. Przekształtnik rezonansowy DC-DC o przełączanych kondensatorach, mający elementy półprzewodnikowe, zwłaszcza łączniki oraz elementy pasywne, połączone w układzie zawierającym na wejściu układu dławik, lub dławiki połączone szeregowo z kondensatorami przełączanymi, co najmniej dwie komórki połączone równolegle złożone z szeregowo połączonego łącznika ładującego górnego, kondensatora przełączanego, łącznika ładującego dolnego i z łącznika rozładowującego włączonego pomiędzy komórkami, oraz zawierającym na wyjściu układu łącznik wyjściowy górny i kondensator wyjściowy górny, stanowiący wyjście znanego układu, **znamienny tym**, że w gałęzi ujemnego bieguna napięcia wejściowego (U_{in}), pomiędzy łącznikiem ładującym dolnym (3) przedostatniej komórki a łącznikiem ładującym dolnym (8) ostatniej komórki, włączony jest łącznik pomocniczy (7), a pomiędzy ujemnym biegunem napięcia wejściowego i ujemnym biegunem kondensatora wyjściowego dolnego (11) włączona jest dioda (9) dolnego obwodu wyjściowego, przy czym zaciski kondensatora wyjściowego dolnego (11) są wyjściem napięciowym dolnym (U_{out2}) i wraz z zaciskami kondensatora wyjściowego górnego (10), będącym wyjściem napięciowym górnym (U_{out1}), stanowią wyjście napięciowe (U_{out}) przekształtnika rezonansowego.
2. Sposób sterowania przekształtnika rezonansowego DC-DC o przełączanych kondensatorach, złożonego z co najmniej dwóch komórek w układzie umożliwiającym przekształcanie energii przez cykliczne ładowanie i rozładowanie kondensatorów przełączanych w obwodach konfigurowanych za pomocą łączników półprzewodnikowych, przy czym w cyklu ładowania kondensatorów przełączanych prąd płynie ze źródła napięcia wejściowego przez przełączane kondensatory i połączone z nimi łączniki ładujące górne i dolne, a także załączony łącznik pomocniczy, jeżeli ładowany jest kondensator przełączany ostatniej komórki, **znamienny tym**, że w cyklu rozładowania za pomocą łącznika pomocniczego (7), włączonego w gałęzi ujemnego bieguna napięcia wejściowego (U_{in}), pomiędzy łącznikiem ładującym dolnym (3) przedostatniej komórki a łącznikiem ładującym dolnym (8) ostatniej komórki, prąd przełącza się tak, iż płynie ze źródła napięcia wejściowego (U_{in}) przez wszystkie szeregowo połączone kondensatory przełączane (4) oraz obwód wyjściowy górny, a w innym cyklu rozładowywania, za pomocą łącznika pomocniczego (7) i łącznika ładującego dolnego (8) ostatniej komórki prąd przełącza się tak, iż prąd płynie przez połączone szeregowo kondensatory przełączane (4), z wyjątkiem kondensatora w ostatniej komórce, źródło napięcia wejściowego (U_{in}) oraz w obwodzie wyjściowym dolnym, przez diodę (9) dolnego obwodu wyjściowego ładując kondensator wyjściowy dolny (11), przy czym przełączenia łączników, zwłaszcza łączników rozładowujących (5) oraz łączników ładujących górnych (2) i łączników ładujących dolnych (3) realizuje się z opóźnieniem wymaganym dla zastosowanych elementów półprzewodnikowych.

Rysunki

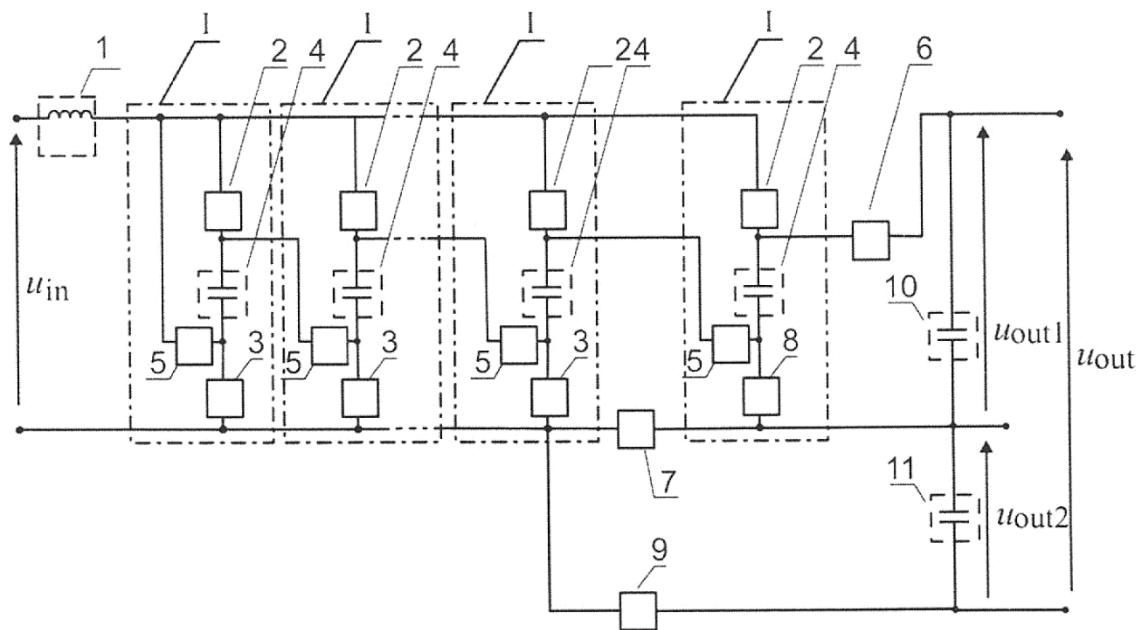


Fig. 1

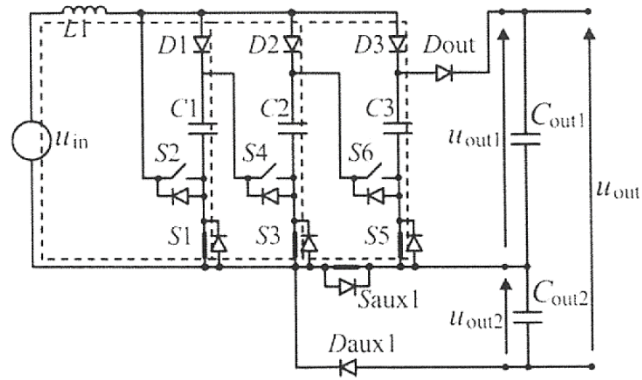


Fig. 2

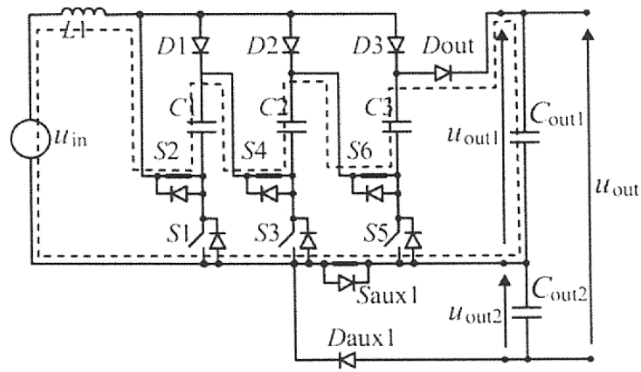


Fig. 3

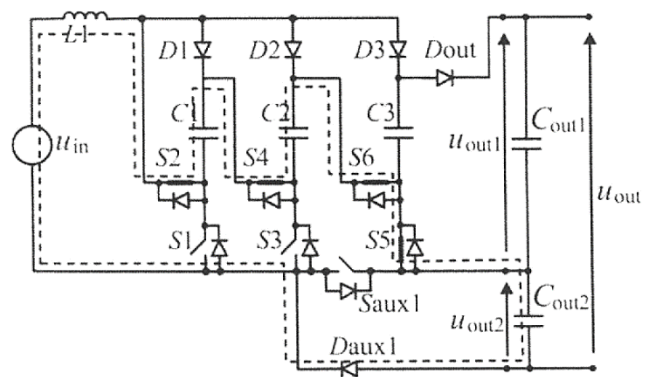


Fig. 4

