RZECZPOSPOLITA POLSKA

Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **TŁUMACZENIE PATENTU EUROPEJSKIEGO**

(19) **PL**

(11) **PL/EP 3131194**

(13) **T3**

(51) Int.Cl.
H02M 7/5387 (2007.01)
H02M 7/48 (2007.01)
H02M 1/00 (2006.01)
H02M 1/34 (2007.01)
H02M 1/42 (2007.01)

(96) Data i numer zgłoszenia patentu europejskiego:
10.08.2016 16183590.5

(97) O udzieleniu patentu europejskiego ogłoszono:
24.04.2019 Europejski Biuletyn Patentowy 2019/17
EP 3131194 B1

(54) Tytuł wynalazku:

Falownik z kondensatorem odciążającym i instalacja fotowoltaiczna zawierająca falownik

(30) Pierwszeństwo:
11.08.2015 DE 102015113247

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

15.02.2017 w Europejskim Biuletynie Patentowym nr 2017/07

(45) O złożeniu tłumaczenia patentu ogłoszono:

29.11.2019 Wiadomości Urzędu Patentowego 2019/11

(73) Uprawniony z patentu:

SMA Solar Technology AG, Niestetal, DE

(72) Twórca(y) wynalazku:

ANDRZEJ MONDZIK, Skarżysko Kościelne, PL
ADAM PENCZEK, Kraków, PL
MAREK RYLKO, Bielsko-Biała, PL
ROBERT STALA, Kraków, PL
MILOSZ SZAREK, Kraków, PL
SLAWOMIR SZOT, Krosno, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Marek Ginter
SULIMA GRABOWSKA SIERZPUTOWSKA
BIURO PATENTÓW I ZNAKÓW TOWAROWYCH SP.K.
Skr. poczt. 6
00-956 Warszawa 10

PL/EP 3131194 T3

Uwaga:

W ciągu dziewięciu miesięcy od publikacji informacji o udzieleniu patentu europejskiego, każda osoba może wnieść do Europejskiego Urzędu Patentowego sprzeciw dotyczący udzielonego patentu europejskiego. Sprzeciw wnosi się w formie uzasadnionego na piśmie oświadczenia. Uważa się go za wniesiony dopiero z chwilą wniesienia opłaty za sprzeciw (Art. 99 (1) Konwencji o udzielaniu patentów europejskich).

Opis

[0001] Wynalazek dotyczy falownika, zwłaszcza falownika fotowoltaicznego z kondensatorem odciążającym. Ponadto wynalazek dotyczy instalacji fotowoltaicznej zawierającej taki falownik.

[0002] Falowniki stosowane są zwłaszcza w instalacjach fotowoltaicznych do przekształcania napięcia stałego, dostarczanego przez generator fotowoltaiczny, w prąd przemienny do doprowadzania prądu przemiennego do sieci prądu przemiennego. Pożądana jest przy tym praca falownika o możliwie jak najlepszej sprawności do uniknięcia strat energii i zmniejszenia nakładu do chłodzenia elementów składowych falownika, zwłaszcza przełączników półprzewodnikowych elementów mocy falownika.

[0003] Przykładowo z przekształtników rezonansowych wiadomo, że przełączanie przełączników półprzewodnikowych elementów mocy przy niskich stratach można osiągnąć przez to, że przełącznik jest przełączany w momencie, gdy przełącznik jest bezprądowy lub beznapięciowy. Nazywa się to łagodnym przełączaniem.

[0004] Ponadto znane jest stosowanie kondensatora odciążającego do realizacji łagodnego przełączania. Na przykład na początku przebiegu wyłączania, spadek napięcia na przełączniku półprzewodnikowych elementów mocy początkowo ma zerową wartość, uwarunkowaną przez odpowiedni układ i stan naładowania kondensatora odciążającego. Ponadto prąd z przełącznika półprzewodnikowych elementów mocy komutuje na drogę, w której kondensator odciążający jest umieszczony tak, że pomimo wzrostu napięcia na przełączniku półprzewodnikowych elementów mocy, który wynika ze zmieniającego się z powodu przepływu prądu przez kondensator odciążający napięcia na kondensatorze odciążającym, w żadnym momencie przebiegu wyłączania iloczyn napięcia i prądu dla przełącznika półprzewodnikowych elementów mocy nie wykazuje zawyżenia odpowiadającego stratom przełączania.

[0005] Z dokumentu DE 26 39 589 A1 znany jest obwód odciążający do odciążania wyłączania przełącznika półprzewodnikowych elementów mocy, w którym kondensator odciążający jest ładowany przy włączaniu przełącznika półprzewodnikowych elementów mocy przez połączenie szeregowe diody i cewki indukcyjnej za pomocą środkowego odgałęzienia podzielonego źródła napięcia do tego samego napięcia co źródło napięcia. Przy wyłączaniu przełącznika półprzewodnikowych elementów mocy kondensator odciążający jest rozładowywany przez kolejną diodę a energia zmagazynowana w kondensatorze odciążającym jest oddawana na obciążenie podłączone do przełącznika półprzewodnikowych elementów mocy. Odciążenie wyłączenia następuje przez to, że z jednej strony na początku przebiegu wyłączania kondensator naładowany do tego samego napięcia co źródło napięcia powoduje zerowe napięcie na przełączniku półprzewodnikowych elementów mocy, a z drugiej strony prąd przez przełącznik półprzewodnikowych elementów mocy komutuje do drogi składającej się z kondensatora odciążającego i kolejnej diody. W dokumencie DE 26 39 589 A1 przedstawiono ponadto rozgałęzienie obwodu falownika utworzone z połączenia szeregowego dwóch przełączników półprzewodnikowych elementów mocy w postaci półmostka.

Dla każdego z przełączników półprzewodnikowych elementów mocy każdorazowo zapewniona jest przy tym sieć odciążająca w opisanej powyżej postaci, przy czym ładowanie kondensatorów odciążających następuje przez środkowe odgałęzienie podzielonego obwodu pośredniego napięcia stałego, które jest podłączone między wejściami półmostka. W dokumencie DE 26 39 589 A1 ujawniono również obwód falownika w postaci tak zwanego mostka H, w którym dla każdego z czterech przełączników półprzewodnikowych elementów mocy każdorazowo zapewniona jest sieć odciążająca w opisanej powyżej postaci.

[0006] W dokumencie DE 42 19 644 A1 ujawniono również rozgałęzienie falownika w postaci półmostka, w którym dla każdego z przełączników półprzewodnikowych elementów mocy każdorazowo zapewniony jest opisany powyżej, znany z dokumentu DE 26 39 589 A1 obwód do odciążania wyłączania. Ponadto rozgałęzienie falownika w dokumencie DE 42 19 644 A1 dla każdego z przełączników półprzewodnikowych elementów mocy zawiera każdorazowo obwód do odciążania włączania.

[0007] W dokumencie DE10 2010 008 426 B4 przedstawiono rozgałęzienie falownika tak zwanego obwodu NPC (ang. Neutral Point Clamped), w którym wyjście rozgałęzienia falownika, połączone ze środkowym punktem półmostka, może być połączone przez dodatkowe przełączniki z potencjałem neutralnym, który odpowiada środkowemu punktowi podzielonego obwodu pośredniego napięcia stałego, który jest podłączony między wejściami półmostka. Dla każdego z przełączników półprzewodnikowych elementów mocy półmostka, każdorazowo zapewniony jest również opisany powyżej, znany z dokumentu DE 26 39 589 A1 obwód do odciążania wyłączania, który jednocześnie przyczynia się do odciążania przełączania dodatkowych przełączników. Cewki indukcyjne są realizowane przez pojedynczą cewkę indukcyjną, która ponadto przyczynia się do odciążenia włączania przełączników.

[0008] W dokumencie T. K. S. Freddy et al., „Comparison and Analysis of Single-Phase Transformerless Grid-Connected PV Inverters” IEEE Transactions on Power Electronics, tom 29, nr 10, str. 5358-5369, październik 2014 ujawniono falownik zawierający obwód mostkowy z pierwszym wejściem mostkowym i drugim wejściem mostkowym, w którym pierwsze wejście mostkowe jest połączone przez aktywnie sterowalny przełącznik wejściowy z pierwszym wejściem DC. Między pierwszym wejściem DC a drugim wejściem DC umieszczony jest podzielony obwód pośredni napięcia stałego.

[0009] Falownik z obwodem mostkowym, który zawierapierwsze wejście mostkowe i drugie wejście mostkowe, przy czym pierwsze wejście mostkowe jest połączone przez aktywnie sterowalny przełącznik wejściowy z wejściem DC, znany jest również z dokumentu B. Yang et al., „Improved Transformerless Inverter With Common-Mode Leakage Current Elimination for a Photovoltaic Grid-Connected Power System“ w IEEE Transactions on Power Electronics, tom 27, nr 2, str. 752-762, luty 2012.

[0010] W dokumencie DE 10 2014 110 758 A1 ujawniono falownik napięcia stałego z siecią odciążającą dla jej przełącznika ustawiającego. Sieć odciążająca zawiera kondensator odciążający, jak i drogę ładowania i drogę rozładowania, przy czym droga ładowania jest ustawiona tak, że kondensator odciążający jest ładowany przy włączaniu. Przy wyłączaniu przełącznika ustawiającego kondensator odciążający jest rozładowywany.

[0011] Celem wynalazku jest zapewnienie falownika do przekształcania napięcia stałego w prąd przemienny, zwłaszcza dla instalacji fotowoltaicznej, o możliwie jak najmniejszych stratach przełączania i jednocześnie możliwie jak najmniejszym nakładzie do zmniejszenia strat przełączania.

[0012] Cel ten jest osiągany według wynalazku przez falownik według zastrzeżenia niezależnego 1 i przez instalację fotowoltaiczną według równoważnego zastrzeżenia 13 urządzenia. Korzystne przykłady wykonania wynalazku są przedstawione w zastrzeżeniach zależnych.

[0013] Falownik według wynalazku obejmuje najpierw obwód mostkowy z pierwszym wejściem mostkowym i drugim wejściem mostkowym. Pierwsze wejście mostkowe jest połączone przez aktywnie sterowalny przełącznik wejściowy z pierwszym wejściem DC. Ponadto kondensator odciążający łączy pierwsze wejście mostkowe z pierwszym punktem połączenia, a połączenie szeregowe pierwszej diody i pierwszej cewki indukcyjnej łączy pierwszy punkt połączenia ze środkowym odgałęzieniem podzielonego obwodu pośredniego napięcia stałego, umieszczonego między pierwszym wejściem DC a drugim wejściem DC. Pierwsza dioda jest spolaryzowana tak, że kondensator odciążający jest ładowany przy włączaniu przełącznika wejściowego. Druga dioda łączy pierwszy punkt połączenia z drugim wejściem DC lub drugim wejściem mostkowym, przy czym druga dioda jest spolaryzowana tak, że kondensator odciążający jest rozładowywany przy wyłączaniu przełącznika wejściowego.

[0014] Przez to, że przy otwartym przełączniku wejściowym kondensator odciążający jest rozładowany, do falownika według wynalazku między pierwszym a drugim wejściem mostkowym przyłożone jest zerowe napięcie. W przebiegu przełączania przełączników mostkowych umieszczonych w obwodzie mostkowym, prąd z odpowiedniego przełącznika mostkowego komutuje na inne przełączniki mostkowe lub na diody gaszące ewentualnie umieszczone w obwodzie mostkowym, przy czym prąd jest ograniczony podczas przebiegu komutacji przez dławiki sieciowe, umieszczone po stronie wyjściowej w obwodzie mostkowym. Krótkotrwałe przepięcie, występujące na początku przebiegu komutacji z jednej drogi prądu w obwodzie mostkowym na drugą, z powodu zerowego napięcia między wejściami mostka nie jest zwiększone przez już przyłożone napięcie, przez co w falowniku według wynalazku uzyskiwana jest redukcja strat przełączania przełączników mostkowych. Kondensator odciążający służy tym samym do odciążania przełączania przełączników mostkowych.

[0015] Przy otwartym przełączniku wejściowym pierwsze wejście mostkowe jest jednocześnie podzielone od pierwszego wejścia DC. Oznacza to, że nie jest już możliwy przepływ mocy z wejść DC przez falownik do wyjść AC obwodu mostkowego. Przełącznik wejściowy jest zatem normalnie otwierany tylko dla opisanego powyżej odciążenia przełączników mostkowych, to znaczy w przypadku taktowania z wysoką częstotliwością taktowanie przełącznika wejściowego powinno następować z taką samą częstotliwością i synchronicznie względem taktowania przełączników mostkowych tak, że przełącznik wejściowy jest otwarty tylko w fazach swobodnych, podczas których prąd napędzany przez dławiki sieciowe przepływa w obwodzie mostkowym przez drogi swobodne. Z drugiej strony korzystne może być nawet oddzielenie pierwszego wejścia mostkowego od pierwszego wejścia DC,

występujące przez otwarcie przełącznika wejściowego w trakcie żądanego odciążania przełączania, zwłaszcza jeżeli w przypadku taktowania asymetrycznego przełączników mostkowych jednocześnie odłączane jest drugie wejście DC od obwodu mostkowego. Przez odłączanie może zapobiec przeciwdziałaniu przebiegów przełączania w obwodzie mostkowym na wejściach DC, co może prowadzić na przykład do powstawania prądów upływowych w instalacjach fotowoltaicznych.

[0016] Przy zamkniętym przełączniku wejściowym kondensator odciążający jest ładowany z połowy podzielonego obwodu pośredniego przez połączenie szeregowe pierwszej diody i pierwszej cewki indukcyjnej z połowy podzielonego obwodu pośredniego. Ładowanie następuje przy tym w postaci połowicznych drgań rezonansowych oscylacji obwodu drgającego, utworzonego przez kondensator odciążający i pierwszą cewkę indukcyjną. Pierwsza dioda zapobiega kontynuacji drgań rezonansowych i tym samym rozładowaniu następującym po ładowaniu. Do kondensatora odciążającego, przy zamkniętym przełączniku wejściowym po zakończeniu ładowania, pomijając względnie niskie napięcie spadające na pierwszej i drugiej diodzie, przyłożone jest zatem takie samo napięcie jak do obwodu pośredniego napięcia stałego.

[0017] Przy otwieraniu przełącznika wejściowego prąd komutuje na drogę przez obwód mostkowy, drugą diodę i kondensator odciążający. Na początku tego przebiegu komutacji, ze względu na kondensator odciążający naładowany do tego samego napięcia co obwód pośredni napięcia stałego, do przełącznika wejściowego przyłożone jest zerowe napięcie, przez co na początku przebiegu komutacji nie może wystąpić nadmierne krótkotrwałe przepięcie. Kondensator odciążający służy zatem w falowniku według wynalazku nie tylko do zmniejszania strat przełączania przełączników mostkowych, ale również do zmniejszenia strat przełączania aktywnie sterowalnego przełącznika wejściowego, przez co ogólnie mimo dodatkowego przełącznika idealnie nie powstaje zwiększenie strat przełączania, w porównaniu z konwencjonalnym falownikiem bez tego przełącznika.

[0018] Po całkowitym rozładowaniu kondensatora odciążającego przy otwartym przełączniku wejściowym przez obwód mostkowy i drugą diodę, ponownie przykładane jest zerowe napięcie między wejściami mostkowymi tak, że odciążanie przełączania przełączników mostkowych może następować w opisanej już powyżej postaci.

[0019] W przykładzie wykonana falownika według wynalazku drugie wejście mostkowe połączone jest bezpośrednio z drugim wejściem DC. Przełącznik wejściowy może mieć przy tym diodę antyrównoległą, która może być na przykład diodą podłożową przełącznika półprzewodnikowych elementów mocy.

[0020] W innym przykładzie wykonania drugie wejście mostkowe jest połączone za pomocą kolejnego aktywnie sterowalnego przełącznika wejściowego z drugim wejściem DC. Przełącznik wejściowy i kolejny przełącznik wejściowy mogą przy tym mieć diodę antyrównoległą.

[0021] Korzystnie w przykładzie wykonania, w której drugie wejście mostkowe jest połączone przez kolejny aktywnie sterowalny przełącznik wejściowy z drugim wejściem DC, jest umieszczony kolejny kondensator odciążający, który łączy drugie wejście mostkowe z drugim punktem połączenia, przy czym połączenie szeregowe trzeciej diody i drugiej cewki

indukcyjnej łączy drugi punkt połączenia ze środkowym odgałęzieniem podzielonego obwodu pośredniego napięcia stałego. Trzecia dioda jest przy tym spolaryzowana tak, że kolejny kondensator odciążający jest ładowany przy włączaniu kolejnego przełącznika wejściowego. Ponadto w tym przykładzie wykonania czwarta dioda łączy drugi punkt połączenia z pierwszym wejściem DC, przy czym czwarta dioda jest spolaryzowana tak, że kolejny kondensator odciążający jest rozładowywany przy wyłączaniu kolejnego przełącznika wejściowego. Druga dioda w tym przykładzie wykonania falownika według wynalazku jest podłączona do drugiego wejścia DC.

[0022] Opisany powyżej przykład wykonania z kolejnym kondensatorem odciążającym ma budowę symetryczną, która dotyczy zarówno aktywnie sterowalnych przełączników wejściowych, jak również elementów składowych obwodów służących do odciążania. Zapobiega to zwłaszcza nierównomiernemu rozładowaniu połówek podzielonego obwodu pośredniego napięcia stałego. Kolejne zalety wynikają zwłaszcza z symetrycznego taktowania przełączników mostkowych. Jednak te zalety są kupowane po podwyższonych kosztach elementów składowych obwodu.

[0023] W przykładzie wykonania falownika według wynalazku o mocy biernej antyrównolegle do drugiej diody umieszczony jest pierwszy aktywnie sterowalny przełącznik pomocniczy, a pierwszy punkt połączenia jest połączony przez trzecią cewkę indukcyjną z trzecim punktem połączenia. Między trzecim punktem połączenia a drugim wejściem mostkowym podłączona jest piąta dioda, która jest połączona tym samym typem elektrody z drugim wejściem mostkowym co druga dioda. Ponadto między trzecim punktem połączenia a pierwszym wejściem mostkowym podłączony jest drugi aktywnie sterowalny przełącznik pomocniczy, do którego antyrównolegle podłączona jest szósta dioda, która połączona jest przeciwnym typem elektrody z trzecim punktem połączenia, niż piąta dioda. W przykładzie wykonania falownika według wynalazku o mocy biernej druga dioda jest podłączona do drugiego wejścia mostkowego. Połączenie między drugim wejściem mostkowym z drugim wejściem DC może być przy tym wykonane bezpośrednio lub przez kolejny aktywnie sterowalny przełącznik wejściowy. W każdym przypadku dla przełączników wejściowych należy zapewnić diody antyrównoległe.

[0024] W przypadku przesunięcia fazowego między napięciem a prądem na wyjściach AC obwodu mostkowego, kondensator odciążający przy otwartych przełącznikach wejściowych nie jest już całkowicie rozładowywany przez obwód mostkowy i drugą diodę. Dlatego przez zamykanie przełączników pomocniczych następuje zwarcie między wejściami mostkowymi, przez które kondensator odciążający jest dalej rozładowywany w połączeniu z trzecią cewką indukcyjną. Tymczasem prądy przepływające nadal na wejściach mostkowych są kierowane przez piątą i szóstą diodę, działające jako diody gaszące. W przypadku ujemnego prądu na wejściach mostkowych prąd ten przepływa przy otwartych przełącznikach wejściowych przez diody antyrównoległe przełączników wejściowych do obwodu pośredniego prądu stałego, podłączonego między wejściami DC. Jeżeli kondensator odciążający jest całkowicie rozładowany, między wejściami mostkowymi ponownie przykładane jest zerowe napięcie tak, że możliwe jest przełączanie przełączników mostkowych bez strat i również przełączniki pomocnicze mogą być ponownie otwarte.

[0025] W przykładzie wykonania falownika według wynalazku o mocy biernej między pierwszym punktem połączenia a pierwszym wejściem mostkowym może być podłączona siódma dioda, która jest połączona przeciwnym typem elektrody z pierwszym punktem połączenia niż druga dioda. Tym samym powstaje dodatkowa droga swobodna.

[0026] W przypadku falownika według wynalazku, obwód mostkowy może zawierać dwa półmostki, z których każdy jest podłączony między pierwszym wejściem mostkowym a drugim wejściem mostkowym. Takie połączenie równoległe dwóch półmostków znane jest pod terminem „mostka H”. Jeżeli równolegle do tych dwóch półmostków podłączony jest kolejny półmostek, określa się go jako tak zwany „mostek B6”. Zasadniczo równolegle do dwóch półmostków można podłączyć dowolnie wiele kolejnych odgałęzień mostku.

[0027] Falownik według wynalazku może być falownikiem beztransformatorowym.

[0028] W przykładzie wykonania falownika według wynalazku, obwód mostkowy zawiera dwa wyjścia AC, które są zapewnione do podłączenia do jednofazowej sieci prądu przemiennego.

[0029] W innym przykładzie wykonania falownika według wynalazku, obwód mostkowy zawiera trzy wyjścia AC, które są zapewnione do podłączenia do trójfazowej sieci prądu przemiennego.

[0030] Falownik według wynalazku może mieć również dwa lub więcej obwodów mostkowych, których wejścia mostkowe są połączone równolegle z wejściami DC. Można przy tym zapewnić wspólny aktywnie sterowalny przełącznik wejściowy dla wszystkich obwodów mostkowych, ale można również zapewnić dla każdorazowo pojedynczego lub nawet dla każdego pojedynczego obwodu mostkowego własny aktywnie sterowalny przełącznik wejściowy z własnym kondensatorem odciążającym i przy tym każdorazowo wspólną lub pojedynczą pierwszą i drugą diodę, jak i pierwsze cewki indukcyjne.

[0031] Instalacja fotowoltaiczna według wynalazku zawiera falownik według wynalazku według jednej z opisanych powyżej przykładów wykonania i generator fotowoltaiczny, przy czym generator fotowoltaiczny jest podłączony między pierwszym wejściem DC a drugim wejściem DC, a wyjścia AC są podłączone do sieci prądu przemiennego.

[0032] Poniżej wynalazek jest wyjaśniany bardziej szczegółowo na podstawie figur. Figury służą do zilustrowania przykładów wykonania wynalazku, jednak nie ograniczają wynalazku do przedstawionych cech.

Fig. 1 przedstawia pierwszy przykład wykonania falownika według wynalazku,

fig. 2 przedstawia drugi przykład wykonania falownika według wynalazku,

fig. 3 przedstawia przykład wykonania falownika według wynalazku o mocy biernej,

fig. 4 przedstawia kolejny przykład wykonania falownika według wynalazku o mocy biernej i

fig. 5 przedstawia instalację fotowoltaiczną według wynalazku.

[0033] Na fig. 1 przedstawiono układ obwodów dla falownika 1 według wynalazku z układem mostkowym 2, który jest tworzony z połączenia równoległego dwóch półmostków 25 w postaci tak zwanego mostka H. Półmostki 25 utworzono w znany sposób jako połączenie szeregowe każdorazowo dwóch przełączników półprzewodnikowych elementów mocy z diodami podłączonymi antyrównolegle jako diody gaszące. W przewodach do wyjść AC 30, 31 zapewniono dławiki sieciowe 33, 34. Obwód mostkowy 2 zawiera pierwsze wejście mostkowe 3 i drugie wejście mostkowe 4, przy czym pierwsze wejście mostkowe 3 jest połączone przez aktywnie sterowalny przełącznik wejściowy 8, który jest tutaj wykonany jako przełącznik półprzewodnikowych elementów mocy z diodą antyrównoległą 14, z pierwszym wejściem DC 5, a drugie wejście mostkowe 4 jest bezpośrednio połączone z drugim wejściem DC 6. Między pierwszym wejściem mostkowym 3 a drugim wejściem DC 6 umieszczone jest połączenie szeregowe kondensatora odciążającego 10 i drugiej diody 11. Druga dioda 11, dzięki bezpośredniemu połączeniu między drugim wejściem DC 6 a drugim wejściem mostkowym 4, jest jednocześnie połączona z drugim wejściem mostkowym 4. Pierwszy punkt 15 połączenia między drugą diodą 11 i kondensatorem odciążającym 10 połączony jest przez połączenie szeregowe pierwszej diody 12 i pierwszej cewki indukcyjnej 13 ze środkowym odgałęzieniem 22 podzielonego obwodu pośredniego 7 napięcia stałego. Podzielony obwód pośredni 7 napięcia stałego tworzony jest z połączenia szeregowego dwóch kondensatorów 9, 9' i podłączony jest między pierwszym wejściem DC 5 a drugim wejściem DC 6.

[0034] Przez zamykanie i otwieranie przełącznika wejściowego 8 kondensator odciążający 10 jest ładowany i rozładowywany. Do tego druga dioda 12 jest spolaryzowana tak, że kondensator odciążający 10 jest rozładowywany przy otwartym przełączniku wejściowym 8 przez obwód mostkowy 2, a pierwsza dioda 11 jest spolaryzowana tak, że kondensator odciążający 10 jest ładowany przy zamkniętym przełączniku wejściowym 8 z kondensatora 9 podzielonego obwodu pośredniego 7 napięcia stałego. Ładowanie następuje w postaci drgań półrezonansowych obwodu drgającego utworzonego przez pierwszą cewkę indukcyjną 13 i kondensator odciążający 10, przy czym kontynuacja drgań rezonansowych, a tym samym następne rozładowanie, jest uniemożliwiane przez pierwszą diodę 11. Na kondensatorze 9 spada połowa napięcia przyłożonego do obwodu pośredniego 7 napięcia stałego. Kondensator odciążający 10 jest zatem ładowany przez drgania rezonansowe do tego samego napięcia, co obwód pośredni 7 napięcia stałego. Do skompensowania asymetrycznego poboru energii z połówek podzielonego obwodu pośredniego 7 napięcia stałego może być zapewniony nieprzedstawiony tutaj obwód kompensacyjny.

[0035] Przy rozładowanym kondensatorze odciążającym 10 między wejściami mostkowymi 3, 4 przykładane jest zerowe napięcie. Umożliwia to beznapięciowe i tym samym zmniej-

szające straty przełączanie przełączników mostkowych w obwodzie mostkowym 2. Przy naładowanym kondensatorze odciążającym 10 przez przełącznik wejściowy 8 przykładane jest zerowe napięcie. W tym przypadku możliwe jest beznapięciowe i tym samym zmniejszające straty przełączanie aktywnie sterowalnego przełącznika wejściowego 8.

[0036] Na fig. 2 przedstawiono przykład wykonania falownika 1 według wynalazku, w której, w przeciwieństwie do przykładu wykonania z fig. 1, drugie wejście mostkowe 4 jest połączone z drugim wejściem DC 6 przez kolejny aktywnie sterowalny przełącznik wejściowy 8’, który jest tutaj wykonany jako przełącznik półprzewodnikowych elementów mocy z diodą antyrównoległą 14'. Ponadto w przeciwieństwie do przykładu wykonania z fig. 1, zapewniony jest kolejny kondensator odciążający 10', który jest umieszczony w połączeniu szeregowym z czwartą diodą 11' między drugim wejściem mostkowym 4 a pierwszym wejściem DC 5. Drugi punkt 15' połączenia między czwartą diodą 11' a kolejnym kondensatorem odciążającym 10' jest połączony przez połączenie szeregowe trzeciej diody 12' i drugiej cewki indukcyjnej 13' ze środkowym odgałęzieniem 22 podzielonego obwodu pośredniego 7 napięcia stałego. Czwarta dioda 11' jest spolaryzowana tak, że kolejny kondensator odciążający 10' jest rozładowywany przy otwieraniu kolejnego przełącznika wejściowego 8’ przez obwód mostkowy 2, a trzecia dioda 12' jest spolaryzowana tak, że kolejny kondensator odciążający 10' jest ładowany przy zamkniętym kolejnym przełączniku wejściowym 8’ z kondensatora 9' podzielonego obwodu pośredniego 7 napięcia stałego w postaci drgań półrezonansowych.

[0037] Pierwsza cewka indukcyjna 13 i druga cewka indukcyjna 13" mogą być również utworzone przez wspólną cewkę indukcyjną, która jest wówczas umieszczona między środkowym odgałęzieniem 22 a pierwszą diodą 12, jak i trzecią diodą 12".

[0038] Przykład wykonania falownika 1 według wynalazku z fig. 2 ma budowę symetryczną w przeciwieństwie do przykładu wykonania z fig. 1. Ma to zwłaszcza tę zaletę, że kondensator odciążający 10 jest ładowany z kondensatora 9 podzielonego obwodu pośredniego 7 napięcia stałego, a kolejny kondensator odciążający 10" jest ładowany każdorazowo z innego kondensatora 9" podzielonego obwodu pośredniego 7 napięcia stałego, to znaczy następuje równomierne obciążenie obu połówek podzielonego obwodu pośredniego napięcia stałego.

[0039] Obwód mostkowy 2 falownika 1 tworzony jest tutaj z połączenia równoległego trzech półmostków 25 w postaci tak zwanego mostka B6, przy czym we wszystkich przewodach do wyjść AC 30, 31, 32 zapewnione są dławiki sieciowe 33, 34, 35. Zasadniczo podobnie jak w przypadku innych przykładów wykonania falownika według wynalazku, obwód mostkowy może mieć również inną postać.

[0040] W przykładzie wykonania falownika 1 według wynalazku o mocy biernej z fig. 3, pierwszy aktywnie sterowalny przełącznik pomocniczy 18 jest umieszczony antyrównolegle do drugiej diody 11. Pierwszy punkt 15 połączenia jest połączony przez trzecią cewkę indukcyjną 17 z trzecim punktem 16 podłączenia, do którego podłączona jest piąta dioda 19 i drugi aktywnie sterowalny przełącznik pomocniczy 20, do którego podłączona jest antyrównolegle szósta dioda 21, które są połączone szeregowo między drugim wejściem mostko-

wym 4 a pierwszym wejściem mostkowym 5. Piąta dioda 19 i szósta dioda 21 są spolaryzowane tak, że możliwy jest przepływ prądu z drugiego wejścia mostkowego 4 do pierwszego wejścia mostkowego 5.

[0041] Za pomocą przełączników pomocniczych 18, 20 można wykonać zwarcie między wejściami mostkowymi 3, 4 w celu całkowitego rozładowania kondensatora odciążającego 10 w połączeniu z trzecią cewką indukcyjną 17, również w przypadku przesunięcia fazowego między napięciem a prądem na wyjściach AC 30, 31 obwodu mostkowego 2. Piąta dioda 19 i szósta dioda 21 tworzą drogę swobodną dla prądów nadal przepływających na wejściach mostkowych 3, 4.

[0042] Na fig. 3 drugie wejście mostkowe 4 jest przykładowo połączone przez kolejny aktywnie sterowalny przełącznik wejściowy 8' z drugim wejściem DC 6. Przełącznik ten można również pominąć w innych przykładach wykonania falownika według wynalazku o mocy biernej.

[0043] W przykładzie wykonania falownika 1 według wynalazku o mocy biernej z fig. 4, między pierwszym punktem 15 połączenia a pierwszym wejściem mostkowym 3 podłączona jest siódma dioda 23, która jest spolaryzowana tak, że możliwy jest przepływ prądu z drugiego wejścia mostkowego 4 do pierwszego wejścia mostkowego 3. Tym samym druga dioda 11 i siódma dioda 23 tworzą kolejną drogę swobodną.

[0044] Na fig. 4 również przykładowo drugie wejście mostkowe 4 połączone jest bezpośrednio z drugim wejściem DC 6. Dla kolejnych przykładów wykonania falownika według wynalazku o mocy biernej, można w tym połączeniu umieścić również kolejny aktywnie sterowalny przełącznik wejściowy.

[0045] Na fig. 5 przedstawiono podłączenie falownika 1 według wynalazku do instalacji fotowoltaicznej 50 według wynalazku. Tutaj do wejść mostkowych 5, 6 podłączony jest generator fotowoltaiczny 60, a do wyjść AC 30, 31, 32 podłączona jest sieć 40 prądu przemiennego. W przykładzie wykonania z fig. 5 jest to trójfazowa sieć, ale, w zależności od przykładzie wykonania falownika, może to być dowolna każda inna sieć prądu przemiennego. W szczególności, w zależności od przykładu wykonania, może być również zapewnione podłączenie do przewodu neutralnego, które zwłaszcza może być połączone ze środkowym odgałęzieniem 22 obwodu pośredniego 7.

[0046] Wynalazek nie ogranicza się do wyraźnie przedstawionych przykładów wykonania, ale może być modyfikowany na wiele sposobów, zwłaszcza w połączeniu z innymi, przedstawionymi lub znanymi znawcy dziedziny przykładami wykonania.

Lista odnośników referencyjnych

[0047]

1	falownik

2	obwód mostkowy
3,4	wejście mostkowe
5,6	wejście DC
7	obwód pośredni napięcia stałego
8, 8’	przełącznik wejściowy
9, 9’	kondensator
10, 10’	kondensator odciążający
11, 11’, 12, 12’	dioda
13, 13’	cewka indukcyjna
14, 14’	dioda
15, 15’, 16	punkt połączenia
17	cewka indukcyjna
18	przełącznik pomocniczy
19	dioda
20	przełącznik pomocniczy
21	dioda
22	środkowe odgałęzienie
23	dioda
25	półmostek
30,31,32	wyjście AC
33, 34, 35	dławik sieciowy
40	sieć prądu przemiennego
50	instalacja fotowoltaiczna
60	generator fotowoltaiczny

Zastrzeżenia patentowe

1. Falownik (1), zawierający obwód mostkowy (2) z pierwszym wejściem mostkowym (3) i drugim wejściem mostkowym (4) oraz zawierający ponadto pierwsze wejście DC (5) i drugie wejście DC (6),

znamienny tym, że falownik zawiera aktywnie sterowalny przełącznik wejściowy (8), kondensator odciążający (10), połączenie szeregowe pierwszej diody (12) i pierwszej cewki indukcyjnej (13), podzielony obwód pośredni (7) napięcia stałego i drugą diodę (11),

że pierwsze wejście mostkowe (3) jest połączone przez aktywnie sterowalny przełącznik wejściowy (8) z pierwszym wejściem DC (5),

że kondensator odciążający (10) łączy pierwsze wejście mostkowe (3) z pierwszym punktem (15) połączenia,

że połączenie szeregowe pierwszej diody (12) i pierwszej cewki indukcyjnej (13) łączy pierwszy punkt (15) połączenia ze środkowym odgałęzieniem (22) podzielonego obwodu pośredniego (7) napięcia stałego, umieszczonego między pierwszym wejściem DC (5) a drugim wejściem DC (6), przy czym pierwsza dioda (12) jest spolaryzowana tak, że kondensator odciążający (10) jest ładowany przy włączaniu przełącznika wejściowego (8),

i że druga dioda (11) łączy pierwszy punkt (15) połączenia z drugim wejściem DC (6) lub drugim wejściem mostkowym (4), przy czym druga dioda (11) jest spolaryzowana tak, że kondensator odciążający (10) jest rozładowywany przy wyłączaniu przełącznika wejściowego (8).

2. Falownik według zastrz. 1, w którym drugie wejście mostkowe (4) jest bezpośrednio połączone z drugim wejściem DC (6).

3. Falownik według zastrz. 1, w którym falownik zawiera kolejny aktywnie sterowalny przełącznik wejściowy (8') i drugie wejście mostkowe (4) jest połączone przez kolejny aktywnie sterowalny przełącznik wejściowy (8') z drugim wejściem DC (6).

4. Falownik (1) według zastrz. 2, w którym przełącznik wejściowy (8) zawiera diodę antyrównoległą (14).

5. Falownik (1) według zastrz. 3, w którym przełącznik wejściowy (8) i kolejny przełącznik wejściowy (8') zawierają diodę antyrównoległą (14, 14').

6. Falownik (1) według zastrz. 3 albo 5, w którym falownik zawiera kolejny kondensator odciążający (10'), połączenie szeregowe trzeciej diody (12') i drugiej cewki indukcyjnej (13') i czwartej diody (11'), przy czym druga dioda (11) jest podłączona do drugiego wejścia DC (6), przy czym kolejny kondensator odciążający (10') łączy drugie wejście mostkowe (4) z drugim punktem (15') połączenia, przy czym połączenie szeregowe trzeciej diody (12') i drugiej cewki indukcyjnej (13') łączy drugi punkt (15') połączenia ze środkowym odgałęzieniem (22) podzielonego obwodu pośredniego napięcia stałego (7), a trzecia dioda (12') jest spolaryzowana tak, że kolejny kondensator odciążający (10') jest ładowany przy włączaniu kolejnego przełącznika wejściowego (8'), i przy czym czwarta dioda (11') łączy drugi punkt (15') połączenia z pierwszym wejściem (5), a czwarta dioda (11') jest spolaryzowana tak, że kolejny kondensator odciążający (10') jest rozładowywany przy wyłączaniu kolejnego przełącznika wejściowego (8').

7. Falownik (1) według zastrz. 4 albo 5, w którym falownik zawiera pierwszy aktywnie sterowalny przełącznik pomocniczy (18), trzecią cewkę indukcyjną (17), piątą diodę (19), drugi aktywnie sterowalny przełącznik pomocniczy (20) i szóstą diodę (21), przy czym druga dioda (11) jest podłączona do drugiego wejścia mostkowego (4), i przy czym pierwszy aktywnie sterowalny przełącznik pomocniczy (18) jest umieszczony antyrównolegle do drugiej diody (11), a pierwszy punkt (15) połączenia jest połączony przez trzecią cewkę indukcyjną (17) z trzecim punktem (16) połączenia, i przy czym piąta dioda (19) jest podłączona między trzecim punktem (16) połączenia a drugim wejściem mostkowym (4) i jest połączona tym samym typem elektrody z drugim wejściem mostkowym (4), co druga dioda (11), i między trzecim punktem (16) połączenia a pierwszym wejściem mostkowym (3) podłączony jest drugi aktywnie sterowalny przełącznik pomocniczy (20), do którego podłączona jest antyrównolegle szósta dioda (21), która połączona jest przeciwnym typem elektrody z trzecim punktem (16) połączenia, niż piąta dioda (19).

8. Falownik (1) według zastrz. 7, w którym falownik zawiera siódmą diodę (23), która jest podłączona między pierwszym punktem (15) połączenia a pierwszym wejściem mostkowym (3) i jest połączony przeciwnym typem elektrody z pierwszym punktem (15) połączenia, niż druga dioda (11).

9. Falownik (1) według jednego z zastrz. 1 do 8, w którym obwód mostkowy (2) zawiera dwa półmostki (25), z których każdy jest podłączony między pierwszym wejściem mostkowym (3) a drugim wejściem mostkowym (4).

10. Falownik (1) według jednego z zastrz. 1 do 9, w którym falownik (1) jest falownikiem beztransformatorowym.

11. Falownik (1) według jednego z zastrz. 1 do 10, w którym obwód mostkowy (2) zawiera dwa wyjścia AC (30, 31), które są zapewnione do podłączenia do jednofazowej sieci (40) prądu przemiennego.

12. Falownik (1) według jednego z zastrz. 1 do 10, w którym obwód mostkowy (2) zawiera trzy wyjścia AC (30, 31, 32), które są zapewnione do podłączenia do trójfazowej sieci (40) prądu przemiennego.

13. Instalacja fotowoltaiczna (50), zawierająca falownik (1) według jednego z zastrz. 11 albo 12 i generator fotowoltaiczny (60), w której generator fotowoltaiczny (60) podłączony jest między pierwszym wejściem DC (5) a drugim wejściem DC (6).

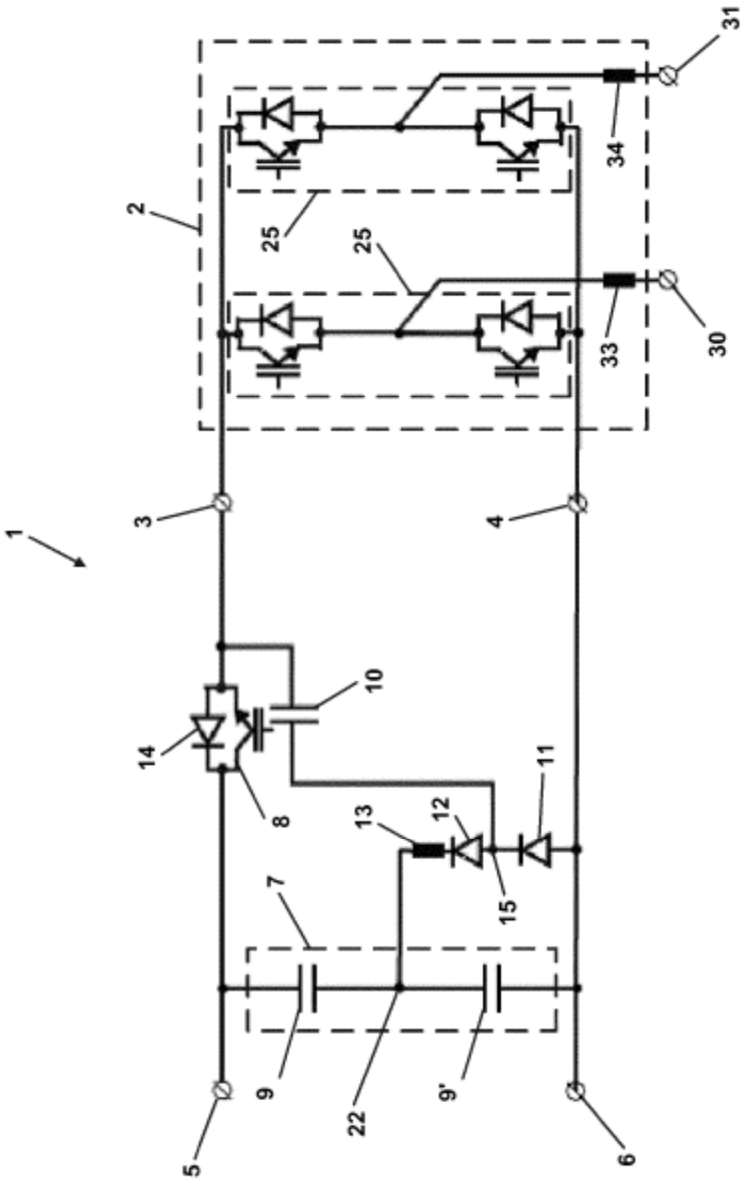

Fig. 1

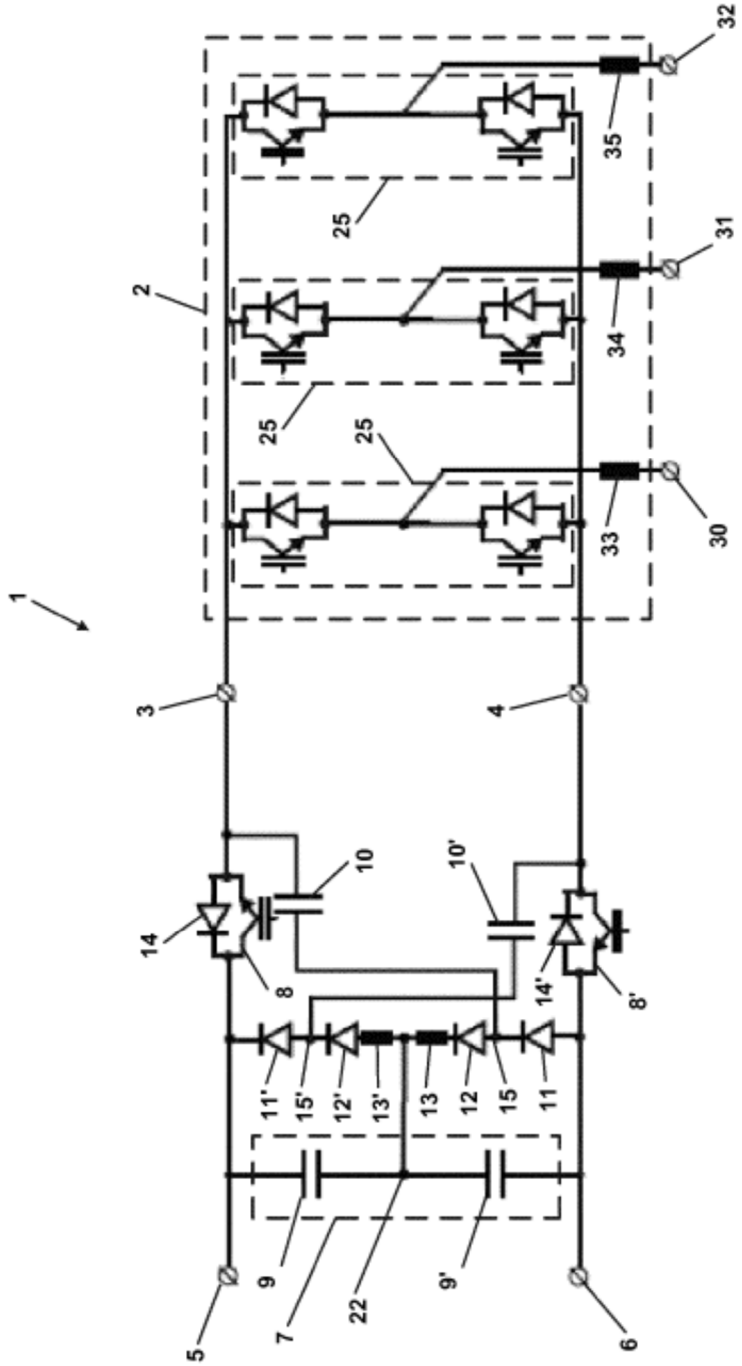
1
2
3
4
5
6
7
8
8'
9
9'
10
10'
11
11'
12
12'
13
13'
14
14'
15
15'
22
25
25
25
30
31
32
33
34
35

Fig. 2

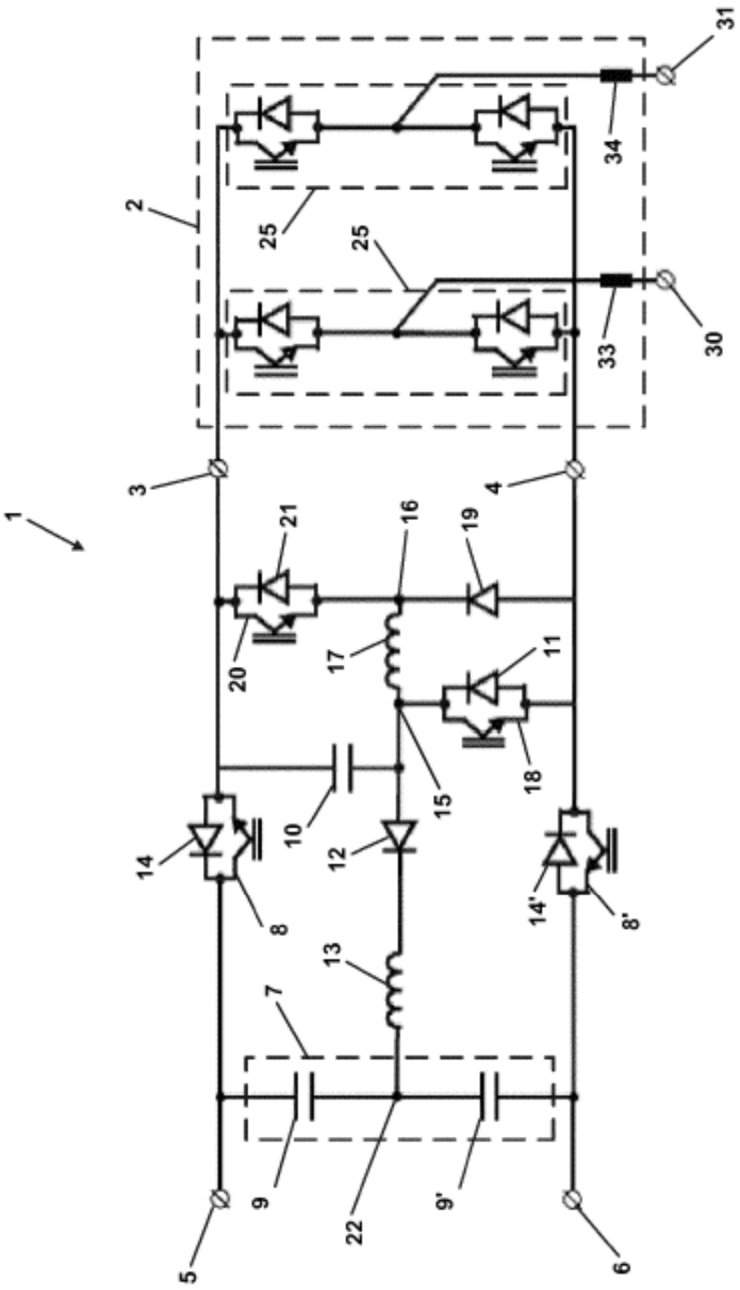
1
2
3
4
5
6
7
8
8'
9
9'
10
11
12
13
14
14'
15
16
17
18
19
20
21
22
25
25
30
31
33
34

Fig. 3

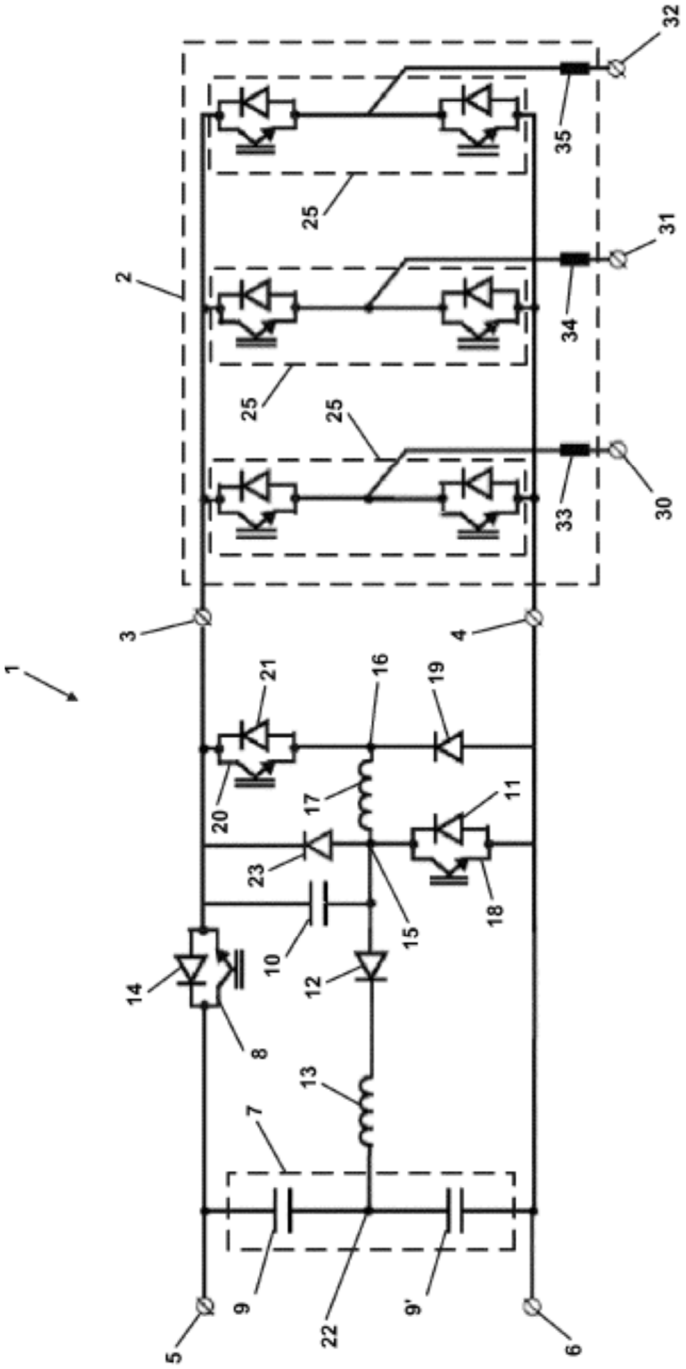
1
2
3
4
5
6
7
8
9
9'
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
25
25
25
30
31
32
33
34
35

Fig. 4

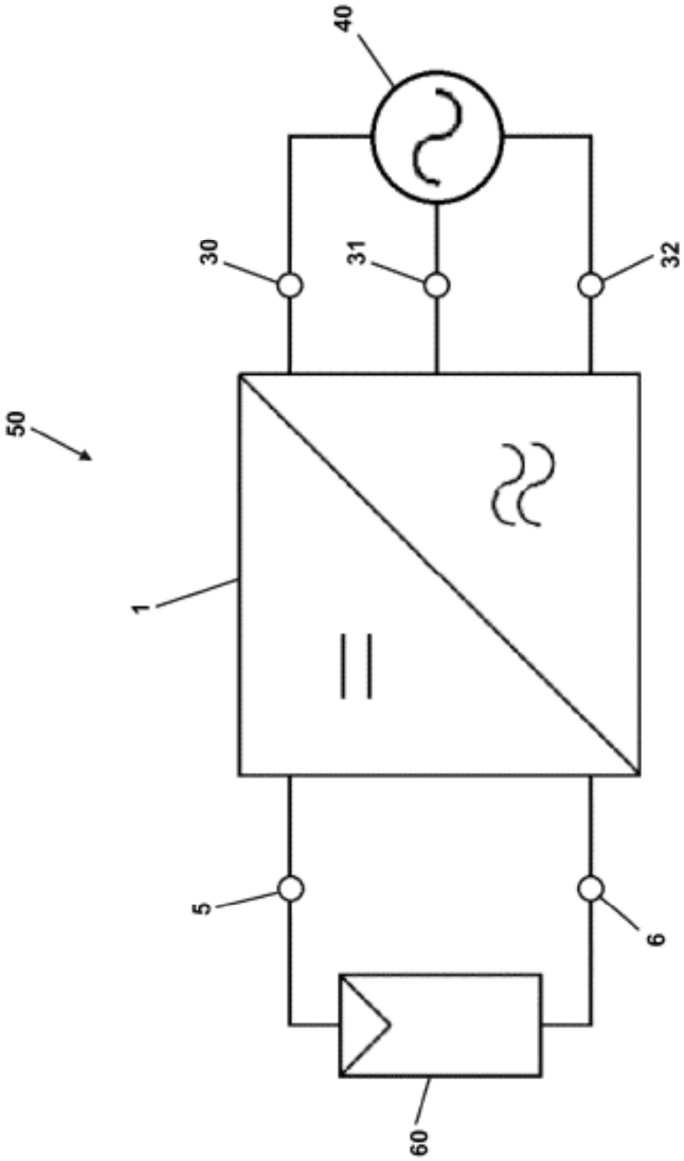

Fig. 5