

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **225082**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **410866**

(51) Int.Cl.
H02M 3/07 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **31.12.2014**

(54) **Sposób sterowania rezonansowego przekształtnika DC-DC
o przełączanych kondensatorach**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
04.07.2016 BUP 14/16

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
28.02.2017 WUP 02/17

(73) Uprawniony z patentu:

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

(72) Twórca(y) wynalazku:

**ROBERT STALA, Kraków, PL
STANISŁAW PIRÓG, Kraków, PL
ADAM KAWA, Kraków, PL
ZBIGNIEW WARADZYN, Kraków, PL
ANDRZEJ MONDZIK, Skarżysko-Kościelne, PL
ADAM PENCZEK, Kraków, PL**

PL 225082 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób sterowania rezonansowego przekształtnika DC-DC o przełączanych kondensatorach przeznaczonego do podwyższania napięcia.

Jest to przekształtnik energoelektroniczny przekształcający energię ze źródła o napięciu i prądzie stałym na energię o napięciu i prądzie stałym. Sposób może być projektowany dla szerokiego zakresu obciążeń. Układ realizujący sposób może być stosowany jako indywidualny przekształtnik mocy, lub stanowić fragment systemu przekształtnikowego.

Znany jest też z opisu US 6834001 B2 trójstopniowy układ DC-DC o przełączanych kondensatorach, z możliwością generowania napięcia wyjściowego o większej wartości od napięcia wejściowego. Pierwszy stopień przekształtnika zawiera dwa kondensatory i trzy łączniki, ma odmienną topologię od stopnia drugiego i trzeciego, które zawierają po trzy łączniki i jednym kondensatorze, przy czym łączniki umożliwiają ładowanie kondensatorów ze źródła oraz ich rozładowanie po połączeniu szeregowym. W pierwszym stopniu dwa kondensatory połączone są szeregowo w cyklu ładowania i równolegle w cyklu rozładowania.

Z opisu EP 0 257 810A 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 cztery łączniki i jeden kondensator. Kondensatory ładowane są ze źródła przez załączenie odpowiednich łączników i mogą następnie zostać dołączone do wyjścia układu.

Zagadnienie sterowania rezonansowych przekształtników DC-DC przedstawiono również w artykułach:

– Dong Cao; Fang Zheng Peng, "A family of zero current switching switched-capacitor dc-dc converters," Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), 2010 Twenty-Fifth Annual IEEE, vol., no., pp.1365, 1372, 21–25 Feb. 2010.

– Yuanmao Ye; Cheng, K.W.E., "A Family of Single-Stage Switched-Capacitor-Inductor PWM Converters," Power Electronics, IEEE Transactions on, vol.28, no.11, pp.5196, 5205, Nov. 2013.

Według wynalazku sposób sterowania odnosi się do rezonansowego przekształtnika DC-DC o przełączanych kondensatorach, złożonego z jednakowych komórek, w których znajduje się kondensator i łączniki półprzewodnikowe.

Łącznikami półprzewodnikowymi są diody, tranzystory lub tyrystory. Łączniki te umożliwiają wzajemne łączenie komórek szeregowo lub łączenie równoległe ze źródłem, w cyklach ładowania kondensatorów lub zasilania odbiornika. Indukcyjność tych elementów oraz indukcyjność pozostałych elementów i połączeń gwarantuje oscylacyjny charakter przeładowania.

Istotą rozwiązania jest to, że wybiera się komórki aktywne w ilości niezbędnej do uzyskania wymaganego napięcia wyjściowego. W cyklu ładowania, w każdej z komórek aktywnych, za pomocą łącznika ładowania górnego przełącza się kondensator tak iż ładuje się on ze źródła. Następnie, w cyklu rozładowania, za pomocą łącznika rozładowania, łączy się kondensatory komórek aktywnych szeregowo ze źródłem napięcia zasilania i doładowuje się kondensator wyjściowy. Istotnym jest także to, że nie przełącza się kondensatorów w komórkach nieaktywnych. Na komórki aktywne wybiera się komórki od strony wyjścia przekształtnika. W cyklu rozładowania wykorzystuje się diodę komórki nieaktywnej sąsiadującej z komórką aktywną, jeżeli nie wszystkie komórki są aktywne.

Celem uzyskania założonego poziomu napięcia wyjściowego spośród n komórek przekształtnika, gdzie n oznacza całkowitą liczbę komórek, wybiera się komórki aktywne w ilości niezbędnej do uzyskania tego poziomu. Dla uzyskania napięcia wyjściowego na poziomie $m+1$, gdzie $m \leq n$, krotnym napięciem wejściowym, w cyklu ładowania ładuje się kondensatory o indeksach od $n-m$ do n , dla numeracji rozpoczynającej się od strony źródła, a w cyklu rozładowania wybiera się kondensatory komórek od $n-m$ do n i łączy się je szeregowo ze źródłem i odbiornikiem.

Zastosowanie sposobu, według wynalazku, umożliwia zasilanie odbiornika napięciem mniejszym od maksymalnego i zmianę poziomu napięcia wyjściowego przez zmianę ilości komórek aktywnych, a zatem wykorzystywanych kondensatorów. Zaletą jest także to, że do uzyskania regulacji napięcia wyjściowego nie wykorzystuje się dodatkowych łączników ani kondensatorów poza ilością używaną w topologii realizującej maksymalne napięcie wyjściowe.

Sposób sterowania objaśniono na przykładowym układzie rezonansowego przekształtnika DC-DC. Na fig. 1. przedstawiono schemat układu, a na fig. 2 i fig. 3 sposób sterowania.

Topologia przykładowego rezonansowego przekształtnika DC-DC, oznaczonego I, o przełączanych kondensatorach, stanowi równoległe połączenie jednakowych komórek II. Układ zawiera $n=5$

komórek – II/1; II/2; II/m-1; II/m; II/n-1; II/n. W każdej znajduje się kondensator 3 oraz łączniki półprzewodnikowe: łącznik ładowania górny 2, łącznik ładowania dolny 4 oraz łącznik rozładowania 5. Na wejściu przekształtnika zaznaczono element o charakterze indukcyjnym 1. Na wyjściu zaznaczony jest szeregowo podłączony łącznik półprzewodnikowy wyjściowy 6. Napięcie wyjściowe przekształtnika jest napięciem na kondensatorze wyjściowym 7.

W przykładowym układzie w komórkach zastosowane zostały kondensatory oraz łączniki sterowalne. Jako łączniki ładowania górne 2 zastosowano diody, a jako łączniki ładowania dolne 4 i łączniki rozładowania 5 zastosowano tranzystory. Element indukcyjny 1 odpowiada indukcyjności sumarycznej obwodu ładowania lub rozładowania przełączanych kondensatorów. Łącznikiem półprzewodnikowym wyjściowym 6 jest dioda, a jako kondensator wyjściowy 7 zastosowano typowy dla realizacji przekształtników kondensator.

Sterowanie tego rezonansowego przekształtnika polega na tym, że spośród komórek II wybiera się komórki aktywne w ilości niezbędnej do uzyskania wymaganego napięcia wyjściowego U_d . W cyklu ładowania, w każdej z komórek aktywnych, za pomocą łącznika ładowania 2 przełącza się kondensator 3 tak iż ładuje się on ze źródła napięcia zasilania U_s . Następnie, w cyklu rozładowania, za pomocą łącznika rozładowania 5, łączy się kondensatory komórek aktywnych szeregowo ze źródłem napięcia zasilania U_s i doładowuje się kondensator wyjściowy 7. Nie przełącza się kondensatorów w komórkach nieaktywnych.

Szczegółowo działanie układu jest następujące. W rezonansowym przekształtniku o przełączanych kondensatorach, po załączeniu półprzewodnikowych łączników ładowania górnych 2 i łączników ładowania dolnych 4, kondensatory 3 są ładowane ze źródła dołączonego do wejścia układu U_s . Indukcyjność wejściowa 1 oraz pasożytnicza występująca w elementach obwodu, zapewniają oscylacyjny charakter przeładowania. Po naładowaniu kondensatorów 3, z opóźnieniem, co najmniej wymaganym dla zastosowanych elementów półprzewodnikowych, załączane są półprzewodnikowe łączniki rozładowania 5 i łącznik wyjściowy 6. Powoduje to oscylacyjne rozładowanie połączonych szeregowo kondensatorów 3 w obwodzie, w którym razem z kondensatorami 3 połączone szeregowo są: źródło napięcia wejściowego U_s , półprzewodnikowe łączniki rozładowania 5 komórek aktywnych, łącznik wyjściowy 6, kondensator wyjściowy 7, indukcyjność elementu wejściowego 1, indukcyjność pasożytnicza występująca w elementach obwodu oraz dioda 2 komórki nieaktywnej sąsiadującej z aktywną, jeżeli nie wszystkie komórki są aktywne. Napięcie wyjściowe U_d na kondensatorze wyjściowym 7 może, w takim n -komórkowym układzie, osiągać maksymalną wartość: $U_d = (n+1)U_s$.

Na fig 2 pokazano schemat układu z zaznaczonymi linią przerywaną elementami cyklu ładowania, a na fig. 3 cyklu rozładowania. W tym przykładzie wybrano trzy aktywne komórki, od strony wyjścia przekształtnika, a kondensatory w pozostałych komórkach, tych od strony źródła, nie są przełączane. Odpowiada to uzyskaniu na wyjściu napięcia czterokrotnie wyższego od napięcia wejściowego.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób sterowania rezonansowego przekształtnika DC-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, **znamienny tym**, że wybiera się komórki aktywne w ilości niezbędnej do uzyskania wymaganego napięcia wyjściowego i w cyklu ładowania, w każdej z komórek aktywnych, za pomocą łącznika ładowania górnego (2) przełącza się kondensator (3) tak iż ładuje się on ze źródła napięcia zasilania (U_s), następnie, w cyklu rozładowania, za pomocą łącznika rozładowania (5), łączy się kondensatory komórek aktywnych szeregowo ze źródłem napięcia zasilania (U_s) i doładowuje się kondensator wyjściowy (7), natomiast nie przełącza się kondensatorów w komórkach nieaktywnych, przy czym na komórki aktywne wybiera się komórki od strony wyjścia przekształtnika.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że w cyklu rozładowania wykorzystuje się łącznik ładowania górny (2) komórki nieaktywnej sąsiadującej z komórką aktywną, jeżeli nie wszystkie komórki są aktywne.

Rysunki

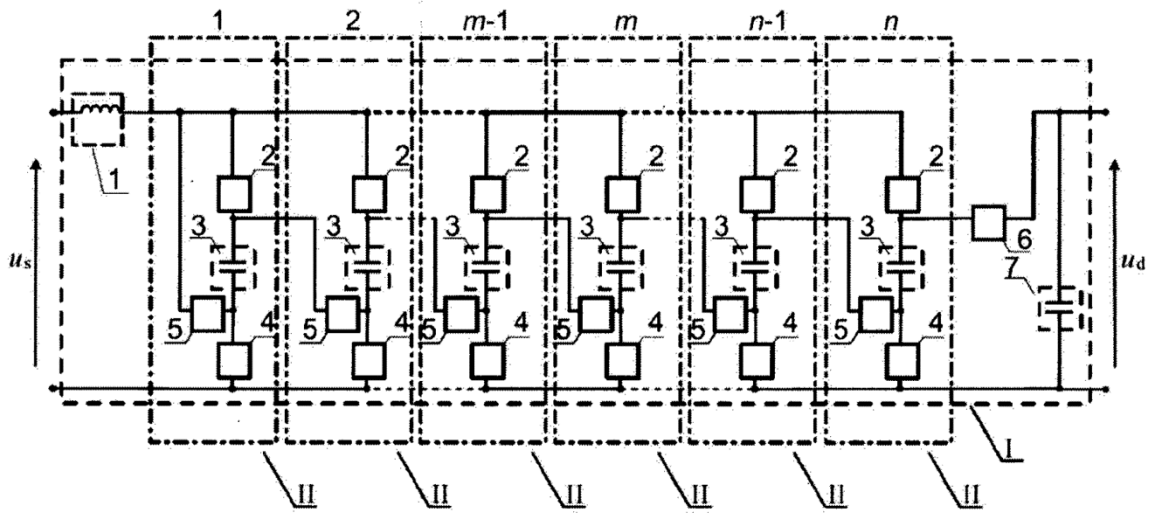


Fig. 1

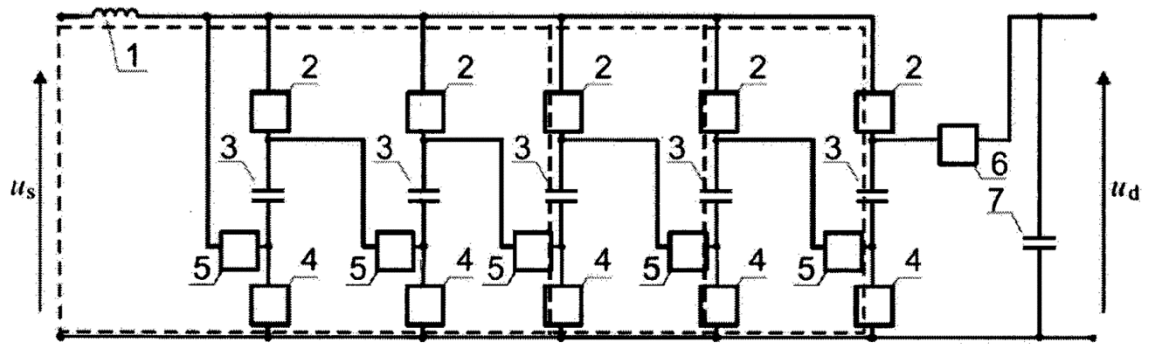


Fig. 2

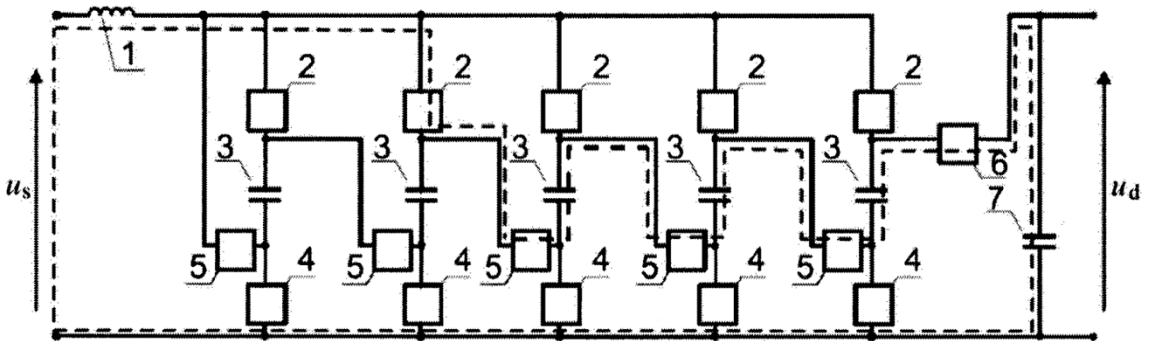


Fig. 3