

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 51085/2019
(22) Anmeldetag: 12.12.2019
(45) Veröffentlicht am: 15.09.2022

(51) Int. Cl.: **H02M 3/315** (2006.01)
H02M 3/158 (2006.01)
G01R 31/36 (2020.01)
H02J 7/00 (2006.01)
B60L 53/14 (2019.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 2013003431 A1
US 2017366099 A1
WO 2018130773 A1
CN 205070450 U
RYUJI Y. et al.: "A battery charger with 3-phase 3-level T-type PFC"; 2015 IEEE International Telecommunications Energy Conference (INTELEC), 18. 10. 2018

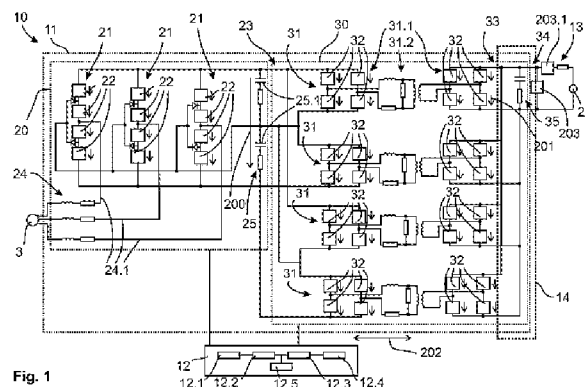
(73) Patentinhaber:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
NIKOCEVIC Erol
8053 Graz (AT)
GREUL Roland Dipl.-Ing.Dr.
8020 Graz (AT)
KÖNIG Oliver Dr.
8042 Graz (AT)
PARITI Bhaskar Msc
8010 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Hartinger Mario Dipl.Ing.
8020 Graz (AT)

(54) Stromrichtervorrichtung, Testsystem, sowie Verfahren zum Ansteuern einer Stromrichtervorrichtung

(57) Die Erfindung betrifft eine Stromrichtervorrichtung (10), insbesondere für ein Fahrzeug (4), aufweisend eine Stromrichtereinheit (11) zum Verbinden einer Wechselspannungseinheit (3) mit einer Gleichspannungseinheit (2), wobei die Stromrichtereinheit (11) zumindest eine erste Stromrichterstufe (20) und eine zweite Stromrichterstufe (30) aufweist, die jeweils Schaltelemente (22, 32) zum Umwandeln (104) eines Stromes zwischen der Gleichspannungseinheit (2) und der Wechselspannungseinheit (3) aufweisen. Ferner betrifft die Erfindung ein Testsystem, sowie ein Verfahren (100).



Beschreibung

STROMRICHTERVORRICHTUNG, TESTSYSTEM, SOWIE VERFAHREN ZUM ANSTEUERN EINER STROMRICHTERVORRICHTUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Stromrichtervorrichtung mit einer Stromrichtereinheit zum Verbinden einer Wechselspannungseinheit mit einer Gleichspannungseinheit mit integrierter galvanischer Trennung, ein Testsystem, insbesondere Batterietestsystem, sowie ein Verfahren zum Ansteuern einer Stromrichtervorrichtung.

[0002] Stromrichter sind aus dem Stand der Technik bekannt, um beispielsweise eine Wechselspannung in eine Gleichspannung oder umgekehrt umzuwandeln. Ein Stromrichter für eine Batterieladevorrichtung eines Elektrofahrzeuges ist beispielsweise aus der US 2012 / 0229088 A1 bekannt.

[0003] Dabei ist es bekannt, die Umwandlung in mehreren Stufen vorzusehen, welche schaltungstechnisch unterschiedlich ausgebildet sind. Dadurch kann insbesondere ein Spannungsabfall stufenweise begrenzt werden, wodurch die Lebensdauer von verbauten Halbleiterbauelementen verlängert werden kann. Dabei ist es jedoch von Nachteil, dass hohe Verluste, insbesondere an Halbleiterschaltern, der Stufen entstehen. Insbesondere, wenn der Stromrichter über einen weiten Strom- und Spannungsbereich betrieben werden soll, können bekannte Stromrichter hohe Verluste oft nicht verhindern. Insbesondere an der gleichstromseitigen Stufe werden die Halbleiterbauelemente meist mit der sog. DC-Link-Spannung betrieben, d. h. einer Spannung, die an einem Zwischenkreis der gleichstromseitigen Stufe anliegt und durch die Gleichstromquelle, wie z. B. eine Batterie, vorgegeben wird. Dadurch können jedoch die Effizienz und der Wirkungsgrad der Stromrichtervorrichtung negativ beeinflusst werden.

[0004] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, der voranstehend beschriebenen Problematik zumindest teilweise Rechnung zu tragen. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Verluste bei der Energieübertragung durch eine Stromrichtervorrichtung zu reduzieren und für die Stromrichtervorrichtung gleichzeitig einen möglichst breiten Einsatzbereich zu schaffen.

[0005] Die voranstehende Aufgabe wird gelöst durch eine Stromrichtervorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1, ein Testsystem mit den Merkmalen des Anspruchs 14, sowie ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 15. Weitere Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den jeweiligen Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Stromrichtervorrichtung beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Testsystem und/oder dem erfindungsgemäßen Verfahren und jeweils umgekehrt, so dass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird bzw. werden kann.

[0006] Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung ist eine Stromrichtervorrichtung vorgesehen, die eine Stromrichtereinheit zum Verbinden einer Wechselspannungseinheit mit einer Gleichspannungseinheit aufweist. Die Stromrichtereinheit weist zumindest eine erste Stromrichterstufe und eine zweite Stromrichterstufe zum Umwandeln eines Stromes zwischen der Gleichspannungseinheit und der Wechselspannungseinheit auf. Ferner weist die erste Stromrichterstufe einen Wechselspannungsanschluss zur elektrisch leitenden Verbindung mit der Wechselspannungseinheit auf. Die zweite Stromrichterstufe weist einen Gleichspannungsanschluss zur elektrisch leitenden Verbindung mit der Gleichspannungseinheit auf. Die zweite Stromrichterstufe weist zumindest vier Brückeneinheiten auf. Die Stromrichtervorrichtung weist ferner eine Kontrolleinheit mit einem ersten Betriebsmodul zum Ansteuern der Brückeneinheiten in zumindest einem ersten Betriebsmodus für einen Hochleistungsbereich, insbesondere der zweiten Stromrichterstufe oder der Stromrichtervorrichtung, und einem zweiten Betriebsmodul zum Ansteuern der Brückeneinheiten in einem zweiten Betriebsmodus für einen Geringleistungsbereich, insbesondere der zweiten Stromrichterstufe oder der Stromrichtervorrichtung, auf. Im ersten Betriebsmodus sind die Brückeneinheiten in einem ersten Schaltzustand betreibbar und im zweiten Betriebs-

modus sind zumindest zwei der Brückeneinheiten im ersten Schaltzustand und, insbesondere gleichzeitig, zumindest zwei der Brückeneinheiten in einem zweiten Schaltzustand betreibbar.

[0007] Bei der Wechselspannungseinheit kann es sich um eine Wechselstromquelle, wie z.B. ein Stromnetz, oder einen Verbraucher handeln, der mit Wechselstrom betrieben wird. Bei der Gleichspannungseinheit kann es sich um eine Gleichstromquelle, wie z.B. eine Batterie, oder einen Verbraucher handeln, der mit Gleichstrom betrieben wird. Vorzugsweise handelt es sich bei der Gleichspannungseinheit um eine Fahrzeugbatterie, insbesondere eine Traktionsbatterie eines Fahrzeuges, die für einen Ladevorgang der Fahrzeugbatterie als Verbraucher und/oder für einen Entladevorgang der Fahrzeugbatterie als Gleichstromquelle verwendbar ist.

[0008] Die Stromrichtereinheit ist insbesondere zweistufig ausgeführt. Vorzugsweise ist die erste Stromrichterstufe unmittelbar mit der zweiten Stromrichterstufe elektrisch verbunden. Die erste Stromrichterstufe ist insbesondere zum Umwandeln einer Gleichspannung in eine Wechselspannung und/oder umgekehrt ausgebildet.

[0009] Vorzugsweise kann es sich bei der ersten Stromrichterstufe um einen Gleichrichter, handeln. Die zweite Stromrichterstufe ist insbesondere zum Umwandeln zwischen zwei Gleichspannungen ausgebildet. Vorzugsweise kann es sich bei der zweiten Stromrichterstufe um einen Gleichspannungswandler handeln. Es ist jedoch ebenso denkbar, dass die Wechselspannungseinheit und/oder die Gleichspannungseinheit über den Wechselspannungsanschluss und/oder den Gleichspannungsanschluss fest mit der Stromrichtereinheit verbunden ist. Zum Umwandeln des Stromes zwischen der Gleichspannungseinheit und der Wechselspannungseinheit können die erste und zweite Stromrichterstufe jeweils Schaltelemente aufweisen. Bei den Schaltelementen kann es sich vorteilhafterweise um Halbleiterschalter handeln. Insbesondere sind Schaltelemente der zweiten Stromrichterstufe zum Umwandeln des Stromes in die Brückeneinheiten integriert. Der jeweilige Schaltzustand kann auch beispielsweise eine, insbesondere gleichmäßig, alternierende Schaltfolge von Schaltelementen der Brückeneinheiten umfassen.

[0010] Somit können vorzugsweise unterschiedliche Betriebsmodi für unterschiedliche Leistungsbereiche vorgesehen sein. Dadurch kann ermöglicht sein, dass die Betriebsmodi auf den jeweiligen Leistungsbereich abgestimmt sind und dadurch Schaltungsverluste gering gehalten werden können. Insbesondere kann die Ansteuerung der Brückeneinheiten durch die Kontrolleinheit somit in Abhängigkeit von dem Leistungsbereich erfolgen. Der Hochleistungsbereich kann vorzugsweise Nennleistungen von 40% bis 100% der maximalen Nennleistung der Stromrichtervorrichtung umfassen. Der Geringstleistungsbereich kann vorteilhafterweise Nennleistungen kleiner als 40% der maximalen Nennleistung, insbesondere kleiner als 20% oder sogar eine Reduktion auf Null umfassen. Durch die beiden Betriebsmodi kann ein Strom unterhalb einer maximalen Stromgrenze der Stromrichtervorrichtung gehalten werden, selbst wenn z. B. eine Spannung der Gleichspannungseinheit abfällt. Die Kontrolleinheit kann vorzugsweise einen Prozessor und/oder einen Mikrocontroller aufweisen. Unter dem Ansteuern der Stromrichtereinheit durch die Kontrolleinheit kann insbesondere ein Steuern und/oder Regeln der Stromrichtereinheit verstanden werden. Vorzugsweise kann die Stromrichtervorrichtung genau vier Brückeneinheiten aufweisen. Durch die Brückeneinheiten kann ein effizienter Betrieb der Schaltelemente ermöglicht werden und/oder in Abhängigkeit von einer Ansteuerung der Brückeneinheiten ein breiter Leistungsbereich der Stromrichtervorrichtung ermöglicht werden. Es ist jedoch ebenfalls denkbar, dass mehr als vier Brückeneinheiten vorgesehen sind. Dabei kann vorzugsweise eine geradzahlige Anzahl an Brückeneinheiten vorgesehen sein. Dadurch kann der zweite Schaltzustand paarweise herstellbar sein.

[0011] Insgesamt ergibt sich somit für die Stromrichtervorrichtung ein hoher und breiter Leistungsbereich vorzugsweise von Null bis zur nominalen Leistung. Beispielsweise kann der Leistungsbereich bei bis zu 60kW liegen. Dabei sind vorzugsweise unterschiedliche Kombinationen von Stromstärken und elektrischen Spannungen denkbar. Weiterhin kann die Stromrichtervorrichtung mit einem hohen Wirkungsgrad betrieben werden. Dabei kann insbesondere ein Wirkungsgrad von 98% über beide Stromrichterstufen und/oder ein Wirkungsgrad von über 99% für die zweite Stromrichterstufe erreichbar sein.

[0012] Weiterhin ist es bei einer erfindungsgemäßen Stromrichtervorrichtung denkbar, dass der erste Schaltzustand der Brückeneinheiten einen Leistungsfluss in einer ersten Richtung umfasst. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die Stromrichtereinheit in einem Lademodus zum Laden der Gleichspannungseinheit und in einem Entlademodus zum Entladen der Gleichspannungseinheit betreibbar ist.

Insbesondere kann der Leistungsfluss und/oder die erste Richtung durch den Lade-oder Entladevorgang definiert sein. Insbesondere kann der erste Betriebsmodus ein Betreiben aller Brückeneinheiten im Lademodus oder ein Betreiben aller Brückeneinheiten im Entlademodus umfassen. Beim Ladevorgang kann der Leistungsfluss in Richtung der Gleichspannungseinheit orientiert sein und beim Entladevorgang in Richtung der Wechselspannungseinheit. Dadurch kann ein Laden und/oder Entladen der Gleichspannungseinheit durch die Stromrichtervorrichtung durchführbar sein.

[0013] Vorzugsweise kann bei einer erfindungsgemäßen Stromrichtervorrichtung der zweite Schaltzustand der Brückeneinheiten einen Leistungsfluss in einer zweiten Richtung umfassen, die der ersten Richtung entgegengesetzt ist. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass das erste Betriebsmodul der Kontrolleinheit dazu ausgebildet ist, im ersten Betriebsmodus einen Leistungsfluss zwischen der Wechselspannungseinheit und der Gleichspannungseinheit, insbesondere vollständig, in der ersten Richtung zu orientieren, insbesondere wobei das zweite Betriebsmodul der Kontrolleinheit dazu ausgebildet ist, im zweiten Betriebsmodus einen Leistungsfluss zwischen der Wechselspannungseinheit und der Gleichspannungseinheit teilweise in der ersten Richtung zu orientieren und teilweise in der zweiten Richtung entgegengesetzt zu orientieren. Vorzugsweise können die Brückeneinheiten der zweiten Stromrichterstufe im zweiten Betriebsmodus, insbesondere alternierend, jeweils oder paarweise im Lademodus und/oder im Entlademodus betreibbar sein. Somit können im zweiten Betriebsmodus vorzugsweise jeweils zwei der Brückeneinheiten, insbesondere ein Parallellaar, im Lademodus und zwei der Brückeneinheiten, insbesondere ein Parallellaar, im Entlademodus betreibbar sein. Im ersten Betriebsmodus können vorzugsweise alle Brückeneinheiten der zweiten Stromrichterstufe gemeinsam entweder im Lademodus oder im Entlademodus betreibbar sein. Vorzugsweise kann die zweite Stromrichterstufe im zweiten Betriebsmodus derart ansteuerbar sein, dass die Brückeneinheiten, insbesondere paarweise, versetzt schaltbar sind, insbesondere wobei das erste Betriebsmodul dazu ausgebildet ist, die Brückeneinheiten im ersten Betriebsmodus gemeinsam zu schalten. Vorzugsweise können im zweiten Betriebsmodus jeweils zwei in Reihe geschaltete Brückeneinheiten gemeinsam schaltbar sein. Weiterhin kann dadurch ein Zwischenkreiselement im Geringstleistungsbe-
reich stabilisiert werden. Mit vier Brückeneinheiten kann die Stromrichtereinheit, insbesondere die zweite Stromrichterstufe, dabei mit einer vorteilhaften Phasenverschiebung betreibbar sein.

[0014] Vorteilhafterweise kann bei einer erfindungsgemäßen Stromrichtervorrichtung vorgesehen sein, dass die Kontrolleinheit ein drittes Betriebsmodul zum Ansteuern der Brückeneinheiten in einem dritten Betriebsmodus für einen Niedrigleistungsbereich mit verbessertem Wirkungsgrad aufweist, wobei im dritten Betriebsmodus zumindest zwei der Brückeneinheiten im ersten Schaltzustand und, insbesondere gleichzeitig, zumindest zwei der Brückeneinheiten in einem dritten Schaltzustand betreibbar sind, insbesondere wobei der dritte Schaltzustand der Brückeneinheiten eine Deaktivierung der, insbesondere jeweiligen, Brückeneinheiten umfasst. Unter dem Niedrigleistungsbereich kann insbesondere ein Leistungsbereich zwischen dem Geringstleistungsbe-
reich und dem Hochleistungsbereich verstanden werden. Vorzugsweise umfasst der Niedrigleistungsbereich im dritten Betriebsmodus Nennleistungen von über 20% und kleiner 50% der maximalen Nennleistung der Stromrichtervorrichtung. Der Geringstleistungsbereich im zweiten Betriebsmodus kann vorzugsweise Nennleistungen von 0 bis 20% der maximalen Nennleistung der Stromrichtervorrichtung umfassen. Bei der Deaktivierung kann vorgesehen sein, dass die jeweiligen Brückeneinheiten, d.h. insbesondere die Brückeneinheiten im dritten Schaltzustand, ausgeschaltet sind und/oder keine Leistung übertragen. Bei mehr als vier Brückeneinheiten kann der dritte Schaltzustand vorzugsweise paarweise herstellbar sein.

[0015] Ferner kann bei einer erfindungsgemäßen Stromrichtervorrichtung vorteilhafterweise vorgesehen sein, dass die Kontrolleinheit ein Zirkulationsmodul aufweist, um die Brückeneinheiten

im zweiten oder dritten Betriebsmodus, insbesondere paarweise, zirkulierend zu schalten. Vorzugsweise können die Brückeneinheiten paarweise versetzt und zirkulierend schaltbar sein. Insbesondere kann dadurch ein Interleaved- Betrieb der Brückeneinheiten ermöglicht sein. Dies wiederum kann hohe Frequenzen am Zwischenkreiselement und/oder am Ausgangselement ermöglichen, wodurch Bauteile geringer dimensioniert sein können und/oder die Stromrichtereinheit einen verbesserten Wirkungsgrad aufweisen kann.

[0016] Vorzugsweise ist die zweite Stromrichterstufe bei einer erfindungsgemäßen Stromrichtervorrichtung auf einer Schaltungssinnenseite über ein Zwischenkreiselement zum Führen einer Zwischenkreisspannung, insbesondere die beim Umwandeln des Stromes zwischen der Gleichspannungseinheit und der Wechselspannungseinheit erzeugt wird, mit der ersten Stromrichterstufe elektrisch gekoppelt und weist auf einer Schaltungsaußenseite der zweiten Stromrichterstufe den Gleichspannungsanschluss zur elektrisch leitenden Verbindung mit der Gleichspannungseinheit auf. Die Schaltungssinnenseite und die Schaltungsaußenseite stellen insbesondere elektrische Schnittstellen der zweiten Stromrichterstufe dar, an denen die zweite Stromrichterstufe zur elektrisch leitenden Verbindung mit weiteren Komponenten ausgebildet ist. Beim Führen der Zwischenkreisspannung durch das Zwischenkreiselement kann Energie zwischenspeicherbar sein. Durch das Zwischenkreiselement kann ein Zwischenkreis gebildet sein, der zwischen der ersten und zweiten Stromrichterstufe verschaltet ist. Zum Führen der Zwischenkreisspannung kann das Zwischenkreiselement zumindest eine Zwischenkreiskapazität, beispielsweise in Form eines Zwischenkreiskondensators, aufweisen. Vorzugsweise kann das Zwischenkreiselement mehrere, vorzugsweise zwei, Zwischenkreiskapazitäten vorgesehen sein. Die Zwischenkreiskapazitäten können dabei jeweils auf einen neutralen Leiter bezogen sein, so dass ein positiver und/oder ein negativer Anteil der Zwischenkreisspannung auf die Zwischenkreiskapazitäten aufgeteilt sein kann. Bei der Zwischenkreisspannung kann es sich insbesondere um eine Spannung an einer Zwischenkreiskapazität des Zwischenkreiselementes handeln. Insbesondere kann die Zwischenkreisspannung auch als DC-Link-Spannung bezeichnet werden. Am Gleichspannungsanschluss kann ferner ein weiteres Zwischenkreiselement vorgesehen sein.

[0017] Ferner kann vorteilhafterweise vorgesehen sein, dass die Schaltungssinnenseite und die Schaltungsaußenseite der zweiten Stromrichterstufe asymmetrisch oder symmetrisch zueinander ausgebildet sind, um die Schaltelemente der zweiten Stromrichterstufe, insbesondere bei Vorliegen oder Erzeugen der Zwischenkreisspannung am Zwischenkreiselement, unter einer Betriebsspannung zu betreiben, die, insbesondere betragsmäßig, geringer ist, als die Zwischenkreisspannung. Vorzugsweise kann durch eine Umschalteinheit zwischen der asymmetrischen und der symmetrischen Ausbildung umgeschaltet werden. Darunter, dass die Schaltungssinnenseite und die Schaltungsaußenseite der zweiten Stromrichterstufe asymmetrisch zueinander ausgebildet sind, kann verstanden werden, dass die Schaltungssinnenseite und die Schaltungsaußenseite unterschiedlich sind, insbesondere unterschiedliche Verschaltungen aufweisen. Bei einer symmetrischen Ausbildung können die Verschaltungen beidseitig gleich sein. Somit kann insbesondere durch eine geschickte Verschaltung der ersten Stromrichterstufe erreicht werden, dass die Betriebsspannung der Schaltelemente der zweiten Stromrichterstufe geringer ist, als die Zwischenkreisspannung. Vorzugsweise können die Schaltelemente der zweiten Stromrichterstufe bei einer Betriebsspannung der Schaltelemente von, insbesondere betragsmäßig, kleiner als 80% der Zwischenkreisspannung, besonders bevorzugt von, insbesondere betragsmäßig, 50% der Zwischenkreisspannung betreibbar sein. Vorteilhafterweise kann ferner vorgesehen sein, dass die Schaltelemente der ersten Stromrichterstufe bei einer Betriebsspannung betreibbar sind, die geringer ist, als die Zwischenkreisspannung. Vorzugsweise kann die Stromrichtervorrichtung dadurch mit einer Nennleistung am Gleichspannungsanschluss und/oder am Wechselspannungsanschluss mit einem Spannungsbereich von 5V bis 200V und/oder mit einem Strombereich von 0A oder im Wesentlichen 0A bis 600A betreibbar sein. Vorzugsweise wird eine asymmetrische Ausbildung für eine Hochstrombetriebsart der zweiten Stromrichterstufe und eine symmetrische Ausbildung der zweiten Stromrichterstufe für eine Hochspannungsbetriebsart eingesetzt.

[0018] Aufgrund der geringeren Betriebsspannung in der zweiten Stromrichterstufe können Ver-

luste in der Stromrichtervorrichtung reduziert werden. Somit kann die Effizienz der Stromrichtervorrichtung gesteigert sein. Insbesondere ist die Betriebsspannung dem Design des Trafoübersetzungsverhältnisses angepasst. Insbesondere über einen weiten Bereich von erreichbaren Strömen und/oder erreichbarer Spannung kann durch die unterschiedlichen Betriebsmodi ein effizienter Betrieb der Stromrichtervorrichtung ermöglicht sein. Weiterhin können insbesondere die reaktiven Komponenten der Schaltelemente geringer dimensioniert sein. Durch die Aufteilung der Schaltelemente auf mehrere Brückeneinheiten kann die asymmetrische Ausbildung der Schaltungssinnenseite und der Schaltungsaußenseite der zweiten Stromrichterstufe ermöglicht werden. Insbesondere in Kombination mit Halbleiterbauelementen können die Brückeneinheiten vorteilhaft ansteuerbar sein, um die Stromumwandlung über ein Schalten der Schaltelemente zu ermöglichen. Sind genau vier Brückeneinheiten vorgesehen, kann erreicht werden, dass die Betriebsspannung der Schaltelemente 50% der Zwischenkreisspannung beträgt.

[0019] Insbesondere kann die asymmetrische Ausgestaltung der Schaltungssinnenseite und der Schaltungsaußenseite einen Interleaved-Betrieb ermöglichen.

[0020] Weiterhin ist es bei einer erfindungsgemäßen Stromrichtervorrichtung denkbar, dass jede der Brückeneinheiten zwei aktive Vollbrückenelemente aufweist, die galvanisch voneinander getrennt sind. Insbesondere kann zwischen den Vollbrückenelementen ein Transformatorelement, vorzugsweise in Form eines Hochfrequenz-Transformators, angeordnet sein. Die Brückeneinheiten können insbesondere als Dual-Active-Bridges ausgestaltet sein. Die Vollbrückenelemente können jeweils vier Schaltelemente, vorzugsweise in Form von Halbleiterschaltern, aufweisen. Dadurch kann die Umwandlung des Stromes zwischen der Wechselstromquelle und der Gleichstromquelle, insbesondere bidirektional, verbessert sein. Weiterhin können die Brückeneinheiten für einen hohen Frequenzbereich betreibbar sein, so dass sich insbesondere eine vorteilhafte Kombinationsmöglichkeit mit der asymmetrischen Ausgestaltung der Schaltungssinnenseite und der Schaltungsaußenseite ergibt und ein Trafo im Zwischenkreiselement kleiner dimensioniert sein kann. Dadurch kann eine Streuinduktivität des Transformatorelementes vorteilhaft mit der Drossel zur Vermeidung hoher Betriebsfrequenzen eingesetzt werden.

[0021] Die Reihenparallelschaltung kann dabei umfassen, dass die Brückeneinheiten auf der Schaltungssinnenseite teilweise oder vollständig parallel zueinander geschaltet sind und zwei oder mehr parallel zueinander geschaltete Brückeneinheiten miteinander in Reihe geschaltet sind. Vorzugsweise kann vorgesehen sein, dass zweimal zwei Brückeneinheiten jeweils zu einem Parallelpaar parallel geschaltet sind und die beiden Parallelpaaire in Reihe geschaltet sind. Somit können die Brückeneinheiten kaskadenförmig, insbesondere in einem zweimal-zwei-Muster angeordnet sein.

[0022] Weiterhin kann bei einer erfindungsgemäßen Stromrichtervorrichtung vorteilhafterweise vorgesehen sein, dass die erste Stromrichterstufe zumindest eine dreistufige Umrichtereinheit, vorzugsweise drei dreistufige Umrichtereinheiten, aufweist. Insbesondere kann die zumindest eine Umrichtereinheit eine 3L-NPC- Topologie aufweisen, d. h. es kann sich bei der zumindest einen dreistufigen Umrichtereinheit um einen Konverter vom Typ eines dreistufigen Neutral-Point-Clamped-Konverters handeln. Dadurch kann die Umrichtereinheit insbesondere für hohe Leistungsbereiche und/oder mit reduzierten EMV-Filtermaßnahmen der Stromrichtervorrichtung ausgelegt sein. Gleichzeitig können Verluste durch die dreistufige Umrichtereinheit auch in hohen Leistungsbereichen gering gehalten werden.

[0023] Es ist ferner bei einer erfindungsgemäßen Stromrichtervorrichtung denkbar, dass der Wechselspannungsanschluss der ersten Stromrichterstufe zumindest drei Phasenverbindungen aufweist, die insbesondere stufenmittig mit den Umrichtereinheiten verschaltet sind. Dadurch kann die Stromrichtervorrichtung insbesondere für mehrphasige Wechselspannungseinheiten ausgelegt sein. Insbesondere weisen derartige Wechselspannungseinheiten hohe Leistungsbereiche auf, bei denen Schaltungsverluste zu entsprechend hohen Energieverlusten führen können. Folglich kann durch die Kombination mit der asymmetrischen Ausgestaltung der Schaltungssinnenseite und der Schaltungsaußenseite und die damit ermöglichte geringe Betriebsspannung der Schaltelemente ein hoher Energieverlust auch bei einer mehrphasigen Wechselspannungs-

einheit mit hohem Leistungsbereich verhindert werden.

[0024] Vorzugsweise kann bei einer erfindungsgemäßen Stromrichtervorrichtung die Kontrolleinheit ein Richtungsmodul zum bidirektionalen Betreiben der Stromrichtereinheit aufweisen. Durch das Richtungsmodul kann die Stromrichtereinheit vorzugsweise zwischen dem Lademodus und dem Entlademodus umschaltbar sein. Dadurch kann die Richtung eines Leistungsflusses beeinflusst werden. Insbesondere ist die Stromrichtereinheit bidirektional betreibbar. Dadurch kann sowohl ein Entladen, als auch ein Laden der Gleichspannungseinheit ermöglicht sein. Darunter ist insbesondere eine Energieentnahme vom und eine Energierückgabe an das Wechselspannungsnetz zu verstehen.

[0025] Weiterhin ist es bei einer erfindungsgemäßen Stromrichtervorrichtung denkbar, dass eine Messvorrichtung zum Bestimmen des Leistungsbereiches mit dem Gleichspannungsanschluss verbunden ist. Vorzugsweise kann die Messvorrichtung mit der Kontrolleinheit in Datenkommunikationsverbindung stehen, um Messergebnisse an die Kontrolleinheit weiterzuleiten. Durch die Messvorrichtung kann somit regelmäßig oder ständig eine aktuelle Eingangs- und/oder Ausgangsleistung der Stromrichtervorrichtung überprüfbar sein, um eine vorteilhafte Ansteuerung, insbesondere im Hoch- Niedrig- und/oder Geringstleistungsbereich, realisieren zu können. Die Messvorrichtung kann ein Voltmeter und/oder ein Amperemeter aufweisen, um Stromparameter zum Bestimmen des Leistungsbereiches messen zu können.

[0026] Es ist ferner bei einer erfindungsgemäßen Stromrichtervorrichtung denkbar, dass die zweite Stromrichterstufe, insbesondere auf der Schaltungsaußenseite, eine Umschalteinheit zum Umschalten zwischen einer Hochspannungsbetriebsart und einer Hochstrombetriebsart aufweist, insbesondere wobei die Brückeneinheiten bei der Hochstrombetriebsart, insbesondere auf der Schaltungsaußenseite, in einer Parallelschaltung und bei der Hochspannungsbetriebsart in einer Reihen-Parallelschaltung verbunden sind. Dadurch kann ein Spannungsbereich und/oder ein Strombereich, der Stromrichtervorrichtung noch weiter vergrößert sein. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die Stromrichtervorrichtung bei der Hochspannungsbetriebsart mit einer höheren Ausgangsspannung betreibbar ist, als bei der Hochstrombetriebsart und bei der Hochstrombetriebsart mit einer höheren Stromstärke betreibbar ist, als bei der Hochspannungsbetriebsart. Bei der Hochspannungsbetriebsart kann die Stromrichtervorrichtung insbesondere bei einer Gleichspannung von bis zu 400V und einer Stromstärke von bis zu 150A betreibbar sein oder betrieben werden. Bei der Hochstrombetriebsart kann die Stromrichtervorrichtung insbesondere bei einer Gleichspannung von bis zu 200V und einer Stromstärke von bis zu 300A betreibbar sein oder betrieben werden.

[0027] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung ist ein Testsystem zum Testen einer Gleichspannungseinheit in Form eines Energiespeichers, insbesondere für ein Fahrzeug, vorgesehen. Das Testsystem weist eine Wechselspannungseinheit, insbesondere in Form einer elektrischen Maschine oder eines Wechselstromnetzes, und die Gleichspannungseinheit auf. Ferner ist vorgesehen, dass die Wechselspannungseinheit und die Gleichspannungseinheit durch eine erfindungsgemäße Stromrichtervorrichtung verbunden sind, insbesondere in bidirektionaler und galvanisch getrennter Weise.

[0028] Somit bringt ein erfindungsgemäßes Testsystem die gleichen Vorteile mit sich, wie sie bereits ausführlich mit Bezug auf eine erfindungsgemäße Stromrichtervorrichtung beschrieben worden sind. Durch das Testsystem kann der Energiespeicher insbesondere in einem Entlade- und/oder einem Ladebetrieb betrieben werden. Dabei können Rippelströme induziert oder eingepreßt werden und/oder das Batterieverhalten in unterschiedlichen Betriebssituationen getestet und/oder überwacht werden. Insbesondere durch die erfindungsgemäße Stromrichtervorrichtung ist dies bei geringen Verlusten in einem breiten Leistungsbereich möglich. Bei dem Energiespeicher handelt es sich vorzugsweise um ein Batteriemodul, eine Batteriezelle oder eine Batterie. Das Batteriemodul kann mehrere zusammengeschaltete Batteriezellen umfassen. Es ist denkbar, dass die Gleichspannungseinheit mehrere Batteriemodule aufweist, die mit der Stromrichtervorrichtung verbunden sind. Insbesondere kann die gesamte Batterie des Fahrzeuges mit der Stromrichtervorrichtung verbunden sein. Bei dem Fahrzeug kann es sich vorzugsweise um ein zumin-

dest teilweise elektrisch betreibbares Kraftfahrzeug oder ein Schienenfahrzeug handeln.

[0029] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Ansteuern einer Stromrichtervorrichtung, insbesondere einer erfindungsgemäßen Stromrichtervorrichtung, vorgesehen. Dabei ist die Stromrichtervorrichtung mit einer Wechselspannungseinheit und einer Gleichspannungseinheit verbunden, so dass ein Strom zwischen der Wechselspannungseinheit und der Gleichspannungseinheit über eine erste und eine zweite Stromrichterstufe der Stromrichtervorrichtung umwandelbar ist. Zum Umwandeln des Stromes zwischen der Wechselspannungseinheit und der Gleichspannungseinheit werden die Brückeneinheiten für einen Hochleistungsbereich in einem ersten Betriebsmodus angesteuert, in welchem die Brückeneinheiten in einem ersten Schaltzustand betrieben werden, und die Brückeneinheiten für einen Geringleistungsbereich in einem zweiten Betriebsmodus angesteuert werden, in welchem zumindest zwei der Brückeneinheiten im ersten Schaltzustand und zumindest zwei der Brückeneinheiten in einem zweiten Schaltzustand betrieben werden.

[0030] Das Umwandeln eines Stromes zwischen der Wechselspannungseinheit und der Gleichspannungseinheit kann beispielsweise durch Schaltelemente der ersten und der zweiten Stromrichterstufe, insbesondere bei Vorliegen der Zwischenkreisspannung erfolgen. Dabei können zumindest die Schaltelemente der zweiten Stromrichterstufe bei einer Betriebsspannung betrieben werden, die, insbesondere betragsmäßig, geringer ist, als eine Zwischenkreisspannung, die zwischen der ersten Stromrichterstufe und der zweiten Stromrichterstufe erzeugt wird.

[0031] Insbesondere kann das Verfahren ferner folgenden Schritt umfassen:

- Erzeugen der Zwischenkreisspannung zwischen der ersten Stromrichterstufe und der zweiten Stromrichterstufe, insbesondere beim Umwandeln eines Stromes zwischen der Wechselspannungseinheit und der Gleichspannungseinheit.

Vorteilhafterweise kann die Stromrichtervorrichtung Teil eines erfindungsgemäßen Testsystems sein. Das Erzeugen der Zwischenkreisspannung kann vor dem Umwandeln des Stromes durchgeführt werden oder gleichzeitig mit dem Umwandeln des Stromes. Insbesondere ist es ebenfalls denkbar, dass das Erzeugen der Zwischenkreisspannung durch eine Teilumwandlung des Stromes durch die erste oder zweite Stromrichterstufe erfolgt. Vorzugsweise können die Verfahrensschritte durch eine Kontrolleinheit der Stromrichtervorrichtung ausgeführt oder initiiert werden.

[0032] Es ist ferner bei einem erfindungsgemäßen Verfahren denkbar, dass das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- Bestimmen eines Leistungsbereiches der Stromrichtervorrichtung,
- Ansteuern einer zweiten Stromrichterstufe in Abhängigkeit von dem Leistungsbereich, wobei die zweite Stromrichterstufe mit einem ersten Betriebsmodus angesteuert wird, wenn sich die Stromrichtervorrichtung in einem Hochleistungsbereich befindet, und mit einem zweiten Betriebsmodus, wenn sich die Stromrichtervorrichtung in einem Geringleistungsbereich befindet.

[0033] Der Leistungsbereich kann durch eine Messvorrichtung und/oder eine Kontrolleinheit der Stromrichtervorrichtung bestimmt werden. Dazu kann eine Spannung und ein Strom am Gleichspannungsanschluss und/oder am Wechselspannungsanschluss gemessen werden. Durch die zwei, insbesondere drei Betriebsmodi kann eine vorteilhafte Schaltungsmöglichkeit der zweiten Stromrichterstufe in Abhängigkeit von dem Leistungsbereich gegeben sein. Dadurch kann über einen breiten Leistungsbereich ein effizienter Betrieb der Stromrichtervorrichtung ermöglicht sein.

[0034] Weiterhin kann bei einem erfindungsgemäßen Verfahren vorteilhafterweise vorgesehen, dass beim Ansteuern der zweiten Stromrichterstufe im ersten Betriebsmodus ein Leistungsfluss zwischen der Wechselspannungseinheit und der Gleichspannungseinheit, insbesondere vollständig, in einer ersten Richtung orientiert wird, insbesondere wobei im zweiten Betriebsmodus ein Leistungsfluss zwischen der Wechselspannungseinheit und der Gleichspannungseinheit teilweise in der ersten Richtung und teilweise in einer zweiten Richtung, die der ersten Richtung entgegengesetzt ist, orientiert wird. Vorzugsweise kann vorgesehen sein, dass die zweite Stromrichterstufe im zweiten Betriebsmodus in einem Zirkulationsbetrieb betrieben wird, in welchem

eine Orientierung des Leistungsflusses, insbesondere oszillierend, geändert wird. Insbesondere können Brückeneinheiten oder Paare von Brückeneinheiten der zweiten Stromrichterstufe wechselweise in der vorgegebenen Richtung und der der vorgegebenen Richtung entgegengesetzten Richtung betrieben werden. Weiterhin kann vorgesehen sein, dass die zweite Stromrichterstufe für einen Niederleistungsbereich in einem dritten Betriebsmodus betrieben wird. Im dritten Betriebsmodus können vorteilhafterweise zumindest zwei der Brückeneinheiten im ersten Schaltzustand und zumindest zwei der Brückeneinheiten in einem dritten Schaltzustand betrieben werden. Der dritte Schaltzustand der Brückeneinheiten kann vorzugsweise eine Deaktivierung der jeweiligen Brückeneinheiten umfassen.

[0035] Weitere, die Erfindung verbessernde Maßnahmen ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung zu verschiedenen Ausführungsbeispielen der Erfindung, welche in den Figuren schematisch dargestellt sind.

Es zeigen jeweils schematisch:

- [0036]** Figur 1 eine erfindungsgemäße Stromrichtervorrichtung mit einer ersten und einer zweiten Stromrichterstufe in schematischer Darstellung,
- [0037]** Figuren 2-4 die zweite Stromrichterstufe in einem ersten, einem zweiten und einem dritten Betriebsmodus in einer Hochstrombetriebsart,
- [0038]** Figur 5 die zweite Stromrichterstufe in einer Hochspannungsbetriebsart,
- [0039]** Figur 6 ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Betreiben der erfindungsgemäßen Stromrichtervorrichtung,
- [0040]** Figur 7 Leistungsbereiche der erfindungsgemäßen Stromrichtervorrichtung in einem Diagramm.

[0041] Elemente mit gleicher Funktion und Wirkungsweise sind in den Figuren 1 bis 7 jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0042] Figur 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Testsystem zum Testen einer Gleichspannungseinheit 2. Dabei ist eine erfindungsgemäße Stromrichtervorrichtung 10 zwischen die Gleichspannungseinheit 2 und eine Wechselspannungseinheit 3 geschaltet. Die Stromrichtervorrichtung 10 ist über einen Gleichspannungsanschluss 34 mit der Gleichspannungseinheit 2 und über einen Wechselspannungsanschluss 24 mit der Wechselspannungseinheit 3 verbunden. Um einen Strom zwischen der Wechselspannungseinheit 3 und der Gleichspannungseinheit 2 umzuwandeln, weist die Stromrichtervorrichtung 10 eine Stromrichtereinheit 11 mit einer ersten Stromrichterstufe 20 und einer zweiten Stromrichterstufe 30 auf. Vorzugsweise ist die erste Stromrichterstufe 20 als AC/DC-Konverter und die zweite Stromrichterstufe 30 als DC/DC-Konverter ausgebildet. Die Stromrichtereinheit 11 ist dabei bidirektional ausgebildet, so dass ein Leistungsfluss 202 sowohl von der Wechselspannungseinheit 3 zur Gleichspannungseinheit 2, als auch von der Gleichspannungseinheit 2 zur Wechselspannungseinheit 3 gerichtet werden kann. Die Stromrichtereinheit 11 ist durch die Stromrichterstufe 30 galvanisch isoliert ausgebildet.

[0043] Bei der Wechselspannungseinheit 3 handelt es sich um eine mehrphasige, insbesondere dreiphasige Wechselspannungseinheit 3. Daher weist der Wechselspannungsanschluss 24 drei Phasenverbindungen 24.1 auf. Die erste Stromrichterstufe 20 weist ferner drei dreistufige Umrichtereinheiten 21, insbesondere mit einer 3L-NPC-Topologie, auf. Dabei weist jede der Umrichtereinheiten 21 vier Schaltelemente 22 auf, durch welche eine Umwandlung des Stromes zwischen der Wechselspannungseinheit 3 und der zweiten Stromrichterstufe 30 ermöglicht ist.

[0044] Die erste Stromrichterstufe 20 ist ferner mit der zweiten Stromrichterstufe 30 auf einer Schaltungssinnenseite 23 der zweiten Stromrichterstufe 30 über ein Zwischenkreiselement 25 verbunden. Dabei weist das Zwischenkreiselement 25 zwei Zwischenkreiskapazitäten 25.1, insbesondere in Form von Zwischenkreiskondensatoren, auf. Im Betrieb der Stromrichtervorrichtung 10 führt das Zwischenkreiselement 25 eine Zwischenkreisspannung 200. Zum Umwandeln 104 einer Gleichspannung zwischen der ersten Stromrichterstufe 30 und/oder dem Zwischenkreiselement 25 und der Gleichspannungseinheit 2 weist die zweite Stromrichterstufe 30 ferner vier

Brückeneinheiten 31 auf, die auf der Schaltungssinnenseite 23 in Form einer Reihen-Parallelschaltung und auf einer Schaltungsaußenseite 33, an welcher die zweite Stromrichterstufe 30 mit der Gleichspannungseinheit 2 verbunden ist, in einer Hochstrombetriebsart 230 in einer Parallelschaltung verschaltet sind. Die zwei parallel geschalteten Paare der Brückenelemente 31 sind ferner in Reihe zueinander geschaltet, so dass sich eine kaskadierende Anordnung von zweimal zwei Brückenelementen 31 ergibt. Zur Umwandlung des Stromes weisen die Brückeneinheiten 31 jeweils zwei Vollbrückenelemente 31.1 mit jeweils vier Schaltelementen 32, insbesondere in Form von Halbleiterschaltern, auf. Zwischen den Vollbrückenelementen 31.1 sind Transformatorlemente 31.2, insbesondere in Form von Hochfrequenztransformatoren, zur galvanischen Trennung der Vollbrückenelemente 31.1 voneinander vorgesehen. Zum Umwandeln 104 des Stromes in der zweiten Stromrichterstufe 30 kann auf der Schaltungsaußenseite 33 ein weiteres Zwischenkreiselement 35 vorgesehen sein.

[0045] Insbesondere durch die Kombination der Parallelschaltung der Brückeneinheiten 31 an der Schaltungsaußenseite 33 und der Reihen-Parallelschaltung der Brückeneinheiten 31 an der Schaltungssinnenseite 23 ist somit in der Hochstrombetriebsart 230 eine asymmetrische Ausbildung der Schaltungssinnenseite 23 und der Schaltungsaußenseite 33 zueinander gegeben. Vorzugsweise wird durch die Kontrolleinheit 12 ermöglicht, die Schaltelemente 32 der zweiten Stromrichterstufe 30 bei Vorliegen der Zwischenkreisspannung 200 am Zwischenkreiselement 25 unter einer Betriebsspannung 201 zu betreiben, die geringer ist, als die Zwischenkreisspannung 200. Vorzugsweise kann die Betriebsspannung 201 50% der Zwischenkreisspannung 200 betragen. Insbesondere können die Brückeneinheiten 31 dazu ferner mit einem neutralen Leiter der Umrichtereinheiten 21 verbunden sein. Dadurch, dass die Betriebsspannung 201 geringer ist, als die Zwischenkreisspannung 200, kann die Stromrichtereinheit 11 und damit die Stromrichtervorrichtung 10 bei einer hohen Effizienz und mit geringen Verlusten an den Schaltelementen 32 über einen breiten Leistungsbereich 210 betrieben werden. Insbesondere kann die zweite Stromrichterstufe 30 in einem Interleaved-Betrieb betrieben werden.

[0046] Ein erfindungsgemäßes Verfahren 100 zum Ansteuern der Stromrichtervorrichtung 10 ist in Figur 6 in schematischer Darstellung der Verfahrensschritte gezeigt. Dabei erfolgt ein Erzeugen 101 der Zwischenkreisspannung 200 am Zwischenkreiselement 25 zum Umwandeln 104 des Stromes zwischen der Wechselspannungseinheit 3 und der Gleichspannungseinheit 2. Vorzugsweise kann die Stromrichtervorrichtung 10 über einen Bereich von 5V bis 200V einer Anschlussspannung 203 am Gleichspannungsanschluss 34 und/oder über einen Bereich von 0A oder im Wesentlichen 0A bis 600A eines Anschlussstromes 203.1 am Gleichspannungsanschluss 34 betrieben werden. Ein Bestimmen 102 des Leistungsbereiches 210 kann insbesondere durch eine Messvorrichtung 13 erfolgen, die am Gleichspannungsanschluss 34 angeordnet ist.

[0047] In Abhängigkeit von dem Leistungsbereich 210 kann ein Ansteuern 103 der Stromrichtereinheit 11 durch eine Kontrolleinheit 12 ermöglicht sein. Dazu weist die Kontrolleinheit 12 ein erstes Betriebsmodul 12.1 zum Betreiben der Stromrichtereinheit 11 in einem ersten Betriebsmodus I, ein zweites Betriebsmodul 12.2 zum Betreiben der Stromrichtereinheit 11 in einem zweiten Betriebsmodus II, und ein drittes Betriebsmodul 12.3 zum Betreiben der Stromrichtereinheit 11 in einem dritten Betriebsmodus III auf. Der erste Betriebsmodus I ist dabei für einen Hochleistungsbereich 211 vorgesehen, der zweite Betriebsmodus II für einen Geringstleistungsbereich 213 und der dritte Betriebsmodus III für einen Niedrigleistungsbereich 212. Figur 7 zeigt den Hochleistungsbereich 211, den Geringstleistungsbereich 213 und den Niedrigleistungsbereich 212 schematisch in einem Diagramm mit der Anschlussspannung 203 in Volt gegenüber dem Anschlussstrom 203.1 in Ampere. Insbesondere umfasst der Geringstleistungsbereich 213 Nennleistungen am Gleichspannungsanschluss 34 von 0 bis 40% einer maximalen Nennleistung der Stromrichtereinheit 11 und der Hochleistungsbereich 211 Nennleistungen 40% bis 100% der maximalen Nennleistung. Der Niedrigleistungsbereich 212 umfasst insbesondere Nennleistungen von 20% bis 40% der maximalen Nennleistung.

[0048] Figur 2 zeigt die zweite Stromrichterstufe 30 im ersten Betriebsmodus I und Figur 3 zeigt die zweite Stromrichterstufe 30 im zweiten Betriebsmodus II in vereinfachter, schematischer Darstellung. Im ersten Betriebsmodus I ist der Leistungsfluss 202 aller Brückenelemente 31 der zwei-

ten Stromrichterstufe 30 gemeinsam in eine Richtung orientiert. Die Richtung kann von der Wechselspannungseinheit 3 zur Gleichspannungseinheit 2 (in Figur 2 gestrichelt dargestellt) oder umgekehrt (in Figur 2 als Volllinie dargestellt) verlaufen. Insbesondere kann die Kontrolleinheit 12 ein Richtungsmodul 12.5 zum Bestimmen einer Richtung des Leistungsflusses 202 aufweisen. Durch das Richtungsmodul 12.5 kann ein Lademodus der Stromrichtereinheit 11 zum Laden der Gleichspannungseinheit 2 und/oder ein Entlademodus der Stromrichtereinheit 11 zum Entladen der Gleichspannungseinheit 2 ermöglicht sein. In Abhängigkeit davon, ob die Stromrichtereinheit 11 im Lademodus oder im Entlademodus betrieben wird, kann der Leistungsfluss 202 orientiert sein. Im zweiten Betriebsmodus II ist vorgesehen, dass die Brückeneinheiten 31, insbesondere angesteuert durch das zweite Betriebsmodul 12.2 der Kontrolleinheit 12, paarweise versetzt geschaltet werden, so dass der Leistungsfluss 202 von zwei der Brückeneinheiten 31 in eine erste Richtung orientiert ist und der Leistungsfluss 202 der zwei anderen Brückeneinheiten 31 in eine zweite, der ersten Richtung entgegengesetzte Richtung, orientiert ist. Vorzugsweise können die Brückeneinheiten 31 durch ein Zirkulationsmodul 12.4 der Kontrolleinheit 12 in einem Zirkulationsbetrieb 103.1 betrieben werden, so dass die Schaltzustände 220, 221 und damit die Richtung des Leistungsflusses 202, insbesondere gegenläufig, wechseln (in Figur 3 gestrichelt dargestellt). Somit kann durch die Stromrichtervorrichtung 10 vorteilhaft über einen breiten Leistungsbereich 210 betrieben werden.

[0049] Figur 4 zeigt die zweite Stromrichterstufe 30 in einem dritten Betriebsmodus III zum Ansteuern der Brückeneinheiten 31 in einem Niedrigleistungsbereich 212 der zweiten Stromrichterstufe 30. Im dritten Betriebsmodus III sind zumindest zwei der Brückeneinheiten 31 im ersten Schaltzustand 220 und zumindest zwei der Brückeneinheiten 31 in einem dritten Schaltzustand 222 betreibbar, in welchem eine Deaktivierung der jeweiligen Brückeneinheiten 31 vorgesehen ist. Somit wird von zwei der Brückeneinheiten 31 im dritten Betriebsmodus III keine Leistung übertragen. Durch das Zirkulationsmodul 12.4 können die Brückeneinheiten 31 im dritten Betriebsmodus III, insbesondere paarweise alternierend, deaktivierbar und aktivierbar sein.

[0050] Von der Hochstrombetriebsart 230 kann die zweite Stromrichterstufe 30 vorzugsweise in eine Hochspannungsbetriebsart 231 umgeschaltet werden. Dazu weist die Stromrichtervorrichtung 10 eine Umschalteinheit 14 auf. Figur 5 zeigt die zweite Stromrichterstufe 30 in der Hochspannungsbetriebsart 231. Dabei ist die Schaltungssinnenseite 23 und die Schaltungsaußenseite 33 der zweiten Stromrichterstufe 30 symmetrisch ausgebildet. Insbesondere sind die Brückeneinheiten 31 bei der Hochspannungsbetriebsart 231 beidseitig in einer Reihen-Parallelschaltung verschaltet. Bei der Hochspannungsbetriebsart 231 kann die zweite Stromrichterstufe 30 vorzugsweise ebenfalls im ersten, zweiten oder dritten Betriebsmodus I, II, III betrieben werden.

[0051] Die Erfindung lässt neben den dargestellten Ausführungsformen weitere Gestaltungsgrundsätze zu. D. h. die Erfindung soll nicht auf die mit Bezug auf die Figuren erläuterten Ausführungsbeispiele beschränkt betrachtet werden.

BEZUGSZEICHENLISTE

- 2 Gleichspannungseinheit
- 3 Wechselspannungseinheit

- 10 Stromrichtervorrichtung
- 11 Stromrichtereinheit
- 12 Kontrolleinheit
- 12.1 erstes Betriebsmodul
- 12.2 zweites Betriebsmodul
- 12.3 drittes Betriebsmodul
- 12.4 Zirkulationsmodul
- 12.5 Richtungsmodul
- 13 Messvorrichtung
- 14 Umschalteinheit

- 20 erste Stromrichterstufe
- 21 Umrichtereinheit
- 22 Schaltelement
- 23 Schaltungssinnenseite
- 24 Wechselspannungsanschluss
- 24.1 Phasenverbindung
- 25 Zwischenkreiselement

- 30 zweite Stromrichterstufe
- 31 Brückeneinheit
- 31.1 Vollbrückenelement
- 31.2 Transformatorelement
- 32 Schaltelement
- 33 Schaltungsaußenseite
- 34 Gleichspannungsanschluss

- 35 Zwischenkreiselement
- 100 Verfahren
- 101 Erzeugen von 200
- 102 Bestimmen von 210
- 103 Ansteuern von 20
- 103.1 Zirkulationsbetrieb

- 104 Umwandeln

- 200 Zwischenkreisspannung
- 201 Betriebsspannung
- 202 Leistungsfluss
- 203 Anschlussspannung
- 203.1 Anschlussstrom

- 210 Leistungsbereich
- 211 Hochleistungsbereich
- 212 Niedrigleistungsbereich
- 213 Geringstleistungsbereich

- 220 erster Schaltzustand
- 221 zweiter Schaltzustand
- 222 dritter Schaltzustand

- 230 Hochstrombetriebsart
- 231 Hochspannungsbetriebsart

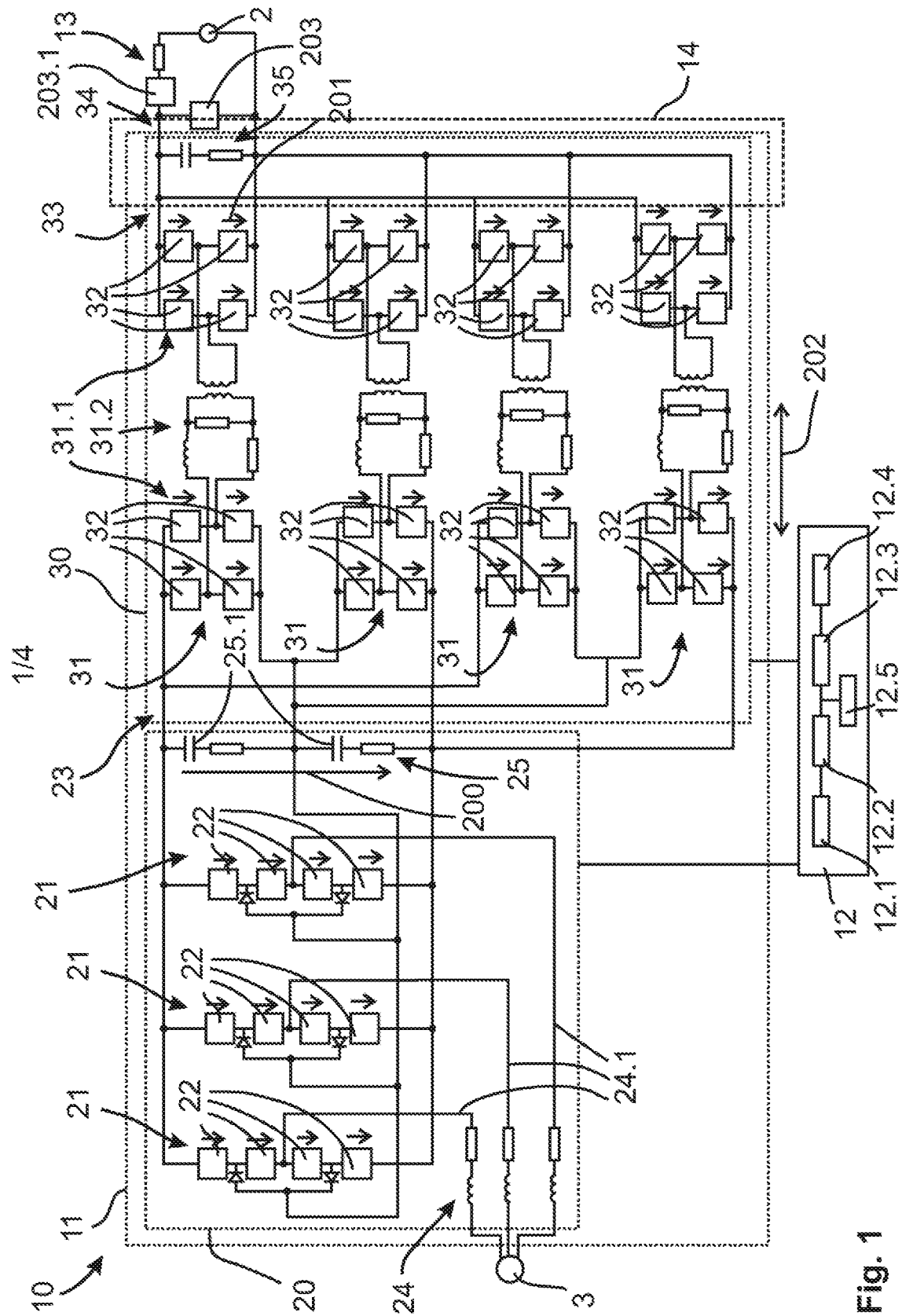
- I erster Betriebsmodus
- II zweiter Betriebsmodus
- III dritter Betriebsmodus

Patentansprüche

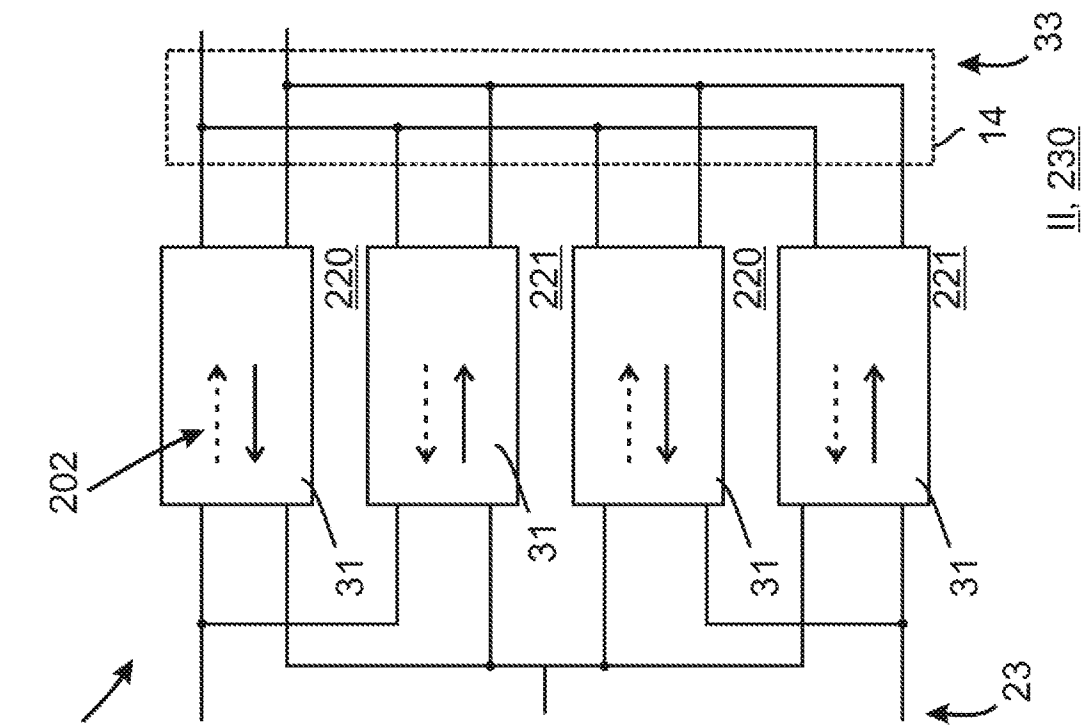
1. Stromrichtervorrichtung (10) aufweisend eine Stromrichtereinheit (11) zum Verbinden einer Wechselspannungseinheit (3) mit einer Gleichspannungseinheit (2), wobei die Stromrichtereinheit (11) zumindest eine erste Stromrichterstufe (20) und eine zweite Stromrichterstufe (30) zum Umwandeln (104) eines Stromes zwischen der Gleichspannungseinheit (2) und der Wechselspannungseinheit (3) aufweist, wobei die erste Stromrichterstufe (20) einen Wechselspannungsanschluss (24) zur elektrisch leitenden Verbindung mit der Wechselspannungseinheit (3) aufweist, wobei die zweite Stromrichterstufe (30) einen Gleichspannungsanschluss (34) zur elektrisch leitenden Verbindung mit der Gleichspannungseinheit (2) aufweist,
dadurch gekennzeichnet,
dass die zweite Stromrichterstufe (30) zumindest vier Brückeneinheiten (31) aufweist und eine Kontrolleinheit (12) mit einem ersten Betriebsmodul (12.1) zum Ansteuern der Brückeneinheiten (31) in zumindest einem ersten Betriebsmodus (I) für einen Hochleistungsbereich (211) und einem zweiten Betriebsmodul (12.2) zum Ansteuern der Brückeneinheiten (31) in einem zweiten Betriebsmodus (II) für einen Geringleistungsbereich (213) vorgesehen ist, wobei im ersten Betriebsmodus (I) die Brückeneinheiten (31) in einem ersten Schaltzustand (220) betreibbar sind und im zweiten Betriebsmodus (II) zumindest zwei der Brückeneinheiten (31) im ersten Schaltzustand (220) und zumindest zwei der Brückeneinheiten (31) in einem zweiten Schaltzustand (221) betreibbar sind.
2. Stromrichtervorrichtung (10) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass der erste Schaltzustand (220) der Brückeneinheiten (31) einen Leistungsfluss (202) in einer ersten Richtung umfasst, insbesondere wobei der zweite Schaltzustand (221) der Brückeneinheiten (31) einen Leistungsfluss (202) in einer zweiten Richtung umfasst, die der ersten Richtung entgegengesetzt ist.
3. Stromrichtervorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Kontrolleinheit (12) ein drittes Betriebsmodul (12.3) zum Ansteuern der Brückeneinheiten (31) in einem dritten Betriebsmodus (III) für einen Niedrigleistungsbereich (212) aufweist, wobei im dritten Betriebsmodus (III) zumindest zwei der Brückeneinheiten (31) im ersten Schaltzustand (220) und zumindest zwei der Brückeneinheiten (31) in einem dritten Schaltzustand (222) betreibbar sind, insbesondere wobei der dritte Schaltzustand (222) der Brückeneinheiten (31) eine Deaktivierung der jeweiligen Brückeneinheiten (31) umfasst.
4. Stromrichtervorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Kontrolleinheit (12) ein Zirkulationsmodul (12.4) aufweist, um die Brückeneinheiten (31) im zweiten oder dritten Betriebsmodus (II, III), insbesondere paarweise, zirkulierend zu schalten.
5. Stromrichtervorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die zweite Stromrichterstufe (30) auf einer Schaltungsinnenseite (23) über ein Zwischenkreiselement (25) zum Führen einer Zwischenkreisspannung (200) mit der ersten Stromrichterstufe (20) elektrisch gekoppelt ist und auf einer Schaltungsaußenseite (33) den Gleichspannungsanschluss (34) zur elektrisch leitenden Verbindung mit der Gleichspannungseinheit (2) aufweist.
6. Stromrichtervorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Schaltungsinnenseite (23) und die Schaltungsaußenseite (33) der zweiten Stromrichterstufe (30) asymmetrisch oder symmetrisch zueinander ausbildbar sind, um die Schaltelemente (32) der zweiten Stromrichterstufe (30) unter einer Betriebsspannung (201) zu betreiben, die geringer ist, als die Zwischenkreisspannung (200).

7. Stromrichtervorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass jede der Brückeneinheiten (31) zwei aktive Vollbrückenelemente (31.1) aufweist, die galvanisch voneinander getrennt sind, insbesondere wobei zwischen den Vollbrückenelementen (31.1) ein Transformatorelement (31.2) angeordnet ist.
8. Stromrichtervorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die erste Stromrichterstufe (20) zumindest eine dreistufige Umrichtereinheit (21), vorzugsweise drei dreistufige Umrichtereinheiten (21), aufweist.
9. Stromrichtervorrichtung (10) nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Wechselspannungsanschluss (24) der ersten Stromrichterstufe (20) zumindest drei Phasenverbindungen (24.1) aufweist, die, insbesondere stufenmittig, mit den Umrichtereinheiten (21) verschaltet sind.
10. Stromrichtervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Kontrolleinheit (12) ein Richtungsmodul (12.5) zum bidirektionalen Betreiben der Stromrichtereinheit (11) aufweist.
11. Stromrichtervorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Messvorrichtung (13) zum Bestimmen eines Leistungsbereiches (210) mit dem Gleichspannungsanschluss (34) verbunden ist.
12. Stromrichtervorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die zweite Stromrichterstufe (30) eine Umschalteinheit (14) zum Umschalten zwischen einer Hochspannungsbetriebsart (231) und einer Hochstrombetriebsart (230) aufweist, insbesondere wobei die Brückeneinheiten (31) bei der Hochstrombetriebsart (230) in einer Parallelschaltung und bei der Hochspannungsbetriebsart (231) in einer Reihen-Parallelschaltung verbunden sind.
13. Testsystem zum Testen einer Gleichspannungseinheit (2) in Form eines Energiespeichers, insbesondere für ein Fahrzeug, aufweisend eine Wechselspannungseinheit (3) und die Gleichspannungseinheit (2),
dadurch gekennzeichnet,
dass die Wechselspannungseinheit (3) und die Gleichspannungseinheit (2) durch eine Stromrichtervorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche verbunden sind.
14. Verfahren (100) zum Ansteuern einer Stromrichtervorrichtung (10), insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Stromrichtervorrichtung (10) mit einer Wechselspannungseinheit (3) und einer Gleichspannungseinheit (2) verbunden ist, so dass ein Strom zwischen der Wechselspannungseinheit (3) und der Gleichspannungseinheit (2) über eine erste und eine zweite Stromrichterstufe (20, 30) der Stromrichtervorrichtung (10) umwandelbar ist,
dadurch gekennzeichnet,
dass die zweite Stromrichterstufe (30) zumindest vier Brückeneinheiten (31) aufweist, wobei die Brückeneinheiten (31) zum Umwandeln (104) des Stromes zwischen der Wechselspannungseinheit (3) und der Gleichspannungseinheit (2) für einen Hochleistungsbereich (211) in einem ersten Betriebsmodus (I) angesteuert werden, in welchem die Brückeneinheiten (31) in einem ersten Schaltzustand (220) betrieben werden, und die Brückeneinheiten (31) für einen Geringstleistungsbereich (213) in einem zweiten Betriebsmodus (II) angesteuert werden, in welchem zumindest zwei der Brückeneinheiten (31) im ersten Schaltzustand (220) und zumindest zwei der Brückeneinheiten (31) in einem zweiten Schaltzustand (221) betrieben werden.

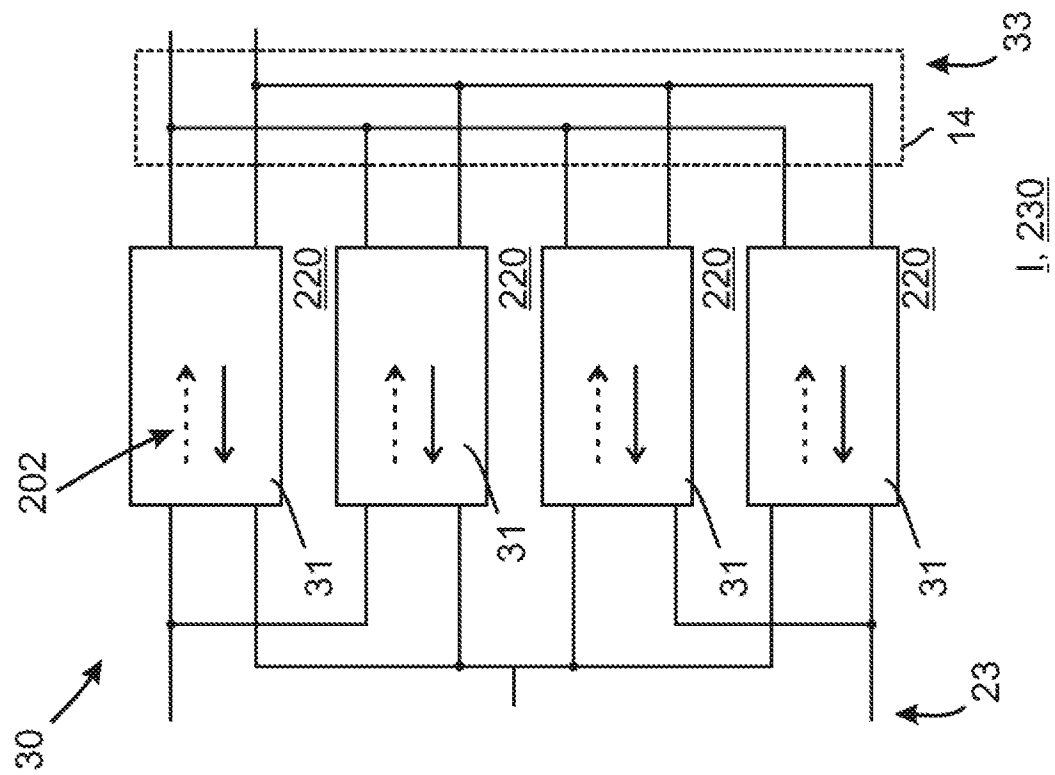
Hierzu 4 Blatt Zeichnungen







3
x
5
L



2
3
x 500x
L

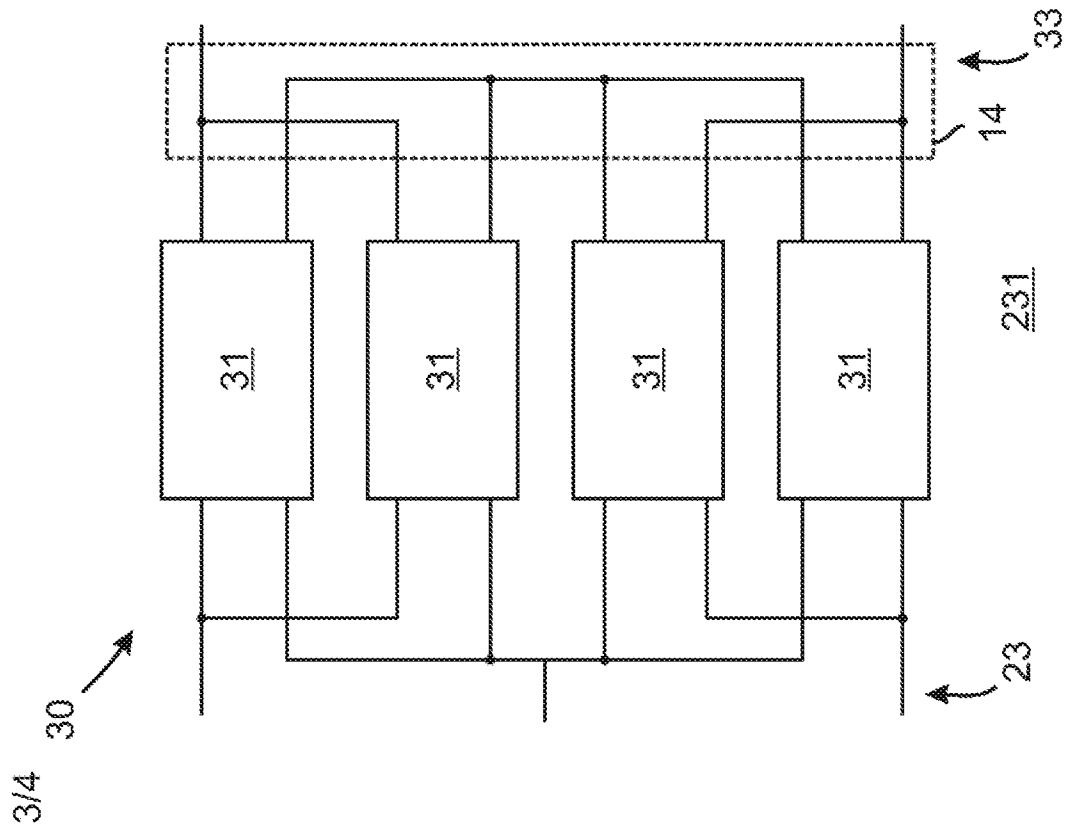


Fig. 5

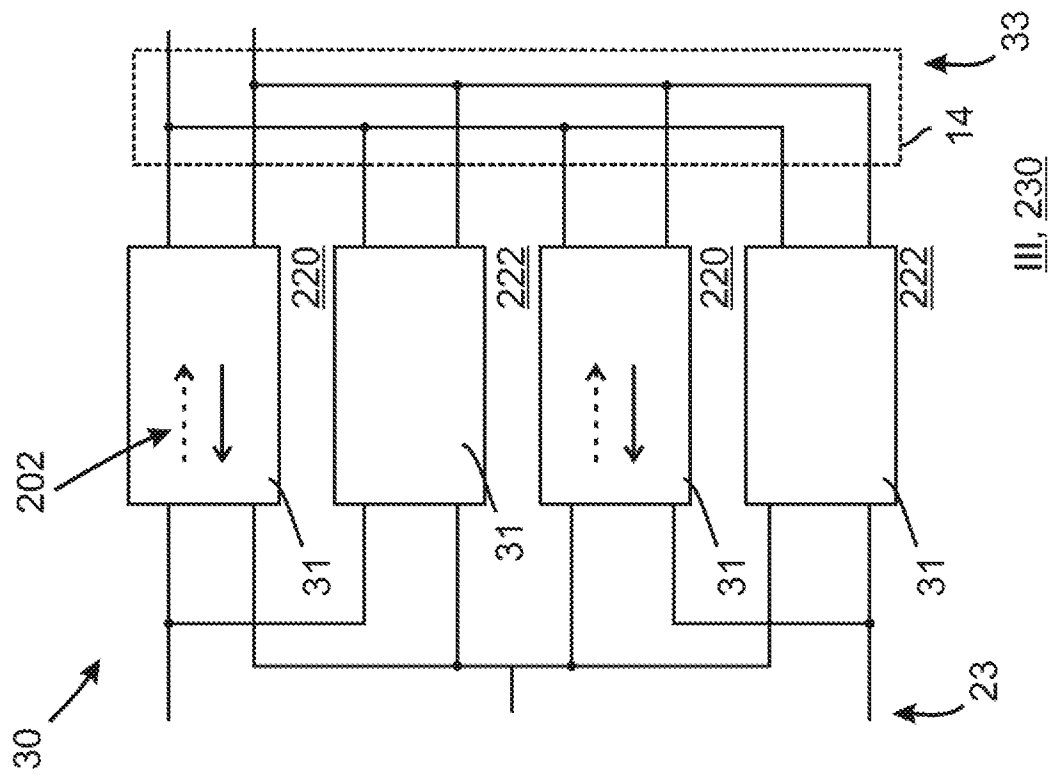


Fig. 4

4/4

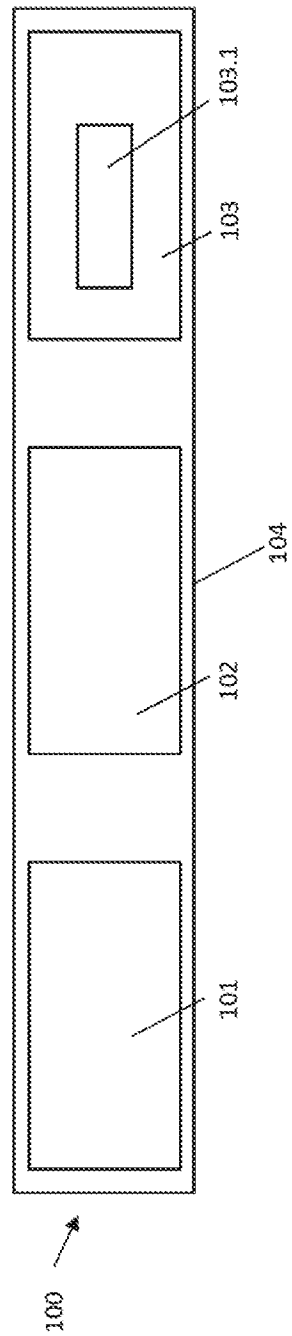


Fig. 6

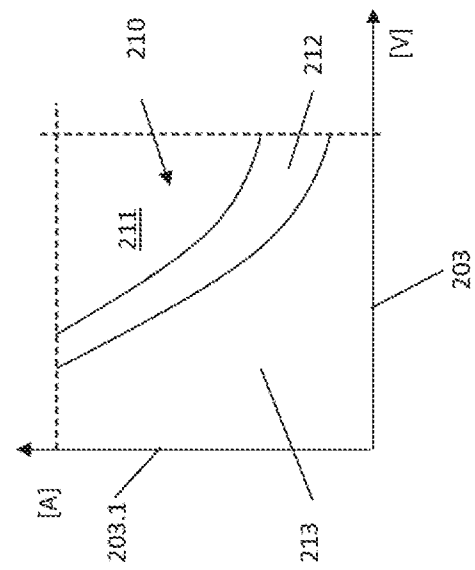


Fig. 7