RZECZPOSPOLITA POLSKA

Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **225731**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **415368**

(22) Data zgłoszenia: **17.12.2015**

(51) Int.Cl.
H02M 3/156 (2006.01)
H02M 1/34 (2007.01)

(54) **Przekształtnik podwyższający napięcie, odpowiedni falownik oraz sposób zmniejszania strat wyłączania**

(30) Pierwszeństwo:
18.12.2014, DE, DE102014119015.7

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
20.06.2016 BUP 13/16

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
31.05.2017 WUP 05/17

(73) Uprawniony z patentu:
SMA SOLAR TECHNOLOGY AG, Niestetal, DE

(72) Twórca(y) wynalazku:
ROBERT STALA, Kraków, PL
ADAM PENCZEK, Kraków, PL
ANDRZEJ MONDZIK, Skarżysko-Kościelne, PL
SŁAWOMIR SZOT, Krosno, PL
MIŁOSZ SZAREK, Kraków, PL
MAREK S. RYLKO, Bielsko-Biała, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Robert Teofilak

PL 225731 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest przekształtnik podwyższający napięcie, odpowiedni falownik, zwłaszcza falownik fotowoltaiczny z takim przekształtnikiem podwyższającym napięcie. Przedmiotem wynalazku jest także sposób zmniejszania strat wyłączania półprzewodnikowego przełącznika mocy w przetwornicy napięcia stałego.

Przekształtniki podwyższające napięcie stosuje się, zwłaszcza w instalacjach fotowoltaicznych, by dostosować napięcie stałe poszczególnych połączeń do napięcia stałego wspólnego obwodu pośredniczącego. Przy tym najlepiej byłoby uzyskać pracę przekształtnika podwyższającego napięcie o jak najlepszej wydajności, by uniknąć strat energii oraz zredukować nakłady na chłodzenie elementów przekształtnika podwyższającego napięcie, zwłaszcza półprzewodnikowego przełącznika mocy tego przekształtnika podwyższającego napięcie. I tak znane jest z przykładu przetwornic rezonansowych, że przełączanie z niewielką stratą półprzewodnikowego przełącznika mocy można osiągnąć tak, że przełącznik jest przełączany w tych momentach, w których przełącznik jest odłączony od prądu lub napięcia. Proces ten określany jest jako łagodne przełączanie.

Dokument DE2639589A1 ujawnia przekształtnik podwyższający napięcie o typowym układzie dla przekształtnika podwyższającego napięcie, z elementem indukcyjnym, przełącznikiem półprzewodnikowym oraz diodą przekształtnika pomiędzy wejściami i wyjściami napięcia stałego, mający obwód tłumiący z torem ładowania oraz torem rozładowania, przy czym tor rozładowania przebiega w postaci połączenia szeregowego kondensatora oraz diody równolegle do diody przekształtnika podwyższającego napięcie. Za pośrednictwem toru ładowania, zawierającego połączenie szeregowe kolejnej diody oraz kolejnego elementu indukcyjnego i którego jeden koniec podłączony jest w punkcie łączącym pomiędzy kondensatorem i diodą, następuje ładowanie kondensatora podczas włączania przełącznika półprzewodnikowego i w tym celu na drugim końcu toru ładowania przykładane jest napięcie o wartości połowy wartości napięcia wyjściowego przekształtnika podwyższającego napięcie. W tym zakresie dokument DE2639589A1 ujawnia, że tor ładowania może być podłączony do punktu centralnego podzielonej pojemności wyjściowej pomiędzy wyjściami napięcia stałego i ponadto przedstawia obwód kompensacyjny, za pomocą którego można wyrównać nierównomierne rozładowanie obu pojemności podzielonej pojemności wyjściowej, spowodowane obwodem ładowania.

Dokument US7385833B2 również ujawnia przekształtnik podwyższający napięcie o typowym układzie dla przekształtnika podwyższającego napięcie, z elementem indukcyjnym, przełącznikiem półprzewodnikowym oraz diodą przekształtnika pomiędzy wejściami i wyjściami napięcia stałego, mający obwód tłumiący za torem ładowania i torem rozładowania, przy czym tor rozładowania przebiega w postaci połączenia szeregowego kondensatora oraz diody równolegle do diody przekształtnika podwyższającego napięcie i przy czym tor ładowania, którego jeden koniec podłączony jest w punkcie łączącym pomiędzy kondensatorem i diodą, zawiera połączenie szeregowe kolejnej diody oraz kolejnego elementu indukcyjnego. Drugi koniec toru ładowania jest podłączony do przewodu przekształtnika podwyższającego napięcie, łączącego jedno z wejść napięcia stałego z jednym z wyjść napięcia stałego. By naładować kondensator przy włączaniu przełącznika półprzewodnikowego, kolejny element indukcyjny jest sprzężony magnetycznie w torze ładowania z elementem indukcyjnym przekształtnika podwyższającego napięcie.

Późniejszy dokument o międzynarodowej sygnaturze akt PCT/EP2014/066320 również ujawnia przekształtnik podwyższający napięcie, o typowym układzie dla przekształtnika podwyższającego napięcie, z elementem indukcyjnym, przełącznikiem półprzewodnikowym oraz diodą przekształtnika pomiędzy wejściami i wyjściami napięcia stałego, mający obwód tłumiący z torem ładowania i torem rozładowania, przy czym tor rozładowania przebiega w postaci połączenia szeregowego kondensatora oraz diody równolegle do diody przekształtnika podwyższającego napięcie i przy czym tor ładowania, którego jeden koniec podłączony jest w punkcie łączącym pomiędzy kondensatorem i diodą, zawiera połączenie szeregowe kolejnej diody oraz kolejnego elementu indukcyjnego. Drugi koniec toru ładowania w przekształtniku podwyższającym napięcie, ujawnionym w dokumencie o międzynarodowej sygnaturze akt PCT7EP2014/066320, jest podłączony do jednego z wejść napięcia stałego tak, że istnieje możliwość naładowania kondensatora z pojemności wejściowej.

Według stanu techniki wszystkie wyżej wymienione przekształtniki podwyższające napięcie mają wspólne to, że kondensator jest ładowany przy włączaniu przełącznika półprzewodnikowego i rozładowywany za pośrednictwem diody przy wyłączaniu przełącznika półprzewodnikowego do pojemności wyjściowej pomiędzy obydwoma wyjściami napięcia stałego. Zwolnienie przełącznika, tzn. miękkie

przełączanie, uzyskuje się dla procesu wyłączenia przełącznika półprzewodnikowego dzięki temu, że kondensator został uprzednio naładowany podczas procesu włączania do takiego napięcia, które ma taką samą wartość, lecz odwrotną biegunowość niż napięcie pojemności wyjściowej pomiędzy obydwoma wyjściami napięcia stałego. Dzięki temu na początku procesu wyłączania, na przełączniku półprzewodnikowym napięcie wynosi zero, które następnie w toku dalszego procesu wyłączania wzrasta w wyniku rozładowania kondensatora do pojemności wyjściowej, aż do wartości napięcia przyłożonego na pojemności wyjściowej.

Prąd z kondensatora do pojemności wyjściowej jest ograniczany podczas rozładowania przez elementy indukcyjne przekształtnika podwyższającego napięcie, ponieważ w wyniku indukcyjności w chwili wyłączenia przełącznika półprzewodnikowego, prąd w pierwszej kolejności nie komutuje na diodę przekształtnika podwyższającego napięcie, jak to ma miejsce w przypadku konwencjonalnego przekształtnika podwyższającego napięcie, lecz dopiero na tor rozładowania. Dopiero po pełnym rozładowaniu kondensatora, prąd komutuje na pierwszą diodę.

Wadą opisanego zwolnienia przełącznika z zastosowanym obwodem tłumiącym według stanu techniki jest fakt, że podczas procesu rozładowania pojemność wyjściowa jest bezpośrednio zaangażowana tak, że jej właściwości muszą być uwzględnione w projekcie obwodu tłumiącego. W wyniku tego wartość napięcia, do którego należy naładować kondensator, ustala się na poziomie wartości napięcia na pojemności wyjściowej pomiędzy obydwoma wyjściami napięcia stałego. W ten sposób optymalne zwolnienie przełącznika przykładowo w przekształtniku podwyższającym napięcie, opisanym w dokumencie o międzynarodowej sygnaturze akt PCT/EP2014/066320, uzyskiwane jest jedynie dla stosunku przełożenia przekształtnika podwyższającego napięcie rzędu 1:1 do 1:2. Dla większego stosunku przełożenia, kondensator nie jest ładowany do wystarczającego poziomu napięcia, by udostępnić na początku procesu wyłączenia zerowe napięcie na przełączniku półprzewodnikowym. Także i w przypadku innych przełączeń według stanu techniki może dojść do sytuacji, w której kondensator – przykładowo przy niskim obciążeniu – nie będzie mógł zostać naładowany do wystarczającego poziomu napięcia.

Stąd też celem wynalazku jest zapewnienie takiego przekształtnika podwyższającego napięcie, który umożliwia miękkie przełączenie przełącznika półprzewodnikowego mocy w przekształtniku podwyższającym napięcie, a tym samym zapewnia ulepszoną niezależność właściwości pojemności wyjściowej, zwłaszcza przykładanego napięcia, przy projektowaniu obwodu tłumiącego.

Cel ten jest osiągnięty przez przekształtnik podwyższający napięcie według wynalazku według niezależnego zastrzeżenia 1, przez przekształtnik podwyższający napięcie według zastrzeżenia 10, przez falownik według równorzędnego zastrzeżenia 12, a także przez sposób według zastrzeżenia 13. Korzystne przykłady wykonania wynalazku zostały przedstawione przy zastrzeżeniach zależnych.

Przekształtnik podwyższający napięcie według wynalazku zawiera pierwszy element indukcyjny, łączący w sposób elektryczny pierwsze wejście napięcia stałego przekształtnika podwyższającego napięcie z pierwszym punktem połączenia, oraz punkt połączenia w funkcji przekształtnika podwyższającego napięcie, łączący pierwszy punkt połączenia z drugim wejściem napięcia stałego oraz podłączonym w tym punkcie drugim wyjściem napięcia stałego przekształtnika podwyższającego napięcie. Ponadto przekształtnik podwyższający napięcie zawiera pierwszą diodę, łączącą pierwszy punkt połączenia z pierwszym wyjściem napięcia stałego przekształtnika podwyższającego napięcie oraz pojemność wyjściową, umieszczona pomiędzy pierwszym a drugim wyjściem (4, 5) napięcia stałego. Przekształtnik podwyższający napięcie jest ponadto wyposażony w obwód tłumiący tor ładowania i tor rozładowania, przy czym tor rozładowania ma postać połączenia szeregowego kondensatora oraz drugiej diody na jednym z końców, przyłączonym w pierwszym punkcie połączenia i zaprojektowany tak, by po wyłączeniu przełącznika półprzewodnikowego kondensator ulegał rozładowaniu. Tor ładowania przebiega od pierwszego wejścia napięcia stałego lub przyłącza pojemności wyjściowej do punktu połączenia pomiędzy kondensatorem i drugą diodą i jest zaprojektowany tak, by kondensator był ładowany przy włączeniu przełącznika półprzewodnikowego. Korzystne jest, by zarówno ładowanie, jak i rozładowanie odbywało się bez zastosowania dalszych, aktywnie sterowanych przełączników w torze ładowania i torze rozładowania.

Pomiędzy drugim końcem toru rozładowania oraz drugim wyjściem napięcia stałego, w przekształtniku podwyższającym napięcie według wynalazku przyłączono kondensator pomocniczy, do którego za pośrednictwem drugiej diody może wpływać ładunek z kondensatora podczas procesu rozładowania. Napięcie zerowe na przełączniku półprzewodnikowym na początku procesu wyłączania jest uzyskiwane w przypadku przykładu wykonania według wynalazku w taki sposób, że kondensator

został uprzednio naładowany do wartości napięcia odpowiadającej napięciu na kondensatorze pomocniczym, lecz z przeciwną biegunowością, pominąwszy stosunkowo niewielkie napięcie zmniejszające się na diodzie.

Ponieważ do kondensatora pomocniczego nie można doprowadzać energii w nieograniczonym stopniu, przekształtnik podwyższający napięcie według wynalazku pozostaje w dalszym ciągu podłączony do obwodu rozładowania pomiędzy drugim końcem toru rozładowania oraz pierwszym wyjściem napięcia stałego, zaprojektowanego tak, by prąd przepływał przez obwód rozładowania w kierunku pierwszego wyjścia napięcia stałego, gdy tylko napięcie na kondensatorze pomocniczym wzrośnie do wartości większej, niż wartość napięcia pojemności wyjściowej. Tym samym prąd przepływający w torze rozładowania wpływa do kondensatora pomocniczego, gdy sąsiadujące z nim napięcie jest mniejsze lub równe napięciu pojemności wyjściowej. Ponadto ładunek może w dalszym ciągu wpływać za pośrednictwem toru ładowania do kondensatora pomocniczego, nawet jeżeli sąsiadujące napięcie jest większe, niż napięcie na pojemności wyjściowej, w sytuacji, gdy przykładowo obwód rozładowania ma elementy indukcyjne. Jednak w takiej sytuacji, co najmniej prąd częściowo wpływa z toru przez obwód rozładowania w kierunku do pierwszego wyjścia napięcia stałego.

Spadki napięcia ewentualnie występujące wewnątrz obwodu rozładowania nie są uwzględniane w niniejszych analizach.

Ponowne ładowanie kondensatora odbywa się za pośrednictwem toru ładowania na początku fazy włączenia przełącznika półprzewodnikowego. W zależności od długości fazy załączania, może tu się odbywać częściowe ładowanie, lub korzystne ładowanie pełne do wartości napięcia kondensatora pomocniczego. Tor ładowania może zawierać w jednym przykładzie wykonania wynalazku obwód szeregowy drugiego elementu indukcyjnego oraz trzeciej diody. Kondensator obwodu tłumiącego oraz drugi element indukcyjny tworzą wtedy szeregowy obwód rezonansowy, dzięki czemu następuje ładowanie kondensatora przez napięcie na pierwszym wejściu napięcia stałego lub napięcie na pojemności wyjściowej przez jedną połowę drgania rezonansowego. W wyniku tego kondensator jest ładowany do podwójnej wartości napięcia na pierwszym wejściu napięcia stałego lub na pojemności wyjściowej. Kontynuacji drgań rezonansowych, a tym samym rozładowaniu kondensatora, zapobiega trzecia dioda.

Podczas ładowania kondensatora z wejścia napięcia stałego za pośrednictwem toru ładowania, zawierającego połączenie szeregowe drugiego elementu indukcyjnego i trzeciej diody, wymagane jest napięcie pomiędzy wejściami napięcia stałego o wartości równej przynajmniej połowie wartości napięcia na kondensatorze pomocniczym. W przypadku większych wartości napięcia pomiędzy wejściami napięcia stałego, ładowanie kondensatora pomocniczego jest również kontynuowane za pośrednictwem drugiej diody, jeżeli tylko wartość napięcia na kondensatorze przekroczy podczas ładowania wartość napięcia na kondensatorze pomocniczym. Gdy napięcie na kondensatorze pomocniczym wzrośnie do takiej wartości, która będzie większa niż napięcie na pojemności wyjściowej, prąd przepływa przez obwód rozładowania w kierunku pierwszego wyjścia napięcia tak, aby maksymalne napięcie, do poziomu którego ładowany jest kondensator i kondensator pomocniczy, było ograniczone do wartości napięcia na pojemności wyjściowej. W każdym z przypadków wynika, że nawet jeżeli wartość napięcia pomiędzy wejściami napięcia stałego na początku ładowania jest większa, niż połowa wartości napięcia na kondensatorze pomocniczym, to i tak poziom korzystnego ładowania na potrzeby miękkiego przełączenia kondensatora do wartości równej napięciu kondensatora pomocniczego, lecz z przeciwną biegunowością jest zapewniony jak dla kondensatora pomocniczego tak, by można było zagwarantować pracę przekształtnika podwyższającego napięcie o jak najmniejszym stratach, aż do stosunku przełożenia 1:1.

W jednym z przykładów wykonania zrealizowano tor ładowania przebiegający od pierwszego wejścia napięcia stałego do punktu łączącego pomiędzy kondensatorem a drugą diodą dla ładowania kondensatora z pojemności wejściowej, umieszczonej pomiędzy pierwszym a drugim wejściem napięcia stałego.

Istnieje także możliwość pobierania energii do ładowania kondensatora za pośrednictwem wyjścia napięcia stałego. W tym celu tor ładowania przebiega z jednego przyłącza pojemności wyjściowej do punktu łączącego pomiędzy kondensatorem a drugą diodą. Jeden z przykładów wykonania zawiera przy tym pojemność wyjściową obwodu szeregowego pierwszego i drugiego kondensatora wyjściowego, połączonych ze sobą za pośrednictwem punktu pośredniego. W takiej sytuacji tor ładowania łączy punkt połączenia pomiędzy kondensatorem a drugą diodą z punktem pośrednim podzielonej pojemności wyjściowej. Drugi element indukcyjny może być podłączony zarówno z punktem pośred-

nim podzielonej pojemności wyjściowej, jak również z punktem połączenia pomiędzy kondensatorem a drugą diodą. W takim przypadku ładowanie kondensatora odbywa się za pomocą energii kondensatora wyjściowego, połączonego z drugim wyjściem napięcia stałego przekształtnika podwyższającego napięcie.

Ponieważ w wyniku takiego poboru energii może dojść do nierównomiernego rozłożenia napięcia pomiędzy pierwszym a drugim kondensatorem wyjściowym, przekształtnik podwyższający napięcie według wynalazku może zostać uzupełniony sterowanym obwodem kompensacyjnym. Taki obwód kompensacyjny może zawierać przynajmniej jeden przełącznik kompensacyjny, sterowany za pośrednictwem drugiego elementu indukcyjnego i łączącego pierwsze wyjście napięcia z punktem pośrednim podzielonej pojemności wyjściowej. Ponadto można zainstalować diodę zwrotną lub kolejny przełącznik pomiędzy punktem połączenia drugiego elementu indukcyjności z przełącznikiem kompensacyjnym, a także drugim wyjściem napięcia stałego.

Opisany na wstępie przykład przekształtnika podwyższającego napięcie, w ramach którego tor ładowania przebiega od pierwszego wejścia napięcia stałego do punktu połączenia pomiędzy kondensatorem a drugą diodą, może pracować także bez podzielonej pojemności wejściowej/wyjściowej. Jest to więc szczególna zaleta tego przykładu. O ile napięcie pomiędzy wejściami napięcia stałego jest większe, niż połowa napięcia na kondensatorze pomocniczym, następuje ładowanie kondensatora do poziomu wartości napięcia na wyjściu napięcia stałego.

By zniwelować nierówny pobór energii z podzielonej pojemności wyjściowej, istnieje możliwość włączenia za przekształtnikiem podwyższającym napięcie jeszcze jednego przetwornika, sterowanego w taki sposób, że pobierałby prąd z kondensatora wyjściowego o wyższym napięciu względem drugiego kondensatora wyjściowego. W jednym przykładzie wykonania wynalazku przykładowo na wyjściu napięcia stałego przekształtnika podwyższającego napięcie zainstalowano tzw. 3-punktowy falownik, np. falownik NPC sterowany w taki sposób, by uzyskać kompensujący pobór energii, a tym samym wyrównanie napięcia pomiędzy obydwoma kondensatorami wyjściowymi. Oczywiście możliwe są także inne obwody umożliwiające kompensujący pobór energii z podzielonego obwodu pośredniego, na przykład obwód zasilający do instalacji sterowania przekształtnika podwyższającego napięcie lub urządzenie elektroniczne, którego elementem byłby przekształtnik podwyższający napięcie.

Kolejna możliwość symetryzacji napięcia na obu kondensatorach wyjściowych polega na tym, że przekształtnik podwyższający napięcie zostanie wyposażony w pierwszą i drugą jednostkę częściową. Każda z jednostek częściowych miałby według wynalazku obwód tłumiący, przy czym obwody tłumiące jednostek częściowych byłyby przykładowo przyporządkowane jednemu z dwóch kondensatorów wyjściowych, tzn. byłby z nich zasilane.

W przypadku symetrycznego przekształtnika podwyższającego napięcie, pierwsza i druga jednostka częściowa mogłyby mieć również dwa oddzielne wejścia napięcia stałego – pierwsze i drugie. Przy zachowaniu takich samych wymiarów kondensatora oraz drugiego elementu indukcyjnego obu jednostek częściowych, otrzymuje się symetryzację napięcia, nawet przy różnych napięciach na wejściu. Jeszcze inaczej, poprzez odpowiednio dobraną różnicę częstotliwości sterowania obu jednostek częściowych można uzyskać symetryzację. W tym celu dana jednostka, przyporządkowana do kondensatora wyjściowego o niższym napięciu, jest użytkowana z niższą częstotliwością sterującą względem drugiej jednostki. Zasadniczo taki przekształtnik podwyższający napięcie w układzie symetrycznym może być sterowany w taki sposób, że częstotliwość sterowania pierwszej jednostki częściowej względem częstotliwości sterowania drugiej jednostki częściowej określa się w zależności od pierwszej i drugiej pojemności wyjściowej. W ten sposób dzięki planowej asymetrii istnieje również możliwość ustanowienia i zachowania napięcia wyjściowego, zamiast symetryzacji napięcia wyjściowego.

W jednym przykładzie wykonania przekształtnika podwyższającego napięcie według wynalazku obwód rozładowania zawiera także czwartą diodę. Dzięki temu przy niewielkich nakładach zapewnia się, że prąd będzie przepływał przez obwód rozładowania w kierunku pierwszego wyjścia napięcia stałego, gdy tylko napięcie na kondensatorze pomocniczym wzrośnie do wartości większej niż wartość napięcia na pojemności wyjściowej.

Tor rozładowania oraz obwód rozładowania tworzą obwód szeregowy, który może być umieszczony równolegle do pierwszej diody. Alternatywnie istnieje jednak możliwość, by czwarta dioda została włączona jako element obwodu rozładowania, pomiędzy pierwszym wyjściem napięcia stałego a pierwszą diodą tak, by pierwsza dioda była połączona z pierwszym wyjściem napięcia stałego za pośrednictwem drugiej diody.

W korzystnym przykładzie wykonania przekształtnika podwyższającego napięcie według wynalazku obwód rozładowania jest przeznaczony do rozładowania kondensatora pomocniczego do poziomu napięcia o mniejszej wartości niż wartość napięcia pojemności wyjściowej. W takim przypadku także dla kondensatora obwodu tłumiącego wymagane jest ładowanie przez wejście napięcia stałego lub z pojemności wyjściowej tylko do poziomu mniejszej wartości napięcia, by uzyskać napięcie zerowe na przełączniku półprzewodnikowym na początku procesu wyłączenia. Przy ładowaniu kondensatora z wejścia napięcia stałego za pośrednictwem toru ładowania, zawierającego połączenie szeregowe drugiego elementu indukcyjnego oraz trzeciej diody, przykładowo wystarczy takie napięcie pomiędzy wejściami napięcia stałego, którego wartość jest mniejsza niż połowa wartości napięcia pomiędzy wyjściami napięcia stałego, tzn. praca przekształtnika podwyższającego napięcie z niskimi stratami w takim przykładzie wykonania jest możliwa także dla stosunku przełożenia większego niż 1:2.

Ze szczególnie niskimi nakładami wiąże się rozładowanie kondensatora pomocniczego do takiego napięcia, którego wartość jest mniejsza niż wartość napięcia na pojemności wyjściowej dzięki takiej postaci przekształtnika podwyższającego napięcie, w której obwód rozładowania zawiera połączenie szeregowe trzeciego elementu indukcyjnego oraz czwartej diody. Gdy podczas rozładowywania kondensatora obwodu tłumiącego do kondensatora pomocniczego, napięcie na kondensatorze pomocniczym wzrośnie do takiej wartości, która będzie większa niż wartość napięcia na pojemności wyjściowej, prąd będzie przepływać przez obwód rozładowania w kierunku pierwszego wyjścia napięcia stałego. Jednak ze względu na czwarty element indukcyjny wartość tego prądu wzrasta powoli tak, że odpowiednio opadający prąd częściowy wpływa w dalszym ciągu do kondensatora pomocniczego, dzięki czemu napięcie na kondensatorze pomocniczym wzrasta powyżej wartości napięcia na pojemności wyjściowej. Gdy prąd częściowy w kondensatorze pomocniczym spadnie do zera, a kondensator obwodu tłumiącego zostanie w pełni rozładowany, to w wyniku wyższego napięcia na kondensatorze pomocniczym względem napięcia na pojemności wyjściowej dochodzi do rozładowania kondensatora za pośrednictwem trzeciego elementu indukcyjnego oraz czwartej diody do pojemności wyjściowej w postaci połowy drgania rezonansowego, utworzonych przez trzeci element indukcyjny i kondensator pomocniczy. Kontynuacji oscylacji rezonansowej, a tymi samym ponownemu naładowaniu kondensatora pomocniczego zapobiega czwarta dioda.

W przypadku, gdy kondensator pomocniczy oraz trzeci element indukcyjny są bezpośrednio ze sobą powiązane i tym samym tworzą połączenie szeregowe, to w takie połączenie szeregowe w kolejnym przykładzie wykonania przekształtnika podwyższającego napięcie według wynalazku można w sposób równoległy włączyć aktywnie sterowany element sterujący. W połączeniu z czwartą diodą, obwód rozładowania tworzy wtedy pomocniczy przekształtnik podwyższający napięcie, za pomocą którego ładunek jest przenoszony z kondensatora pomocniczego na drodze sterowania taktowanego aktywnego elementu sterującego do pojemności wyjściowej. Dzięki temu można ustawić planowe rozładowanie kondensatora pomocniczego do napięcia, którego wartość jest mniejsza – niż wartość napięcia na pojemności wyjściowej. W przypadku, gdy aktywnie sterowany przełącznik nie jest sterowany, obwód rozładowania zachowuje się dokładnie tak, jak uprzednio opisane połączenie rozładowujące w połączeniu szeregowym trzeciego elementu indukcyjnego oraz czwartej diody.

W związku z przykładami wykonania przekształtnika podwyższającego napięcie według wynalazku, w których rozładowanie kondensatora pomocniczego odbywa się do napięcia, którego wartość jest mniejsza niż wartość napięcia pojemności wyjściowej należy zwrócić uwagę, że prąd może przepływać przez obwód rozładowania w kierunku pierwszego wyjścia napięcia stałego, jeżeli napięcie na kondensatorze pomocniczym wykazuje taką wartość, która jest mniejsza lub równa wartości na pojemności wyjściowej. Obwód rozładowania według wynalazku jest przystosowany do przepływu prądu w kierunku pierwszego wyjścia napięcia stałego, gdy tylko napięcie na kondensatorze pomocniczym wzrośnie do poziomu wartości większej niż wartość napięcia na pojemności wyjściowej, to znaczy prąd zaczyna przepływać, gdy tylko powyższe kryterium zostanie spełnione, przepływ nie musi być jednak koniecznie zatrzymany w chwili, gdy kryterium to już nie jest spełniane.

Ponieważ naładowanie kondensatora obwodu tłumiącego oraz rozładowanie kondensatora pomocniczego stanowią zasadniczo dwa oddzielne procesy, w jednym przykładzie wykonania przekształtnika podwyższającego napięcie drugi i trzeci element indukcyjny mogą być ukształtowane w postaci wspólnego elementu indukcyjnego, którego koniec jest podłączony do kondensatora pomocniczego, drugiej diody, a także trzeciej diody. By podczas rozładowania kondensatora pomocniczego nie doszło do ponownego naładowania kondensatora, drugi koniec wspólnego elementu indukcyjnego jest połączony za pośrednictwem połączenia szeregowego, składającego się z piątej diody

oraz aktywnie sterowanego elementu przełączającego, z punktem połączenia pomiędzy kondensatorem a drugą diodą, by móc rozłączyć połączenie niezbędne do ładowania kondensatora pomiędzy wspólnym elementem łączącym oraz kondensatorem za pomocą aktywnie sterowanego elementu przełączeniowego. Piąta dioda zapewnia, że podczas ładowania kondensatora, tzn. przy zamkniętym aktywnym elemencie przełączeniowym, ładunek może płynąć za pośrednictwem toru ładowania tylko do kondensatora, ale nie może z niego odpłynąć. Również stan, w którym podczas ładowania kondensatora prąd płynie przez obwód rozładowania w kierunku pierwszego wyjścia napięcia stałego – przykładowo podczas ładowania do wartości napięcia na wejściu napięcia stałego, które jest większe, niż połowa wartości napięcia na kondensatorze pomocniczym – przy zastosowaniu wspólnego elementu indukcyjnego w opisanym układzie jest możliwy bez żadnych ograniczeń. Zastosowanie wspólnego elementu indukcyjnego do drugiego i trzeciego elementu indukcyjnego wymaga co prawda dodatkowych nakładów na podzespoły w postaci aktywnie sterowanego elementu przełączającego oraz piątej diody; uwzględniając jednak, że w zależności od wykonania, element indukcyjny może być duży, ciężki i zwłaszcza droższy niż aktywnie sterowany element przełączający oraz dioda, to taki przykład wykonania przekształtnika podwyższającego napięcie ze wspólnym elementem indukcyjnym dla drugiego oraz trzeciego elementu indukcyjnego może być w pewnych okolicznościach korzystniejszym rozwiązaniem.

Według wynalazku opisany powyżej przekształtnik podwyższający napięcie może być wykorzystany jako przykład wykonania pierwszej i drugiej jednostki częściowej symetrycznego przekształtnika podwyższającego napięcie, by pozwolić w ten sposób na przykładowo większy zakres napięcia wejściowego.

W szczególnie korzystnym przykładzie wykonania falownik zawiera przekształtnik podwyższający napięcie według wynalazku. Przy czym falownik może być w tym przykładzie falownikiem fotowoltaicznym z mocą jednego lub kilku generatorów fotowoltaicznych, przykładaną jako napięcie stałe na wejściu lub wejściach przekształtnika podwyższającego napięcie i przekształcaną na napięcie przemienne zgodne z siecią celem wprowadzenia do sieci zasilającej.

Jak przedstawiono w dalszej treści, ideę wynalazku można przenieść na inne typy przekształtników napięcia stałego, przykładowo na przekształtniki obniżające napięcie, przetworniki dwukierunkowe lub przetworniki inwersyjne. Te rodzaje przekształtników mają jako wspólne cechy indukcyjność oraz dwa przełączniki, z których przynajmniej jeden jest półprzewodnikowym przełącznikiem aktywnym, a często półprzewodnikowym przełącznikiem mocy. Drugi przełącznik może być alternatywnie przełącznikiem pasywnym – przykładowo diodą. Elementy indukcyjne oraz dwa przełączniki są rozmieszczone w znany już sposób pomiędzy przyłączami wejść napięcia stałego oraz przyłączy wyjść napięcia stałego. Po włączeniu przełącznika półprzewodnikowego następuje zasilanie elementu indukcyjnego z pojemności wejściowej, a po odłączeniu przełącznika półprzewodnikowego, energia z cewki oddawana jest za pośrednictwem innego przełącznika przykładowo do pojemności wyjściowej. Jak pokazuje przykład przetwornic dwukierunkowych, pojęcia wejścia napięcia stałego, wyjścia napięcia stałego, pojemności wejściowej i pojemności wyjściowej niekoniecznie muszą być związane z kierunkiem przepływu mocy przez przetwornicę napięcia stałego. Podobnie w przypadku przeniesienia stanu techniki dla przekształtnika podwyższającego napięcie na przekształtnik obniżający napięcie, określenia wejście i wyjście obowiązują odwrotnie.

Obwód tłumiący, nawet przy przeniesieniu stanu techniki na inne przekształtniki napięcia stałego zawiera odpowiednio tor rozładowania z połączeniem szeregowym kondensatora oraz diody, a także tor ładowania, który, wychodząc od punktu połączenia pomiędzy kondensatorem a diodą, przebiega przykładowo przez kolejną diodę oraz kolejny element indukcyjny do przyłącza pojemności wyjściowej lub wejściowej i sposób jest tak realizowany, by kondensator był ładowany podczas włączania przełącznika półprzewodnikowego. Tor rozładowania jest tak wykonany, by połączenie szeregowe kondensatora i diody było podłączone jednym końcem do przyłącza mocy zasilania przełącznika półprzewodnikowego, a drugim końcem, na którym znajduje się dioda, było podłączone do kondensatora pomocniczego. Drugi koniec kondensatora pomocniczego jest z kolei podłączony do przyłącza mocy zasilania przełącznika półprzewodnikowego. Ponadto tor rozładowania został wykonany za pomocą odpowiedniej biegunowości diody w taki sposób, by umożliwić przepływ prądu od kondensatora do kondensatora pomocniczego tak, by kondensator był rozładowywany podczas wyłączania przełącznika półprzewodnikowego. Układ i sposób funkcjonowania przełącznika rozładowującego odpowiada również tym, które opisano uprzednio dla przypadku przekształtnika podwyższającego napięcie.

Dla takiej przetwornicy napięcia stałego, zwłaszcza przekształtnika podwyższającego napięcie, przekształtnika obniżającego napięcie, przekształtnika dwukierunkowego lub przekształtnika inwersyjnego w rezultacie przy zastosowaniu wiedzy technicznej według wynalazku sposób obniżania strat wyłączania półprzewodnikowych elementów mocy w przekształtniku napięcia stałego ma etapy:

– Naładowanie kondensatora podczas włączania półprzewodnikowych elementów mocy do tej samej wartości napięcia oraz odwrotnej biegunowości, jak napięcie na kondensatorze pomocniczym.

– Rozładowanie kondensatora przy wyłączaniu półprzewodnikowych elementów mocy za pośrednictwem diody w kondensatorze pomocniczym.

– Rozładowanie kondensatora pomocniczego i/lub kondensatora do pojemności wyjściowej przetwornicy napięcia stałego, gdy tylko napięcie na kondensatorze pomocniczym wzrośnie do poziomu przekraczającego napięcie pojemności wyjściowej.

Kolejny etap sposobu może obejmować rozładowanie kondensatora pomocniczego do poziomu napięcia o wartości niższej niż wartość napięcia na pojemności wyjściowej.

Naładowanie kondensatora w sposobie według wynalazku może odbywać się z pojemności wejściowej lub wyjściowej przetwornicy napięcia stałego.

Poniżej przedstawiono bliższe objaśnienie wynalazku za pomocą figur rysunku. Figury rysunku mają za zadanie zilustrowanie przykładu wykonania wynalazku, nie ograniczają jednak wynalazku do prezentowanych właściwości.

Fig. 1 pokazuje pierwszy przykład wykonania przekształtnika podwyższającego napięcie według wynalazku,

Fig. 2 pokazuje drugi przykład wykonania przekształtnika podwyższającego napięcie według wynalazku,

Fig. 3 pokazuje trzeci przykład wykonania przekształtnika podwyższającego napięcie według wynalazku z aktywnym obwodem rozładowania,

Fig. 4 pokazuje czwarty przykład wykonania przekształtnika podwyższającego napięcie według wynalazku ze wspólnie wykorzystywanym elementem indukcyjnym, i

Fig. 5 pokazuje piąty przykład wykonania przekształtnika podwyższającego napięcie według wynalazku jako symetryczny przekształtnik podwyższający napięcie.

Fig. 1 pokazuje układ połączeń dla przekształtnika 1 podwyższającego napięcie z pierwszym wejściem 2 napięcia stałego i drugim wejściem 3 napięcia stałego, pomiędzy którymi znajduje się pojemność wejściowa 6. Pomiędzy pierwszym wyjściem 4 napięcia stałego oraz drugim wyjściem 5 napięcia stałego znajduje się pojemność wyjściowa 14. Pierwsze wejście 2 napięcia stałego jest, co znane jest już z konwencjonalnych przekształtników podwyższających napięcie, połączone za pośrednictwem pierwszego elementu indukcyjnego 7 oraz pierwszej diody 9 z pierwszym wyjściem 4 napięcia stałego. Punkt 22 połączenia pomiędzy pierwszym elementem indukcyjnym 7 oraz pierwszą diodą 9 jest połączony za pośrednictwem przełącznika półprzewodnikowego 8 jako przełącznik półprzewodnikowy zarówno z drugim wejściem 3 napięcia stałego, jak również drugim wyjściem 5 napięcia stałego.

Dodatkowo, przekształtnik 1 podwyższający napięcie ma obwód tłumiący, zawierający tor ładowania i tor rozładowania. Tor rozładowania, wychodząc z punktu 22 połączenia przez połączenie szeregowe kondensatora 10 oraz drugiej diody 11 biegnie do kondensatora pomocniczego 17, który swoim drugim końcem jest podłączony do drugiego wyjścia 5 napięcia stałego. Ponadto od punktu połączenia pomiędzy drugą diodą 11, a kondensatorem pomocniczym 17, odgałęzia się obwód rozładowania 20, który na swoim drugim końcu jest podłączony do pierwszego wyjścia 4 napięcia stałego. Obwód rozładowania 20 ma postać szeregowego połączenia trzeciego elementu indukcyjnego 19 oraz czwartej diody 18. Tor ładowania łączy pierwsze wejście 2 napięcia stałego z punktem połączenia pomiędzy kondensatorem 10 oraz drugą diodą 11 przez połączenie szeregowe trzeciej diody 12 oraz drugiego elementu indukcyjnego 13. Kolejność połączenia szeregowego trzeciej diody 12 oraz drugiego elementu indukcyjnego 13, a także kolejność połączenia szeregowego czwartej diody 18 oraz trzeciego elementu indukcyjnego 19 jest dowolna.

W trybie pracy przekształtnika 1 podwyższającego napięcie, kondensator 10 w chwili otwarcia przełącznika półprzewodnikowego 8 znajduje się mniej więcej na równym poziomie napięcia, jak kondensator pomocniczy 17. Następnie prąd kierowany jest przez pierwszy element indukcyjny 7 przez kondensator 10 oraz drugą diodę 11 do kondensatora pomocniczego 17 i rozładowuje kondensator 10 do kondensatora pomocniczego 17. Gdy napięcie kondensatora pomocniczego 17 jest niemal równe napięciu na pojemności wyjściowej 14, czwarta dioda rozpoczyna przewodzenie 18, a prąd przepływa

przez obwód rozładowania 20 w kierunku pierwszego wyjścia 4 napięcia stałego. Ponieważ wzrost prądu jest ograniczany obwodem rozładowania 20 w wyniku trzeciego elementu indukcyjnego 19, prąd w dalszym ciągu przepływa obwodem toru rozładowania do kondensatora pomocniczego 17, który w wyniku tego jest ładowany do jeszcze wyższego poziomu napięcia, który jest wyższy, niż napięcie na pojemności wyjściowej 14. Dopiero, gdy prąd obwodu toru rozładowania w kondensatorze pomocniczym 17 spada do zera i kondensator 10 jest rozładowany, następuje rozładowanie kondensatora pomocniczego 17 do pojemności wyjściowej 14. Ponieważ kondensator pomocniczy 17 oraz trzeci element indukcyjny 19 tworzą szeregowy obwód rezonansowy, rozładowanie kondensatora pomocniczego 17 odbywa się w postaci połowy drgania rezonansowego. Kontynuacji oscylacji rezonansowej, a tym samym ponownemu naładowaniu kondensatora pomocniczego 17 zapobiega czwarta dioda 18. Po rozładowaniu, napięcie na kondensatorze pomocniczym 17 jest mniejsze o wartość napięcia na pojemności wyjściowej 14, o którą na początku rozładowania była wyższa niż napięcie na pojemności wyjściowej 14. Gdy kondensator 10 jest rozładowany, prąd komutuje przez pierwszy element indukcyjny 7 na pierwszej diodzie 9.

Gdy przełącznik półprzewodnikowy 8 jest zamknięty, kondensator 10 jest ładowany za pomocą napięcia pojemności wejściowej 6, za pośrednictwem drugiego elementu indukcyjnego 13, trzeciej diody 12 oraz przełącznika półprzewodnikowego 8. Ponieważ kondensator 10 oraz drugi element indukcyjny 13 tworzą szeregowy obwód rezonansowy, odbywa się to w postaci rezonansowego procesu ładowania, przy czym prąd ładowania odpowiada mniej więcej połówce przebiegu sinusoidalnego, a trzecia dioda 12 zapobiega kontynuowaniu procesu rezonansowego, a tym samym rozładowaniu się kondensatora 10. Jeżeli napięcie na pojemności wejściowej 6 jest większe, niż połowa wartości napięcia na kondensatorze pomocniczym 17, to gdy tylko napięcie na kondensatorze 10 osiągnie mniej więcej taki sam poziom napięcia, jak napięcie kondensatora pomocniczego 17, część prądu ładowania przepływa przez drugą diodę 11 do kondensatora pomocniczego 17 tak, by oba kondensatory 10, 17 były w dalszym ciągu ładowane do tej samej wartości napięcia. Jeżeli w toku tego procesu napięcie na obu kondensatorach 10, 17 wzrośnie jeszcze do wartości napięcia na pojemności wyjściowej 14, prąd ładowania odprowadzany jest jeszcze za pośrednictwem obwodu rozładowania 20 do pierwszego wyjścia 4 napięcia stałego. Tym samym niezależnie od wartości napięcia na pojemności wejściowej 6, napięcie na kondensatorze 10 ma pod koniec rezonansowego procesu ładowania mniej więcej taką samą wartość i odwrotną biegunowość, jak napięcie na kondensatorze pomocniczym 17.

W ten sposób dzięki obwodowi tłumiącemu uzyskuje się to, że przełącznik półprzewodnikowy 8 może być otwarty w sposób beznapięciowy lub przynajmniej bez redukowanego spadku napięcia za pośrednictwem przełącznika półprzewodnikowego 8, w porównaniu do konwencjonalnego przekształtnika podwyższającego napięcie bez obwodu tłumiącego. Ponadto uzyskiwany jest spowolniony wzrost prądu w przełączniku półprzewodnikowym 8 w czasie załączania. Tym samym zmniejszają się straty włączeniowe przełącznika półprzewodnikowego 8 a skuteczność przekształtnika 1 podwyższającego napięcie ulega odpowiednio poprawie.

Przekształtnik 1 podwyższający napięcie według przykładu wykonania przedstawionego na fig. 2 różni się od przekształtnika podwyższającego napięcie z fig. 1 tym, że charakteryzuje się podzieloną pojemnością wyjściową 14 w postaci połączenia szeregowego z pierwszego kondensatora wyjściowego 15 oraz drugiego kondensatora wyjściowego 16. Tor ładowania przebiega jako połączenie szeregowe trzeciej diody 12 oraz drugiego elementu indukcyjnego 13 od punktu pośredniego pomiędzy obydwoma kondensatorami wyjściowymi 15, 16 do punktu połączenia pomiędzy kondensatorem 10 oraz drugą diodą 11. Ładowanie kondensatora 10 jest realizowane z drugiego kondensatora wyjściowego 16 do poziomu podwójnej wartości przyłożonego do niego napięcia. By móc ustawić je do wymaganej wartości połowy przyłożonego napięcia do kondensatora pomocniczego 17, wymagany jest dodatkowy obwód kompensujący, nieprzedstawiony na fig. 2 do rozdzielenia napięcia na kondensatory wyjściowe 15, 16.

Trzeci element indukcyjny 19 nie musi być stosowany w przekształtnikach 1 podwyższających napięcie przedstawionych na fig. 1 i 2. Tym samym uzyskuje się kolejne przykłady wykonania dla różnych przypadków zastosowania, w których można zrezygnować z rozładowania kondensatora pomocniczego 17 do wartości napięcia mniejszego, niż napięcie na pojemności wyjściowej 14.

Przekształtnik 1 podwyższający napięcie według przykładu wykonania przedstawionego na fig. 3 odpowiada przedstawionemu na fig. 1, przy czym w tym przypadku połączenie szeregowe kondensatora pomocniczego 17 oraz trzeciego elementu indukcyjnego 19 zostało uzupełnione o dodatkowy, aktywnie sterowany element przełączający 26 w układzie równoległym. Obwód rozładowania 20

tworzy tym samym pomocniczy przekształtnik podwyższający napięcie, za pomocą którego podczas taktowanego sterowania aktywnego elementu przełączającego 26 można przenieść obciążenie z kondensatora pomocniczego 17 na pojemność wyjściową 14. Tym samym kondensator pomocniczy 17 można rozładować do jeszcze mniejszych wartości napięcia, niż jest to możliwe w przypadku obwodu rozładowania 20 z fig. 1 i 2. Dzięki temu, stosując przekształtnik 1 podwyższający napięcie według fig. 3 przykładowo w przypadkach, w których dla przekształtnika 1 podwyższającego napięcie według fig. 1 napięcie na pojemności wejściowej 6 jest zbyt małe, by naładować kondensator 10 do tej samej wartości napięcia, jak kondensator pomocniczy 17, uzyskując stan równych wartości napięcia na obu kondensatorach 10, 17 niezbędny do przełączania z jak najmniejszą stratą na początku sposobu wyłączania przełącznika półprzewodnikowego 8. W sytuacji, gdy aktywnie sterowany element przełączający 26 nie jest sterowany, obwód rozładowania zachowuje się tak samo, jak obwód przekształtnika 1 podwyższającego napięcie z fig. 1.

W przypadku przekształtnika 1 podwyższającego napięcie w fig. 4, drugi element indukcyjny 13 oraz trzeci element indukcyjny 19 stanowią jeden wspólny element indukcyjny. W tym celu w torze ładowania zamieniono kolejność przełączania trzeciej diody 12 oraz drugiego elementu indukcyjnego 13. Pomiędzy punktem połączenia znajdującym się pomiędzy kondensatorem 10 i drugą diodą 11, oraz punktem połączenia znajdującym się pomiędzy wspólnym elementem indukcyjnym oraz czwartą diodą 18, tor ładowania zawiera dodatkowe połączenie szeregowe piątej diody 27 oraz aktywnie sterowanego elementu łączącego 28. Poprzez otwarcie elementu łączącego zapobiega się, by kondensator 10 został ponownie naładowany podczas rozładowania kondensatora pomocniczego 17. Dzięki zastosowaniu piątej diody 27 zapewnia się, że podczas ładowania kondensatora 10 za pośrednictwem toru ładowania, ładunek mógł przepływać tylko do kondensatora 10, ale nie mógł z niego odpływać.

Fig. 5 przedstawia przyłączenie dwóch jednostek częściowych 24 i 25 w jeden symetryczny przekształtnik 30 podwyższający napięcie. Obie jednostki częściowe 24, 24 wykonano w postaci przekształtnika 1 podwyższającego napięcie według przykładu wykonania przedstawionego na fig. 1 i rozmieszczono symetrycznie względem przewodu środkowego, tworzonego przez wspólne drugie wejścia 3, 3‘napięcia stałego oraz drugie wyjścia 5, 5’ napięcia stałego. Obie jednostki częściowe 24, 24 mogą być wykonane również w postaci dowolnego innego przekształtnika 1 podwyższającego napięcie według wynalazku. Kierunki przepuszczania przełącznika półprzewodnikowego 8‘ oraz diod 9‘, 11‘, 12‘, 18‘ drugiej jednostki częściowej 25 są ułożone odwrotnie względem kierunku przepływu przełącznika półprzewodnikowego 8 oraz diod 9, 11, 12, 18 pierwszej jednostki częściowej 24, ze względu na odwrotny kierunek przepływu prądu. Ponadto dla symetrycznego przekształtnika 30 podwyższającego napięcie z fig. 3 przewidziano opcjonalne sprzężenie magnetyczne pierwszego elementu indukcyjnego 7 pierwszej jednostki częściowej 24 z pierwszym elementem indukcyjnym 7‘ drugiej jednostki częściowej 25.

Wynalazek nie ogranicza się stricte do przedstawionych przykładów wykonania, lecz może być wykorzystany na wiele sposobów z zastosowaniem różnych kombinacji, zwłaszcza z innymi przedstawionymi lub znanymi znawcom przykładami wykonania.

Zastrzeżenia patentowe

1. Przekształtnik (1) podwyższający napięcie, zawierający:

– pierwszy element indukcyjny (7), łączący elektrycznie pierwsze wejście (2) napięcia stałego przekształtnika (1) podwyższającego napięcie z pierwszym punktem (22) połączenia,

– przełącznik półprzewodnikowy (8), łączący pierwszy punkt (22) połączenia z drugim wejściem (3) napięcia stałego oraz drugim wyjściem (5) napięcia stałego przekształtnika (1) podwyższającego napięcie,

– pierwszą diodę (9), łączącą pierwszy punkt (22) połączenia z pierwszym wyjściem (4) napięcia stałego przekształtnika (1) podwyższającego napięcie,

– pojemność wyjściową (14), umieszczoną pomiędzy pierwszym i drugim wyjściem (4, 5) napięcia stałego, oraz

– obwód tłumiący z torem ładowania oraz torem rozładowania, przy czym tor rozładowania jest podłączony jako połączenie szeregowe kondensatora (10) i drugiej diody (11) na jego jednym końcu do pierwszego punktu (22) połączenia i jest tak wykonany, że kondensator (10) jest rozładowywany

podczas wyłączania przełącznika półprzewodnikowego (8), przy czym tor ładowania przebiega od pierwszego wejścia (2) napięcia stałego lub od przyłącza pojemności wyjściowej (14) do punktu połączenia znajdującego się pomiędzy kondensatorem (10) a drugą diodą (11) i jest tak wykonany, że kondensator (10) jest ładowany podczas włączania przełącznika półprzewodnikowego (8), **znamienny tym**, że kondensator pomocniczy (17) jest podłączony pomiędzy drugim końcem toru rozładowania i drugim wyjściem (5) napięcia stałego i ponadto obwód rozładowania (20) jest podłączony pomiędzy drugim końcem toru rozładowania a pierwszym wyjściem (4) napięcia stałego i jest tak wykonany, że prąd przepływa przez obwód rozładowania (20) w kierunku pierwszego wyjścia (4) napięcia stałego, ilekroć napięcie na kondensatorze pomocniczym (17) wzrośnie do wartości wyższej niż wartość napięcia na pojemności wyjściowej (14).

2. Przekształtnik podwyższający napięcie (1) według jednego z poprzednich zastrz. **znamienny tym**, że tor ładowania zawiera połączenie szeregowe drugiego elementu indukcyjnego (13) i trzeciej diody (12).

3. Przekształtnik podwyższający napięcie (1) według zastrz. 1, **znamienny tym**, że tor ładowania do ładowania kondensatora (10) jest wykonany z pojemności wejściowej (6), usytuowanej pomiędzy pierwszym a drugim wejściem (2, 3) napięcia stałego.

4. Przekształtnik (1) podwyższający napięcie według zastrz. 1, **znamienny tym**, że pojemność wyjściowa (14) zawiera połączenie szeregowe pierwszego i drugiego kondensatora wyjściowego (15, 16) z punktem pośrednim, przy czym tor ładowania łączy punkt połączenia znajdujący się pomiędzy kondensatorem (10) a drugą diodą (11) z punktem pośrednim pierwszego i drugiego kondensatora wyjściowego (15, 16).

5. Przekształtnik (1) podwyższający napięcie według jednego z powyższych zastrz., **znamienny tym**, że obwód rozładowania (20) zawiera czwartą diodę (18).

6. Przekształtnik (1) podwyższający napięcie według jednego z zastrz. 1 do 5, **znamienny tym**, że obwód rozładowania (20) jest tak wykonany, że rozładowuje kondensator pomocniczy (17) do napięcia o wartości mniejszej niż wartość napięcia na pojemności wyjściowej (14).

7. Przekształtnik (1) podwyższający napięcie według zastrz. 6, **znamienny tym**, że obwód rozładowania (20) zawiera połączenie szeregowe trzeciego elementu indukcyjnego (19) oraz czwartej diody (18).

8. Przekształtnik (1) podwyższający napięcie według zastrz. 7, **znamienny tym**, że kondensator pomocniczy (17) i trzeci element indukcyjny (19) tworzą połączenie szeregowe, do którego jest dołączony równolegle aktywnie sterowalny element przełączający (26).

9. Przekształtnik (1) podwyższający napięcie według zastrz. 4 w połączeniu z zastrz. 7 albo 8, **znamienny tym**, że drugi element indukcyjny (13) i trzeci element indukcyjny (19) są utworzone przez wspólny element indukcyjny, którego jeden koniec jest połączony z kondensatorem pomocniczym (17) oraz drugą diodą (11) i trzecią diodą (12), a którego drugi koniec jest połączony z punktem połączenia pomiędzy kondensatorem (10) a drugą diodą (11) za pośrednictwem połączenia szeregowego piątej diody (27) oraz aktywnie sterowalnego elementu łączącego (28).

10. Symetryczny przekształtnik (30) podwyższający napięcie z pierwszą i drugą jednostką częściową (24, 25), wykonanymi odpowiednio w postaci przekształtnika (1) podwyższającego napięcie zdefiniowanego w jednym z powyższych zastrzeżeń.

11. Symetryczny przekształtnik (30) podwyższający napięcie według zastrz. 10, **znamienny tym**, że pierwszy element indukcyjny (7) pierwszej jednostki częściowej (24) jest sprzężony magnetycznie z pierwszym elementem indukcyjnym (7') drugiej jednostki częściowej (25).

12. Falownik, zwłaszcza falownik fotowoltaiczny, zawierający przekształtnik (1, 30) podwyższający napięcie zdefiniowanego w jednym z zastrz. 1 do 11.

13. Sposób zmniejszania strat wyłączania półprzewodnikowego przełącznika mocy w przetwornicy napięcia stałego, mającej obwód tłumiący, zawierającej połączenie szeregowe kondensatora (10) i diody (11), przy czym połączenie szeregowe jest podłączone swym jednym końcem do przyłącza prądu obciążeniowego półprzewodnikowego przełącznika mocy, a swym drugim końcem, na którym znajduje się dioda (11), jest podłączone do kondensatora pomocniczego (17), którego drugi koniec jest podłączony do drugiego przyłącza prądu obciążeniowego półprzewodnikowego przełącznika mocy, tak że jest możliwy przepływ prądu od kondensatora (10) do kondensatora pomocniczego (17), przy czym sposób ten obejmuje etapy:

– naładowanie kondensatora (10) podczas włączania półprzewodnikowych przełączników mocy do takiej samej wartości napięcia oraz odwrotnej biegunowości, jak napięcie na kondensatorze pomocniczym (17),

– rozładowanie kondensatora (10) przy wyłączaniu półprzewodnikowego przełącznika mocy poprzez diodę (11) do kondensatora pomocniczego (17), oraz

– rozładowanie kondensatora pomocniczego (17) i/lub kondensatora (10) do pojemności wyjściowej (14) przetwornicy napięcia stałego, ilekroć napięcie na kondensatorze pomocniczym (17) wzrośnie do wartości większej niż wartość napięcia na pojemności wyjściowej (14).

14. Sposób według zastrz. 13, **znamienny tym**, że sposób obejmuje dodatkowo etap rozładowania kondensatora pomocniczego (17) do napięcia o wartości mniejszej niż wartość napięcia na pojemności wyjściowej (14).

15. Sposób według zastrz. 13 albo 14, **znamienny tym**, że ładowanie kondensatora (10) następuje z pojemności wejściowej (6) lub z pojemności wyjściowej (14) przetwornicy napięcia stałego.

16. Sposób według jednego z zastrz. 13 do 15, **znamienny tym**, że przetwornica napięcia stałego ma postać przekształtnika podwyższającego napięcie, przekształtnika obniżającego napięcie, przetwornicy dwukierunkowej lub przetwornicy inwersyjnej.

17. Sposób według jednego z zastrz. 13 do 16, **znamienny tym**, że przetwornica napięcia stałego ma postać przekształtnika (1, 30) podwyższającego napięcie, zdefiniowanego w jednym z zastrz. 1 do 11, przy czym przełącznik półprzewodnikowy jest przełącznikiem półprzewodnikowym (8) mocy.

Rysunki

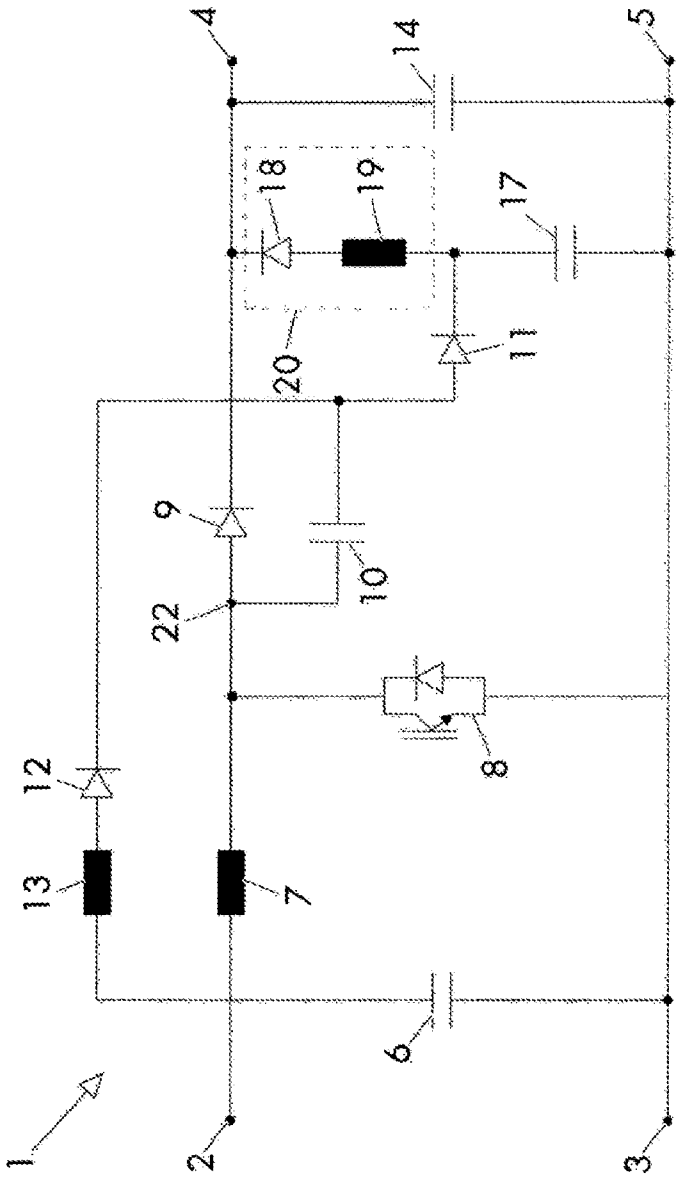

Fig. 1

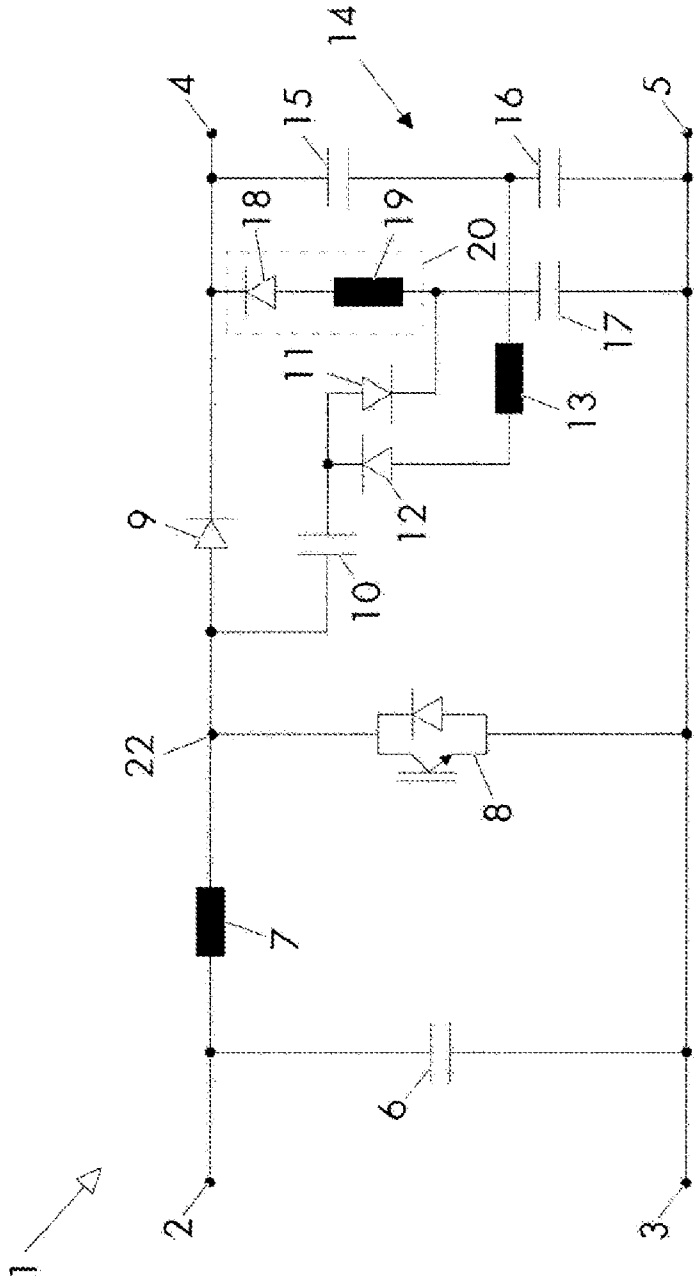

Fig. 2

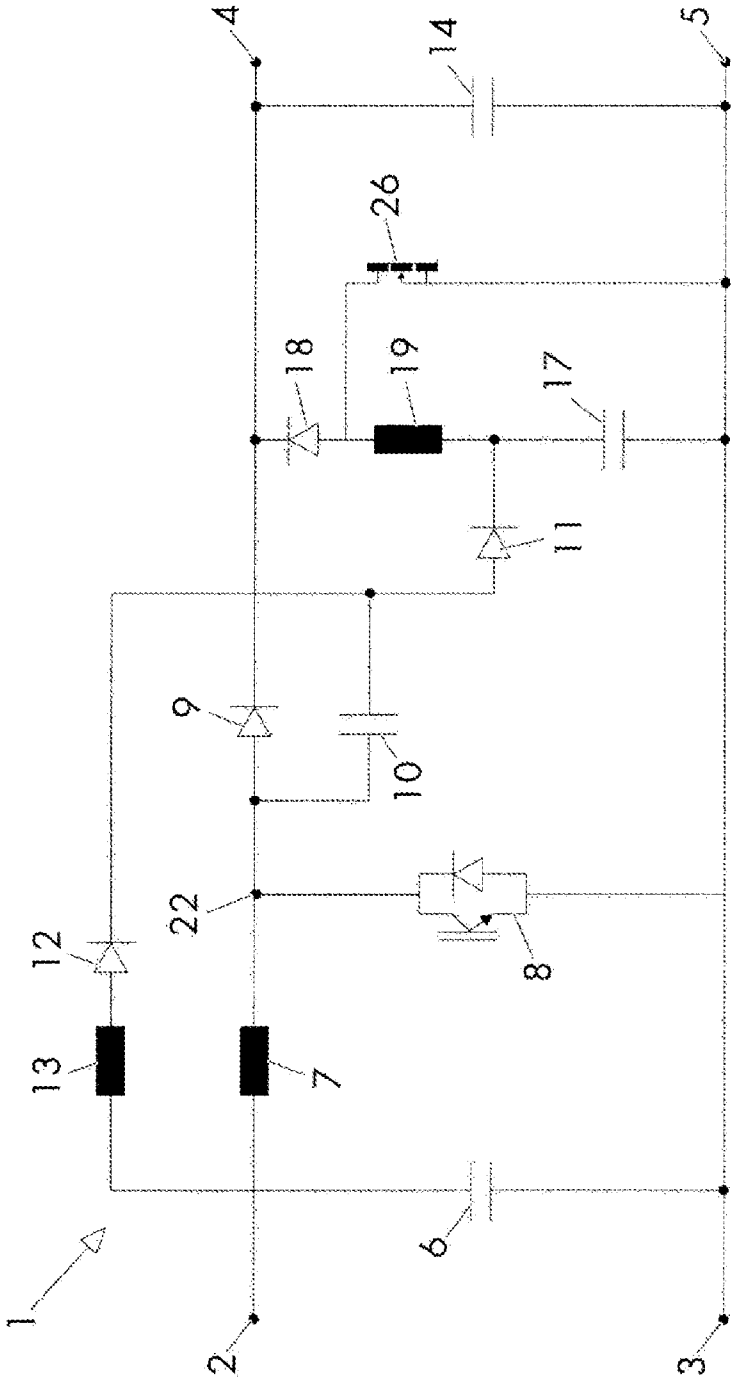

Fig. 3

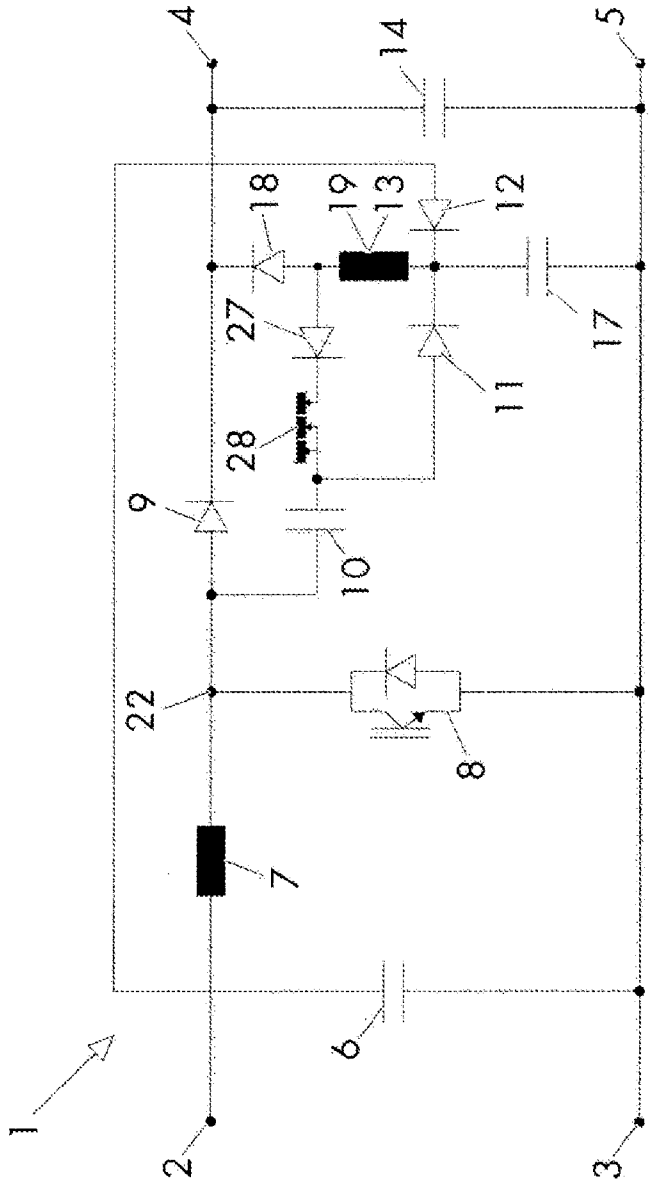

Fig. 4

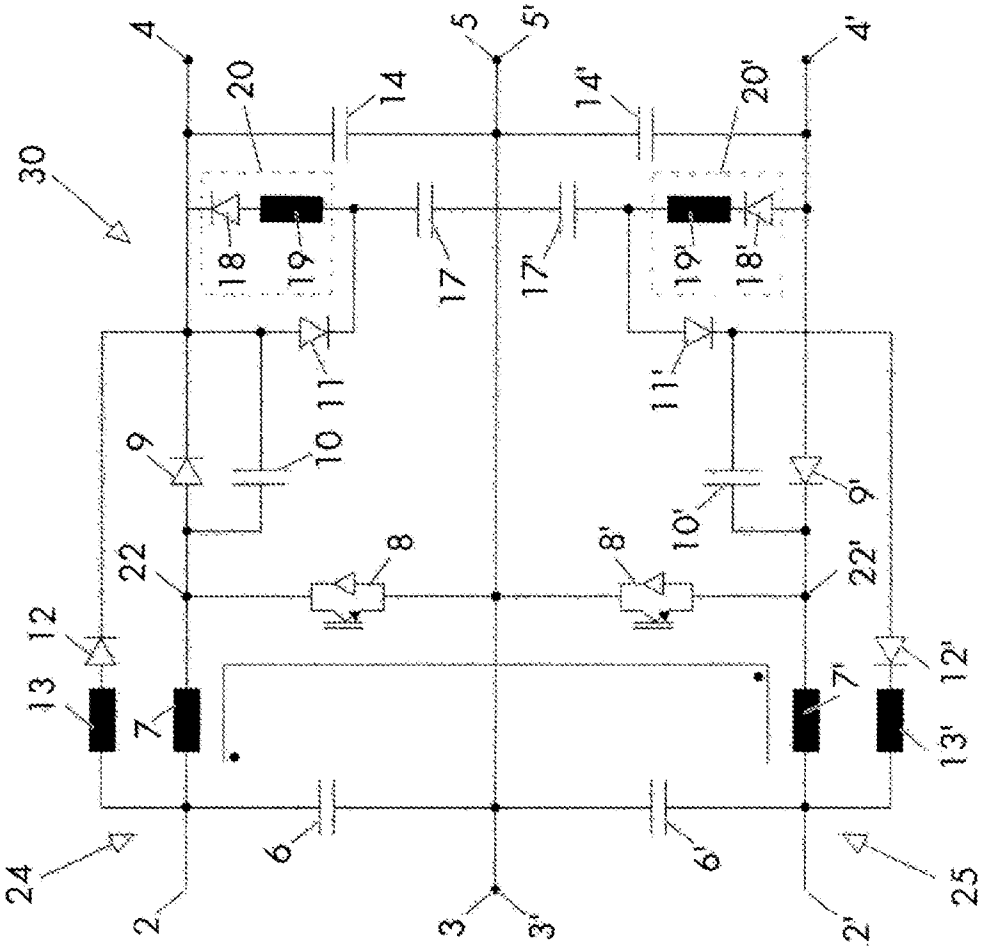
30
4
20
14
5
5'
14'
20'
4'
18
19
17
17'
19'
18'
11
11'
9
10
10'
9'
22
8
8'
22'
12
12'
13
7
7'
13'
24
2
6
3
3'
6'
2'
25

Fig. 5

Departament Wydawnictw UPRP
Cena 4,92 zł (w tym 23% VAT)