(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
05. Juli 2018 (05.07.2018)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/122094 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B60L 1/00 (2006.01) *H02M 3/335* (2006.01)
B60L 11/18 (2006.01) *B60R 16/033* (2006.01)
H02M 7/483 (2007.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/084086

(22) Internationales Anmeldedatum:
21. Dezember 2017 (21.12.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 125 720.6
27. Dezember 2016 (27.12.2016) DE

(71) Anmelder: **UNIVERSITÄT DER BUNDESWEHR MÜNCHEN** [DE/DE]; Werner-Heisenberg-Weg 39, 85579 Neubiberg (DE).

(72) Erfinder: **HELLING, Florian**; Walchenseeplatz 10, 81539 München (DE). **WEYH, Thomas**; Hanebergstraße 22, 80637 München (DE). **SINGER, Arthur**; Ludwig-Richter-Straße 21, 80687 München (DE).

(74) Anwalt: **BOEHMERT & BOEHMERT ANWALTSPARTNERSCHAFT MBB**; LUCKE, Andreas, Pettenkoferstraße 22, 80336 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,

(54) **Title:** LOW-VOLT DECOUPLING FROM A MODULAR ENERGY STORE CONVERTER SYSTEM

(54) **Bezeichnung:** NIEDERVOLTAUSKOPPLUNG AUS EINEM MODULAREN ENERGIESPEICHER-UMRICHTERSYSTEM

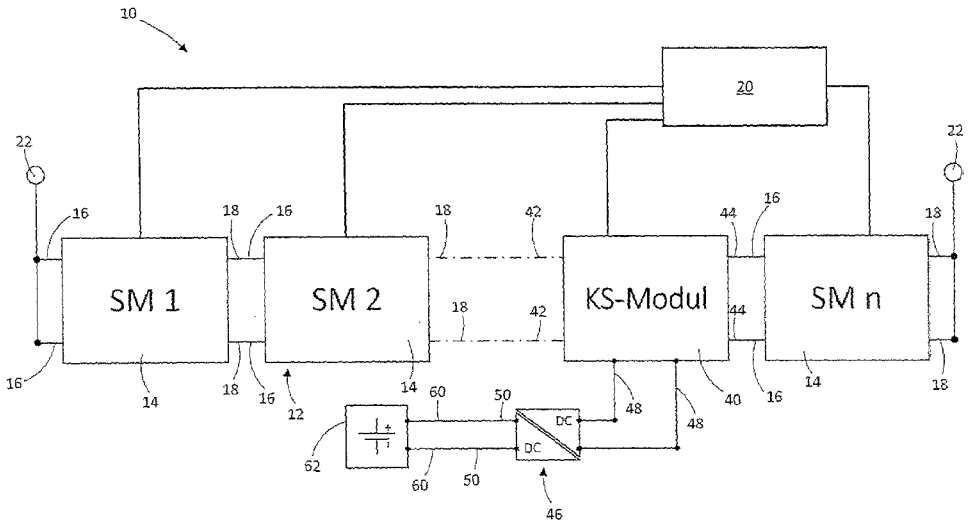

Fig. 1

40 ELV module

(57) **Abstract:** The invention discloses a module energy store converter system (10) comprising the following: at least one converter arm (12) comprising a plurality of standard modules (14) connected in series, and at least one extra-low voltage module (ELV module) (40), wherein the standard modules (14) and the ELV module can be connected such that inputs (48) of a transducer (46) of the ELV module can be optionally connected to the storage element (26) of an adjacent standard module (14) serially and/or anti-serially, or the transducer (46) can be decoupled from the storage element (26), and/or the inputs (48) of the transducer (46) can be optionally connected to the storage element of an adjacent standard module (14) in parallel, or the transducer (46) can be decoupled from the storage element (26).

WO 2018/122094 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

(57) Zusammenfassung: Gezeigt wird ein Modulares Energiespeicher-Umrichtersystem (10), das Folgendes umfasst: mindestens einen Umrichterarm (12), der eine Mehrzahl von hintereinander geschalteten Standardmodulen (14) umfasst, und mindestens ein Kleinspannungs -Modul (KS-Modul) (40), wobei die Standardmodule (14) und das KS-Modul so schaltbar sind, dass Eingänge (48) eines Wandlers (46) des KS-Moduls wahlweise mit dem Speicherelement (26) eines benachbarten Standardmoduls (14) seriell und/oder anti-seriell verschaltet werden können, oder der Wandler (46) von dem Speicherelement (26) entkoppelt werden kann, und/oder die Eingänge (48) des Wandlers (46) wahlweise mit den Speicherelement eines benachbarten Standardmoduls (14) parallel geschaltet werden können, oder der Wandler (46) von dem Speicherelement (26) entkoppelt werden kann.

Niedervoltauskopplung aus einem modularen Energiespeicher-Umrichtersystem

GEBIET DER ERFINDUNG

Die vorliegende Erfindung liegt auf dem Gebiet der Elektrotechnik. Insbesondere betrifft sie ein modulares Energiespeicher-Umrichtersystem, das mindestens einen Umrichterarm enthält, der eine Mehrzahl von hintereinander geschalteten Standardmodulen umfasst, sowie ein Fahrzeug und ein Verfahren, die sich eines solchen modularen Energiespeicher-Direktumrichtersystems bedienen.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Batteriesysteme gewinnen zunehmende Bedeutung in zahlreichen Gebieten der Technik. Eine besonders wichtige Anwendung betrifft Elektrofahrzeuge, bei denen die Batteriesysteme eine Schlüsselkomponente für die Mobilität der Zukunft darstellen.

Viele der gegenwärtig eingesetzten Energiespeichersysteme bestehen aus einer Reihenschaltung oder einer Parallelschaltung einiger bis hin zu tausenden Energiespeicherelementen, wobei an jedem Energiespeicherelement eine im Vergleich zur benötigten Gesamtspannung relativ kleine Spannung anliegt bzw. angelegt werden kann. Durch eine Reihenschaltung summieren sich dabei die Einzelspannungen zur Gesamtspannung auf. Durch eine Parallelschaltung wird die Ladung aufsummiert. Beispielsweise werden in einem Elektroauto wie etwa dem Tesla-Modell S ca. 6.000 Batteriezellen verbaut. Die Zellspannungen und die elektrischen Eigenschaften der Zellen hängen stark von der verwendeten Zelltechnologie ab. Die Zellspannungen typischer Systeme reichen dabei von 1,0 Volt bis 4,2 Volt.

Durch leicht verschiedene physikalische Eigenschaften der Zellen unterscheiden sich diese hinsichtlich ihrer Kapazitäten und ihres Alterungsverhaltens. Bedingt durch die daraus resultierenden unterschiedlichen Spannungen der einzelnen Zellen ist es in aktuellen Batteriesystemen notwendig, die Ladungen aller Zellen auszubalancieren, um die zu verwendende Gesamtkapazität des Batteriesystems zu erhöhen. Für dieses Ausbalancieren werden gegenwärtig sogenannte Batterie-Management-Systeme (BMS) verwendet, die ein aktives oder passives Ausbalancieren bewirken. Solche bekannten Batterie-Management-Systeme sind jedoch

vergleichsweise aufwendig, verlustbehaftet, meist teuer und unter bestimmten Umständen sogar schädlich für die Zellen.

Um die Energie des Batteriesystems für einen Verbraucher, beispielsweise einen Elektromotor, nutzbar zu machen, wird ferner noch ein leistungselektronischer Umrichter benötigt, der zur Stabilisierung der Ausgangsspannung bzw. zur Erzeugung einer gewünschten Phase einer Wechselspannung dient. Darüber hinaus wird zum Laden des Batteriesystems üblicherweise ein weiterer Umrichter, ein sog. Ladeumrichter benötigt.

Der beschriebene Stand der Technik von Batteriesystemen hat eine Reihe von Nachteilen. Ein Nachteil besteht darin, dass die Arbeitspunkte des Systems sich entweder nicht oder nur geringfügig an die aktuellen Erfordernisse anpassen lassen und dass die Gesamtleistung des Systems typischerweise durch die schwächste Subeinheit im Verbund limitiert wird.

Bei BMS, die sich einer passiven Ausbalancierung der Energiespeicherzellen bedienen, wird willentlich Energie verschwendet, indem elektrische Energie in thermische Energie umgewandelt wird und dissipiert. Ferner ist es speziell beim passiven Ausbalancieren so, dass die schwächste Zelle im Verbund die Gesamtkapazität bestimmt, indem sie beispielsweise den Abbruch eines Lade- oder Entladevorgangs erforderlich macht.

BMS mit aktiverer Ausbalancierung basieren in der Regel darauf, dass Energie durch Umladen zwischen den Zellen verschoben wird. Dieses Umladen geht jedoch stets mit einem Energieverlust einher und kann zudem die Lebensdauer der Zellen verringern.

Ferner ist es bei den herkömmlichen Systemen üblicherweise erforderlich, dass alle Zellen im System vom gleichen Typ sind und möglichst geringe Unterschiede in ihren elektrischen und physikalischen Eigenschaften aufweisen. Zudem wird in aktuellen Systemen typischerweise ein hoher technischer Schaltungs- und Filteraufwand betrieben, der den Energieverbrauch und die Kosten erhöht.

Ähnliche Probleme wie bei Batteriesystemen treten auch bei Energieumwandlungssystemen auf, die als Energieumwandlungselemente beispielsweise Brennstoffzellen oder Solarmodule umfassen. Auch bei derartigen Energieumwandlungssystemen werden eine Vielzahl von Zellen zur Erhöhung der Gesamtspannung in Reihe und zur Erhöhung der Ladung bzw. des Stromflusses parallel geschaltet.

In der DE 10 2014 110410 ist ein modulares Energiespeicher-Umrichtersystem nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 offenbart, das eine vorteilhafte Lösung für die oben beschriebe-

nen Probleme bietet. Dieses Energiespeicher-Umrichtersystem umfasst mindestens einen Umrichterarm, der eine Mehrzahl von hintereinander geschalteten Standardmodulen enthält. Jedes der genannten Standardmodule umfasst mindestens einen ersten Anschluss und mindestens einen zweiten Anschluss, ein Speicherelement für elektrische Energie, insbesondere eine Batterie, oder ein Energieumwandlungselement, und eine Mehrzahl von Schaltern. Bei jeweils zwei benachbarten Standardmodulen aus den genannten Standardmodulen ist der mindestens eine erste Anschluss des einen Standardmoduls direkt oder über eine dazwischen geschaltete Komponente mit dem mindestens einen zweiten Anschluss des anderen Standardmoduls verbunden.

Das Energiespeicher-Umrichtersystem umfasst ferner eine Steuereinrichtung, die dazu eingerichtet ist, Informationen bezüglich des aktuellen Ladezustandes der Speicherelemente bzw. Spannung oder Leistung der Energieumwandlungselemente zu erhalten, und die geeignet ist, zumindest einen Teil der genannten Mehrzahl von Schaltern in Abhängigkeit von dem aktuellen Ladezustand der Speicherelemente bzw. der aktuellen Leistung oder Spannung der Energieumwandlungselemente in einem Energieabgabemodus derart anzusteuern, dass der Umrichterarm als Ganzes eine gewünschte Spannung oder eine Phase einer gewünschten Spannung liefert. Dabei sind die genannten Standardmodule so ausgelegt und ansteuerbar, dass das Speicherelement bzw. Energieumwandlungselement eines Moduls wahlweise deaktiviert bzw. entkoppelt werden kann. Hierbei bedeutet das „Deaktivieren“ eines Speicherelements/Energieumwandlungselementes, dass das betreffende Element nicht am Energieabgabeprozess oder einem Ladeprozess beteiligt ist. Eine Möglichkeit dies zu erreichen besteht darin, zumindest einen Pol des Speicherelements/Energieumwandlungselements mithilfe eines Schalters vom Rest des Moduls abzukoppeln.

Bei diesem vorbekannten Energiespeicher-Umrichtersystem wird zur Abgabe von Energie kein Umladen zwischen Speicherelementen benötigt. Stattdessen ist es möglich, die Speicherelemente oder Energieumwandlungselemente derart zu verschalten, dass der Umrichterarm als Ganzes bereits eine gewünschte Spannung oder eine Phase einer gewünschten Spannung liefert, also kein weiterer Umrichter benötigt wird, gleichzeitig aber eine Ausbalancierung der Ladung zwischen einzelnen Speicherelementen/Energieumwandlungselementen durch Umladen vermieden werden kann. Dies wird unter anderem dadurch ermöglicht, dass einzelne Module wahlweise deaktiviert werden können, beispielsweise weil sie nicht den momentan benötigten Ladungszustand aufweisen, und zugeschaltet werden können, wenn ihr aktueller Ladungs-, Spannungs- oder Leistungszustand zu der gewünschten Energieabgabe „passt“.

Das Energiespeicher-Umrichtersystem der DE 10 2014 110410 zeichnet sich gegenüber klassischen Batteriespeichersystemen mit einer starren Zellverschaltung durch eine höhere Effizienz, eine flexible Skalierbarkeit, eine höhere Redundanz, eine verringerte Anzahl an Systemkomponenten, einen nahezu verlustfreien Ausgleich des Ladezustands und eine inhärente Ausfallsicherheit des Gesamtsystems trotz Ausfall einzelner Speicherelemente aus. Diese Vorteile führen dazu, dass das Energiespeicher-Umrichtersystem der DE 10 2014 110410 als besonders vielversprechende Lösung für den elektrischen Antrieb eines Fahrzeuges erachtet wird.

Allerdings benötigen Fahrzeuge neben der Leistungsversorgung der Antriebsmaschine auch eine Versorgung weiterer Verbraucher, wie beispielsweise Bremskraftverstärker, Beleuchtung, Servolenkung, Antiblockiersystem, Unterhaltungssysteme und Klimatisierung. Bei Elektrofahrzeugen treten weitere spezielle Verbraucher hinzu, wie beispielsweise Batteriekühlung, Isolationswächter sowie das Batteriemanagementsystem. Eine Vielzahl derartiger Verbraucher müssen nicht nur während des Betriebs des Fahrzeugs versorgt werden, sondern auch im Ruhezustand und während des Ladevorgangs, dies gilt beispielsweise für die Vorklimatisierung vor und die Batteriekühlung nach der Fahrt und während des Ladevorgangs. Zudem müssen Systeme, die für den Betrieb von Speichersystemen sicherheitsrelevant sind, also etwa ein Isolationswächter in Hochvoltsystemen und das Batteriemanagementsystem, auch bei „abgeschalteter" Batterie weiterlaufen, d.h. wenn die Hochvoltbatterie vom übrigen Teil des Fahrzeugs elektrisch getrennt ist, etwa im Falle eines Unfalls, was automatisch oder beispielsweise durch Hilfskräfte, die einen entsprechenden Schalter betätigen, bewerkstelligt werden kann. Eine derartige elektrische Trennung kann aber auch während Wartungsarbeiten vorgesehen sein, oder wenn das Fahrzeug abgestellt ist, ohne geladen zu werden.

Ein Batteriemanagement-System versorgt sich dabei zumeist direkt aus den Zellen, und kann somit die Zellen auch bei abgeschaltetem Hochvoltspeicher überwachen. Übergeordnete Systeme, wie etwa die Isolationsüberwachung müssen jedoch unabhängig vom Hochvoltspeicher versorgt werden, um auch im Fehlerfall oder bei einer Notabschaltung des Hochvoltspeichers noch funktionsfähig zu sein. Aus diesem Grund ist bei Elektrofahrzeugen mit Hochvoltspeicher ein batteriegepuffertes oder kondensatorgepuffertes Niederspannungsnetz unverzichtbar. Dabei bezeichnet im Gebiet der Elektrofahrzeuge der Begriff „Niederspannung", abweichend von dem in der Elektrotechnik sonst üblichen Sprachgebrauch, Spannungen in einem Bereich von etwa 12 bis 48 V.

Die meisten der oben genannten Verbraucher haben einen vergleichsweise geringen Leistungsbedarf, sodass sie auch bei abgeschaltetem Hochvoltsystem über längere Zeit hinweg

problemlos aus der Niedervolt-Pufferbatterie versorgt werden können. Allerdings haben Systeme wie Klimatisierung oder Speicherkühlung bisweilen einen Leistungsverbrauch von beispielsweise 10 kW. Die Versorgung dieser Systeme muss somit gezwungenermaßen direkt oder indirekt aus dem Hochvoltspeicher bzw. bei Netzverbindung aus dem stationären Versorgungsnetz erfolgen.

Bei aktuellen Elektrofahrzeugen wird das Niederspannungsnetz, oft auch als „Niederspannungs-DC-Bus“ (NS-DC-Bus) oder „Niedervolt-DC-Bus“ (NV-DC-Bus) bezeichnet, mittels eines DC-DC-Wandlers aus dem Hauptbatteriespeicher versorgt. Allerdings ist bei Systemen mit einem großen Spannungsunterschied zwischen dem Hochspannungsnetz (bis zu 1000 V und mehr) und dem Niederspannungsnetz (typischerweise 12 V) ein effizienter Ladungstransport nur mit hohem technischen Aufwand möglich. Um Umwandlungs- und Leistungsverluste zu reduzieren, werden Hochleistungsverbraucher meist direkt mit der Spannung des Hochspannungsbordnetzes, dem sogenannten HV-DC-Bus, betrieben, was jedoch in Anbetracht der zusätzlich notwendigen Hochspannungsverkabelung im Fahrzeug gewisse Risiken mit sich bringt.

Wenn man das eingangs erwähnte modulare Energiespeicher-Umrichtersystem in Elektrofahrzeugen verwendet, stellt sich die Versorgung von Hochleistungsverbrauchern als schwierig dar, da derartige Systeme nicht über einen HV-DC-Bus verfügen, und es auch nicht ohne großen Aufwand möglich ist, einen derartigen HV-DC-Bus zu realisieren. Die nahe liegende Lösung besteht in diesem Fall darin, den NS-Bus über die Phasenanschlüsse für den Motor bzw. über die Ladeinfrastruktur per AC-DC-Wandler zu versorgen. Nachteilig hierbei sind der damit verbundene apparative Aufwand und die Effizienzverluste, die sich in der Praxis schwer vermeiden lassen. Grund für die beobachteten Effizienzverluste sind die Einbußen, die beim Gleichrichten von vergleichsweise hohen Spannungen, die zudem eine variable Frequenz und eine schwankende mittlere Spannung aufweisen, auf eine niedrige Gleichspannung unweigerlich auftreten.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein modulares Energiespeicher-Umrichtersystem der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, dass es ohne Einschränkung der angestrebten Funktionalität eine effiziente Versorgung von Kleinspannungen gestattet.

Diese Aufgabe wird durch ein System nach Anspruch 1 sowie durch einen elektrischen Antrieb für ein Fahrzeug nach Anspruch 31 gelöst, der sich eines solchen Energiespeicher-

Umrichtersystems bedient. Ferner wird diese Aufgabe durch ein Verfahren nach Anspruch 33 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Gemäß der Erfindung umfasst das modulare Energiespeicher-Umrichtersystem der eingangs genannten Art mindestens ein Kleinspannungs-Modul (KS-Modul), wobei

- das KS-Modul ebensoviele erste und zweite Anschlüsse aufweist, wie ein Standardmodul,
- der mindestens eine erste Anschluss des KS-Moduls mit dem mindestens einen zweiten Anschluss eines benachbarten Standardmoduls und/oder der mindestens eine zweite Anschluss des KS-Moduls mit dem mindestens einen ersten Anschluss eines benachbarten Standardmoduls direkt oder über eine zwischengeschaltete Komponente verbunden ist, und das KS-Modul einen Wandler mit zwei Eingängen und zwei Ausgängen umfasst, wobei die Ausgänge des Wandlers mit zugehörigen Kleinspannungsleitungen, insbesondere NS-DC-Bussen verbunden sind.

Dabei sind in einer Ausführungsform die Standardmodule und das KS-Modul so schaltbar , dass die Eingänge des Wandlers wahlweise mit dem Speicherelement/Energieumwandlungselement eines benachbarten Standardmoduls

- seriell und/oder anti-seriell verschaltet werden können, oder
- der Wandler von dem Speicherelement/Energieumwandlungselement entkoppelt werden kann.

Die beiden Alternativen stellen dabei zwei mögliche Schaltzustände dar, die wahlweise alternativ angenommen werden können.

Dabei kann das „Entkoppeln“ des Wandlers von dem Speicherelement/Energieumwandlungselement bedeuten, dass der Wandler durch einen Bypass-Schaltzustand umgangen wird, sodass der Wandler sich nicht im aktiven Strompfad befindet, bzw. nicht an einem Energieabgabeprozess oder einem Ladeprozess beteiligt ist. Man beachte, dass es in dieser Variante nicht zwingend nötig ist, dass die Eingänge des Wandlers wahlweise mit dem Speicherelement/Energieumwandlungselement eines benachbarten Standardmoduls sowohl seriell als auch anti-seriell verschaltet werden können, in den bevorzugten Ausführungsformen ist dies aber der Fall.

Zusätzlich oder alternativ sind die Standardmodule und das KS-Modul so schaltbar, dass die Eingänge des Wandlers wahlweise mit dem Speicherelement/Energieumwandlungselement eines benachbarten Standardmoduls parallel geschaltet werden können, oder der Wandler von dem Speicherelement/Energieumwandlungselement entkoppelt werden kann. In dieser Variante, bei der der Wandler wahlweise (d.h. in einem ersten Schaltzustand) parallel ge-

schaltet oder (in einem zweiten Schaltzustand) entkoppelt werden kann, ist es nicht zwingend notwendig, dass zusätzlich die Möglichkeit einer seriellen und einer antiseriellen Verschaltung vorgesehen ist, allerdings ist dies bei bevorzugten Ausführungsformen der Fall.

Zur Auskopplung von Kleinspannungen sind somit erfindungsgemäß Module eines neuen Typs vorgesehen, die hier als KS-Module bezeichnet werden, und die auf ähnliche Weise in die Umrichterarme integriert werden, wie die Standardmodule. Die KS-Module können zwischen Standardmodule in einem Umrichterarm geschaltet sein, oder an einem der Enden des Umrichterarms vorgesehen sein, sind aber stets mit einem Standardmodul direkt oder über eine zwischengeschaltete Komponente verbunden. Ähnlich wie die Standardmodule umfasst das KS-Modul eine Vielzahl von Schaltern, die es ermöglichen, die Eingänge des Wandlers mit dem Speicherelement/Energieumwandlungselement eines benachbarten Standardmoduls wahlweise seriell oder antiseriell zu verschalten, bzw. zu entkoppeln, und/oder die Eingänge des Wandlers wahlweise mit dem Speicherelement eines benachbarten Steuermoduls parallel zu schalten oder den Wandler von dem Speicherelement zu entkoppeln. Die Ausgänge des Wandlers sind mit zugehörigen Kleinspannungsleitungen, insbesondere NS-DC-Bussen verbunden, über die die Kleinspannung effektiv aus dem Umrichterarm ausgekoppelt werden kann.

Auf diese Weise kann das KS-Modul sowohl baulich als auch schaltungs- und steuerungstechnisch einfach in den Umrichter integriert werden, wobei der Wandler - ganz ähnlich wie ein Speicherelement eines Standardmoduls – wie eine gewöhnliche Quelle oder Senke im Multilevel-Umrichterbetrieb behandelt werden kann. Auf diese Weise können für das Auskoppeln in das Kleinspannungsnetz, aber ebenso für ein mögliches Einkoppeln von Energie aus dem Kleinspannungsnetz in das Energiespeicher-Umrichtersystem, alle Freiheitsgrade des Systems zur Verschaltung von Modulen gewinnbringend ausgenutzt werden. Insbesondere gestattet dies es, gleichzeitig ein Kleinspannungsnetz bereitzustellen und einen Elektromotor mit AC-Mehrphasenstrom zu betreiben.

Obwohl in der folgenden Offenbarung vornehmlich Direktumrichter-Anwendungen, insbesondere Anwendungen auf dem Gebiet der Elektromobilität beschrieben werden, ist die Erfindung nicht darauf beschränkt. Beispielsweise kann es sich bei dem modularen Energiespeicher-Umrichtersystem auch um HVDC Systeme handeln, die sich eines modularen Multi-Level-Converters bedienen. In diesem Fall kann die Hochspannung mehrere 100 kV betragen, während die auszukoppelnde Spannung, die dann der hierin beschriebenen „Kleinspannung“ entspricht, zum Beispiel eine 230 V Wechselspannung ist. Der Begriff „Kleinspannung“ weist in der allgemeinsten Verwendung der KS-Module somit nicht auf einen absolut

Wert der Spannung an den Ausgängen des Wandlers hin, sondern darauf, dass diese Spannung klein ist im Vergleich zu der Spannung, die am Umrichter als Ganzes anliegt.

Die erfindungsgemäße Lösung hat eine Mehrzahl von wesentlichen Vorteilen. Dazu gehört ein effizienter Transfer von Energie zwischen dem Energiespeicher-Umrichtersystem und dem Kleinspannungsnetz. Die Auskopplung von Energie in das Kleinspannungsnetz ist in jedem Arbeitsbereich des Energiespeicher-Umrichtersystems mit hoher Effizienz nutzbar. Zudem ist der bauliche Aufwand vergleichsweise gering, da lediglich geringe Spannungsdifferenzen auftreten, eine geringe Anzahl an Bauteilen benötigt wird, und kein oder allenfalls ein geringer Filteraufwand nötig ist. Zudem reicht es in vielen Fällen sogar aus, wenn in dem gesamten Energiespeicher-Umrichtersystem lediglich ein KS-Modul vorgesehen ist.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die Auskopplung unabhängig von der Maximalspannung des Systems ist, und in jedem Betriebszustand des Systems einsatzbereit ist, ohne dass das Umrichtersystem hochfrequent geschaltet werden müsste. Ferner bietet die Verwendung der erfindungsgemäßen KS-Module eine hohe Effizienz im „Ruhezustand", aufgrund der über einen längeren Zeitraum gleich bleibenden Verschaltung des KS-Moduls mit einem oder mehreren Standardmodulen des Systems. Ein Beispiel für einen solchen „Ruhezustand" ist etwa der Fall, dass ein Elektrofahrzeug an einer Ampel steht und somit aktuell kein Strom durch den Motor fließt. In diesem Fall können die Eingänge des Wandlers beispielsweise parallel zu einem oder mehreren Speicherelementen in einem oder mehreren Standardmodulen des Umrichtersystems geschaltet werden. Ein weiteres Beispiel für den „Ruhezustand" ist der Zustand, in dem das Energiespeicher-Umrichtersystem durch DC-Strom an Außenklemmen geladen wird.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil besteht darin, dass die KS-Module in bevorzugten Ausführungsformen bidirektional einsetzbar sind, sodass sie nicht nur Energie aus dem Umrichtersystem abziehen, sondern diesem auch zuführen können. Wenn das Energiespeicher-Umrichtersystem für Batteriesysteme von Elektrofahrzeugen verwendet wird, kann das KS-Modul beispielsweise für das sogenannte Erhaltungsladen eingesetzt werden, wenn das Fahrzeug längere Zeit nicht benutzt wird, um eine Selbstentladung zu vermeiden. Hierzu kann ein einfaches DC-Netzteil verwendet werden, welches an die Ausgänge des Wandlers angeschlossen wird. Man beachte, dass in diesem Fall die „Ausgänge des Wandlers" gemäß Sprachgebrauch der vorliegenden Offenbarung die Eingänge im Hinblick auf den Energiefluss darstellen. Ferner ermöglicht dies, dass die Batterie über eine vergleichsweise geringe Spannung, die an den Ausgängen des Wandlers des KS-Moduls anliegt, geladen wird. Mit dem System der Erfindung ist es beispielsweise problemlos möglich, das Batteriesystem eines Elektro-

fahrzeugs, welches eine Spannung von beispielsweise 800 V liefern kann, mittels Solarstrom mit einer DC-Spannung von beispielsweise lediglich 48 V über das KS-Modul aufzuladen.

Man beachte, dass es sich bei dem System der Erfindung um ein „modulares" System handelt, weil es eine Vielzahl von hintereinander geschalteten Standardmodulen umfasst, die jeweils entweder ein Speicherelement für elektrische Energie, beispielsweise eine Batterie oder einen Kondensator, oder ein Energieumwandlungselement, beispielsweise eine Solarzelle oder eine Brennstoffzelle umfassen, das chemische bzw. Lichtenergie in elektrische Energie umwandeln kann. Es ist möglich, dass dasselbe System sowohl Speicherelemente für elektrische Energie als auch Energieumwandlungselemente umfasst. Tatsächlich kann sogar ein einzelnes Modul sowohl ein Speicherelement als auch ein Energieumwandlungselement enthalten. In der vorliegenden Offenbarung werden vorwiegend Ausführungsformen betrachtet, in denen nur Speicherelemente, also beispielsweise Batterien oder Batteriezellen, vorhanden sind. Gleichwohl ist es auch denkbar, dass das System ausschließlich Energieumwandlungselemente enthält. Da aber die Hauptanwendungen des Systems Fälle betreffen, in denen mindestens ein Speicherelement für elektrische Energie vorgesehen ist, wird das System als „Energiespeichersystem" bezeichnet, wobei hierunter im Sprachgebrauch der vorliegenden Offenbarung auch der Spezialfall enthalten sein soll, dass das System lediglich Energieumwandlungselemente umfasst.

Das Umrichtersystem kann als ein „Direktumrichtersystem" ausgeführt sein, das dazu eingerichtet ist, zumindest einen Teil der genannten Mehrzahl von Schaltern in Abhängigkeit von dem aktuellen Ladezustand der Speicherelemente bzw. der aktuellen Leistung oder Spannung der Energieumwandlungselemente in einem Energieabgabemodus derart anzusteuern, dass der Umrichterarm als Ganzes bereits eine gewünschte Spannung oder eine Phase einer gewünschten Spannung liefert, so dass kein weiterer Umrichter mehr benötigt wird. Wie oben erwähnt kann das System aber auch als HVDC-Umrichter oder dergleichen ausgeführt sein.

Vorzugsweise liegt beim Betrieb des Energiespeicher-Umrichtersystems zwischen den Ausgängen des Wandlers des KS-Moduls eine Spannung an, die kleiner ist als die Spannung des Umrichterarms, insbesondere eine Gleichspannung mit weniger als 120 V, vorzugsweise zwischen 10 und 48 V, oder eine Wechselspannung von weniger als 50 V. Sofern keine expliziten Spannungswerte angegeben sind, soll der Begriff „Kleinspannung" in der vorliegenden Offenbarung keine absoluten Werte der Spannung bezeichnen, sondern zum Ausdruck bringen, dass diese Spannung kleiner, beispielsweise um einen Faktor von mindestens 5, vorzugsweise von mindestens 10 kleiner ist als die Maximalspannung, die an dem Umrichterarm als Ganzes anliegt.

In einer vorteilhaften Weiterbildung hat jedes Standardmodul und das KS-Modul jeweils mindestens zwei erste Anschlüsse und mindestens zwei zweite Anschlüsse, wobei bei jeweils zwei benachbarten Modulen die ersten Anschlüsse des einen Moduls direkt oder über die genannte dazwischengeschaltete Komponente mit den zweiten Anschlüssen des anderen Moduls verbunden sind, und die Standardmodule und das KS-Modul so schaltbar sind, dass sich zwei Speicherelemente/Energieumwandlungselemente oder ein Speicherelement/Energieumwandlungselement und der Wandler in benachbarten Modulen wahlweise in Reihe oder parallel schalten lassen. Dabei sind die genannten Standardmodule vorzugsweise so ausgelegt und ansteuerbar, dass die Speicherelemente bzw. Energieumwandlungselemente von zwei Standardmodulen, die durch mindestens ein dazwischenliegendes Standardmodul mit deaktiviertem Speicherelement/Energieumwandlungselement getrennt sind, wahlweise parallel und in Reihe schaltbar sind.

Durch die Möglichkeit, Speicherelemente/Energiewandlungselemente wahlweise parallel zu schalten, lässt sich die Effizienz des Umrichtersystems wesentlich erhöhen. Darüber hinaus ist es von besonderem Vorteil, wenn eine Parallelschaltung auch zwischen Standardmodulen möglich ist, zwischen denen ein Standardmodul mit deaktiviertem Speicherelement/Energieumwandlungselement liegt, was die Flexibilität der Schaltung enorm erhöht und es außerdem möglich macht, einzelne Speicherelemente, die möglicherweise schadhaft sind, zu „überspringen", ohne die Funktionalität des Umrichtersystems als Ganzes zu beeinträchtigen.

In bevorzugten Ausführungsformen ist die interne Schaltung des KS-Moduls identisch aufgebaut wie diejenige eines Standardmoduls, außer dass anstelle des Energiespeichers/Energieumwandlungselementes der Wandler vorgesehen ist, wobei bei dem KS-Modul die Eingänge des Wandlers an die Stelle der Pole des Energiespeichers/Energieumwandlungselements des Standardmoduls treten. Dies erleichtert die Integration des KS-Moduls in das Umrichtersystem sowohl in struktureller, als auch in funktioneller und steuerungstechnischer Hinsicht.

In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst der Wandler des KS-Moduls einen DC/DC-Wandler, einen DC/AC-Wandler oder einen Gleichrichter, oder wird durch einen solchen gebildet.

Vorzugsweise sind die Eingänge des Wandlers KS-Moduls von den Ausgängen desselben galvanisch getrennt.

Vorzugsweise umfasst das Energiespeicher-Umrichtersystem mehrere KS-Module, die in unterschiedlichen Umrichterarmen vorgesehen sind, wobei vorzugsweise in jedem Umrichterarm mindestens ein KS-Modul vorgesehen ist. Obwohl die Kleinspannung grundsätzlich auch mit einem einzigen KS-Modul ausgekoppelt werden kann, hat sich die Verwendung mehrerer KS-Module aus zwei Gründen als vorteilhaft erwiesen. Der eine Grund ist eine erhöhte Ausfallsicherheit der Kleinspannungsversorgung. Der andere Grund besteht darin, dass über die KS-Module ein Ladungsausgleich zwischen unterschiedlichen Umrichterarmen über die Kleinspannungsleitung, also beispielsweise den DC-Bus möglich ist, unabhängig von der Topologie des Umrichters. Tatsächlich ist es bei bestimmten Topologien aufwendig, ineffizient oder gar nicht möglich, einen solchen Ladungsausgleich zwischen den Umrichterarmen zu bewerkstelligen. Dies wird durch die Verwendung von mindestens einem KS-Modul in jedem Umrichterarm, die durch ein Kleinspannungsnetz verbunden sind, auf einfache und wirksame Weise ermöglicht. Mithilfe der erfindungsgemäßen KS-Module ist sogar ein Ladungsaustausch zwischen Umrichterarmen an sich separater Umrichtersysteme möglich, beispielsweise in einem Elektrofahrzeug, welches zwei Motoren und zwei „an sich" (d.h. bis auf eine Kopplung über die Kleinspannungsleitungen und die KS-Module) separate Umrichtersysteme umfasst. In diesem Fall könnten die KS-Module, die in Umrichterarmen an sich separater Umrichter Systeme vorgesehen sind, über die Kleinspannungsleitungen verbunden sein, und damit einen Ladungsaustausch zwischen den Umrichtersystemen gestatten.

In einer vorteilhaften Weiterbildung umfasst das Energiespeicher-Umrichtersystem mehrere KS-Module, wobei die Ausgänge der jeweiligen Wandler der Mehrzahl von KS-Modulen miteinander parallel geschaltet sind. Dabei liegt vorzugsweise an den Ausgängen der Wandler der Mehrzahl von KS-Modulen eine Gleichspannung an, und die Ausgänge der jeweiligen Wandler der Mehrzahl von KS-Modulen sind parallel zu einer Batterie geschaltet. Bei dieser Batterie kann es sich beispielsweise um die eingangs genannte „Pufferbatterie" des Kleinspannungsnetzes bzw. „NS-Bus" handeln.

In einer vorteilhaften Weiterbildung umfasst das KS-Modul einen Energiespeicher, insbesondere eine Batterie oder einen Kondensator, die bzw. der zwischen die Ausgänge des Wandlers des KS-Moduls geschaltet ist. Dieser Energiespeicher kann beispielsweise als Pufferspeicher wirken. Dies ist besonders zweckmäßig, wenn keine „Pufferbatterie" im Kleinspannungsnetz bzw. NS-Bus vorgesehen ist, um Spannungsschwankungen des Wandlers zu glätten und schnelle Laständerungen abzupuffern.

Zusätzlich oder alternativ umfasst das KS-Modul einen Energiespeicher, insbesondere einen Kondensator, der zwischen die Eingänge des Wandlers des KS-Moduls geschaltet ist. Durch

einen Kondensator kann das KS-Modul auch dann eine PWM erzeugen, wenn keine Leistung ins Kleinspannungsnetz abgegeben werden soll. Ferner kann mit einem Kondensator die Spannung auf der Eingangsseite eines DC/DC-Wandlers stabilisiert werden. Wenn zwischen die Eingänge des Wandlers eine Batterie geschaltet ist, kann diese eine „Pufferbatterie" im Kleinspannungsnetz vollständig ersetzen.

In einer vorteilhaften Weiterbildung des Energiespeicher-Umrichtersystems kann durch das KS-Modul Energie bidirektional aus dem und in den Umrichterarm transferiert werden. Insbesondere können die Speicherelemente der Standardmodule des Umrichterarms von außen über das KS-Modul geladen werden. In dieser Ausführungsform dient das KS-Modul also nicht nur dazu, Kleinspannungen aus dem Umrichtersystem auszukoppeln, sondern auch zum Aufladen des Systems von außen. Dies ist speziell bei Anwendungen in der Elektromobilität von großer praktischer Bedeutung.

Vorzugsweise ist die Steuereinrichtung dazu eingerichtet, in einem Zustand, in dem Energie aus einem Umrichterarm abgegeben wird, die Eingänge des Wandlers des KS-Moduls antiseriell zu den energieabgebenden Speicherelementen in den Standardmodulen des Umrichterarms zu schalten. Dies hat zur Folge, dass sich die Ausgangsspannung des Umrichterarms gegenüber der Reihenschaltung der Energiespeicher der Standardmodule dieses Umrichterarms um die Spannung an den Eingängen des Wandlers reduziert.

Auf ähnliche Weise kann durch ein rasches Umschalten zwischen dem seriellen oder antiseriellen Modus einerseits und dem parallelen oder entkoppelten Modus andererseits der Ausgangsspannung des Umrichterarms eine PWM überlagert werden, wodurch die Ausgangsspannung geglättet werden kann, wie unten anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert wird. Dies bietet den weiteren Vorteil, dass die Standardmodule ihrerseits nicht zu einer PWM ausgelegt zu sein brauchen, was die Anforderungen an die Schaltfrequenz und die Steuerung der Schaltung der Standardmodule erheblich verringert. Grundsätzlich wäre es auch möglich, zur Erzeugung der überlagerten PWM zwischen dem seriellen und antiseriellen Modus des KS-Moduls umzuschalten, dies ist jedoch weniger bevorzugt, da dadurch die Speicherelemente der Standardmodule stark hochfrequent belastet würden.

Zusätzlich oder alternativ ist die Steuereinrichtung dazu eingerichtet, in einem Zustand, in dem Energie in den Umrichterarm zugeführt wird, die Eingänge des Wandlers des KS-Moduls seriell zu den energieaufnehmenden Speicherelementen in den Standardmodulen im Umrichterarm zu schalten, und/oder in einem Zustand, in dem weder Energie in den Umrichterarm zugeführt noch Energie aus dem Umrichterarm abgegeben wird, die Eingänge des Wandlers des KS-Moduls anti-seriell zu einem oder mehreren Speicherelementen in Stan-

dardmodulen des Umrichterarms zu schalten, und/oder in einem Zustand, in dem weder Energie in den Umrichterarm zugeführt noch Energie aus dem Umrichterarm abgeben wird, die Eingänge des Wandlers des KS-Moduls parallel zu einem oder mehreren Speicherelementen in Standardmodulen des Umrichterarms zu schalten.

Vorzugsweise ist die Steuereinrichtung dazu eingerichtet, zumindest einen Teil der genannten Mehrzahl von Schaltern in Abhängigkeit von dem aktuellen Ladezustand der Speicherelemente bzw. der aktuellen Leistung oder Spannung der Energieumwandlungselemente in einem Lademodus anzusteuern, um zumindest einen Teil der Speicherelemente durch eine externe am Umrichterarm anliegende AC- oder DC-Spannung aufzuladen. Gemäß dieser Ausführungsform wird kein zusätzlicher Ladeumrichter verwendet, wie er beispielsweise gegenwärtig bei Elektroautos benötigt wird. Das System der Erfindung kann im Grunde durch beliebige externe Spannungen effizient aufgeladen werden. Dies hat beispielsweise bei der Verwendung in Elektroautomobilen einen großen Vorteil, weil kein zusätzlicher Ladeumrichter im Fahrzeug vorhanden sein muss, bzw. weil keine Ladestationen mit einem solchen Ladeumrichter benötigt werden, was die Flexibilität enorm erhöht. Stattdessen kann das Elektroauto z. B. wahlweise, je nach Verfügbarkeit, mit Drehstrom mit einer effektiven Spannung von 400 V oder mit 230 V Wechselspannung geladen werden.

Vorzugsweise ist das Speicherelement/Energieumwandlungselement eines Standardmoduls durch eine Stellung seiner zugehörigen Schalter, in der mindestens einer der Pole des Speicherelements/Energieumwandlungselements mit keinem der ersten und zweiten Anschlüsse verbunden ist, deaktivierbar. Grundsätzlich sind viele Möglichkeiten denkbar, ein Speicherelement/Energieumwandlungselement deaktivierbar zu machen, und die Erfindung ist auf keine spezielle Schaltung beschränkt. Als vorteilhaft haben sich jedoch solche Systeme erwiesen, bei denen einer der Pole des Speicherelements/Energieumwandlungselements durch einen zugehörigen Schalter vom Rest des Standardmoduls abkoppelbar ist. Dies erlaubt die gewünschte Funktionalität mit einer vergleichsweise geringen Anzahl an Schaltern. Vorzugsweise ist einer der Pole des Speicherelements/Energieumwandlungselements durch einen zugehörigen Schalter vom Rest des Standardmoduls abkoppelbar.

In vorteilhaften Ausführungsformen sind die Standardmodule in allen vier Quadranten der Strom-Spannungsebene betreibbar. Dabei sind die Standardmodule vorzugsweise so ausgelegt und ansteuerbar, dass die Speicherelemente/Energieumwandlungselemente zweier benachbarter Module

- in Reihe mit gleicher Polarität,
- in Reihe mit entgegengesetzter Polarität, und

- parallel mit gleicher Polarität

geschaltet werden können.

In alternativen Ausführungsformen können die Standardmodule nur in zwei Quadranten der Strom-Spannungsebene betrieben werden. Dafür ist aber eine Zusatzschaltung vorgesehen, durch die eine Kette von hintereinandergeschalteten Zwei-Quadrantenmodulen als Ganzes umgepolt werden kann. Die genannten Vier-Quadrantenmodule können zumindest teilweise durch eine umpolbare Kette von mindestens zwei Zwei-Quadrantenmodulen gebildet sein. Ein KS-Modul kann dann in die Kette der 2-Quadrantenmodule eingefügt werden und ähnlich aufgebaut sein, wie ein 2-Quadrantenmodul, oder als 4-Quadranten Modul außerhalb der Kette vorgesehen sein. Konkrete Beispiele sind in der eingangs genannten DE 10 2014 110 410 A1 offenbart und im Detail beschrieben, und werden durch Bezugnahme in die vorliegende Offenbarung aufgenommen.

In vorteilhaften Ausführungsformen sind die mindestens zwei äußeren Anschlüsse in dem ersten und/oder letzten Modul des Umrichterarms miteinander verbunden.

Vorzugsweise enthält das Energiespeicher-Umrichtersystem zwei, drei, vier, fünf oder mehr Umrichterarme.

Vorzugsweise sind die mindestens zwei äußeren Anschlüsse im ersten und/oder letzten Modul eines Umrichterarms separat mit mindestens zwei äußeren Anschlüssen eines Moduls eines angrenzenden Umrichterarms verbunden. Hierbei kann das „Modul“ sowohl das Standardmodul als auch das KS-Modul bezeichnen.

Vorzugsweise sind die genannten zwei, drei, vier, fünf oder mehr Umrichterarme in einer Sterntopologie oder in einer Ringtopologie miteinander verschaltet. Dabei sind die zwei, drei, vier, fünf oder mehr Umrichterarme vorzugsweise derart in einer Ringtopologie verschaltet, dass die mindestens zwei äußeren Anschlüsse eines jeden Umrichterarms separat mit den mindestens zwei äußeren Anschlüssen des angrenzenden Umrichterarms verbunden sind. Ferner ist die Steuereinrichtung dazu eingerichtet, zumindest einen Teil der genannten Mehrzahl von Schaltern so anzusteuern, dass mindestens zwei voneinander unabhängige Ringströme durch den Ring aus Umrichterarmen fließen können. Hierbei kann beispielsweise der eine Ringstrom zum Ausgleich einer Asymmetrie eines entsprechenden mehrphasigen Netzes genutzt werden. Beispielsweise sind die drei Ströme eines dreiphasigen Netzes auf Grund einer unsymmetrischen Last vom Betrag her nicht gleich groß. Der Ringstrom der Ringtopologie ermöglicht hierbei einen Leistungstransfer der Phasen untereinander in der Weise, dass die Ströme aus Sicht der Quelle betragsgleich erscheinen. Der zweite Ringstrom

kann zum Ausgleich der Ladungszustände einzelner Speicher-/Energieumwandlungselemente – auch über die Phasen des Umrichters hinweg – genutzt werden.

Vorzugsweise sind die Schalter zumindest überwiegend durch Halbleiterelemente, insbesondere FETs, IGBTs, IGCTs oder Thyristoren gebildet.

In bevorzugten Ausführungsformen sind die Speicherelemente durch eines oder mehrere der folgenden Elemente gebildet:

- einen Kondensator,
- eine Batteriezelle,
- eine Redox-Flowzelle.

Vorzugsweise sind die Energiewandlungselemente durch Solarzellen, Brennstoffzellen oder Thermoelemente gebildet.

Vorzugsweise ist die Steuereinrichtung geeignet, Gruppen von Standardmodulen zu bestimmen, deren Speicherelemente parallel zu schalten sind,
wobei die Steuereinrichtung dazu eingerichtet ist, zumindest einen Teil der genannten Mehrzahl von Schaltern in Abhängigkeit von dem aktuellen Ladezustand der Speicherelemente derart anzusteuern, dass vor dem Parallelschalten der Speicherelemente der Standardmodule der Gruppe die Spannungen oder Ladezustände der Speichermodule angeglichen werden, indem

- während eines Ladevorgangs Standardmodule oder Standardmodul-Untergruppen, die eine geringere Spannung bzw. einen geringeren Ladezustand aufweisen, bevorzugt geladen werden, und/oder
- während eines Energieabgabemodus Standardmodule oder Standardmodule-Untergruppen, die eine hohe Spannung bzw. einen hohen Ladezustand aufweisen, bevorzugt entladen werden.

Auf diese Weise können die Ladezustände der Module angeglichen werden, ohne dass Ladung von einem Modul zu einem anderen Modul umgeladen werden müsste, was unvermeidlich zu Verlusten führen würde. Damit kann erreicht werden, dass sämtliche Speicherelemente in einem erfindungsgemäßen System zu jedem Zeitpunkt sehr ähnliche Ladezustände aufweisen. Damit bestimmt nicht - wie bei bisherigen Batteriesystemen - diejenige Zelle mit der geringsten Kapazität die beiden Gesamtladezustände "voll" oder "leer"; stattdessen kann die entsprechende Gesamtkapazität eines solchen Systems wesentlich besser genutzt werden.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft einen elektrischen Antrieb für ein Fahrzeug, umfassend ein modulares Energiespeicher-Umrichtersystem nach einer der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen, und
ein Niederspannungs-Bordnetz, welches zur Versorgung von Verbrauchern des Fahrzeugs bestimmt ist, wobei das Niederspannungs-Bordnetz über mindestens ein KS-Modul von dem Energiespeicher-Umrichtersystem mit Energie versorgt wird.

In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das modulare Energiespeicher-Umrichtersystem drei Umrichterarme, die im Betrieb jeweils eine Phase der Drehstrom-Versorgung eines Elektromotors bereitstellen.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Auskoppeln einer Spannung aus einem modularen Energiespeicher-Umrichtersystem nach einer der oben beschriebenen Ausführungsformen oder zum Laden der Speicherelemente der Standardmodule eines solchen modularen Energiespeicher-Umrichtersystems , bei dem die Standardmodule und das KS-Modul so geschaltet werden, dass an den Ausgängen des Wandlers eine gewünschte auszukoppelnde Spannung anliegt, oder dass zumindest ein Teil der Speicherelemente der Standardmodule durch eine Spannung, die an den Ausgängen des Wandlers des KS-Moduls anliegt, geladen werden.

Vorzugsweise liegt zwischen den Ausgängen des Wandlers des KS-Moduls eine Spannung an, die kleiner ist als die Spannung des Umrichterarms, insbesondere eine Gleichspannung mit weniger als 120 V, vorzugsweise zwischen 10 und 48 V, oder eine Wechselspannung von weniger als 50 V.

Vorzugsweise umfasst jedes Standardmodul und das KS-Modul jeweils mindestens zwei erste Anschlüsse und mindestens zwei zweite Anschlüsse,
wobei bei jeweils zwei benachbarten Modulen die ersten Anschlüsse des einen Moduls direkt oder über die genannte dazwischen geschaltete Komponente mit den zweiten Anschlüssen des anderen Moduls verbunden sind,

und die Standardmodule und das KS-Modul in einem Schaltzustand so geschaltet werden, dass zwei Speicherelemente/Energieumwandlungselemente oder ein Speicherelement/Energieumwandlungselement und der Wandler in benachbarten Modulen in Reihe geschaltet sind, und

die Standardmodule und das KS-Modul in einem anderen Schaltzustand so geschaltet werden, dass zwei Speicherelemente/Energieumwandlungselemente oder ein Speicherele-

ment/Energieumwandlungselement und der Wandler in benachbarten Modulen parallel geschaltet sind.

Dabei werden die genannten Standardmodule vorzugsweise so angesteuert, dass die Speicherelemente bzw. Energieumwandlungselemente von zwei Standardmodulen, die durch mindestens ein dazwischenliegendes Standardmodul mit deaktiviertem Speicherelement/Energieumwandlungselement getrennt sind, parallel geschaltet sind.

In einer vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens sind mehrere KS-Module in unterschiedlichen Umrichterarmen vorgesehen, wobei die KS-Module so geschaltet werden, dass ein Ladungsausgleich zwischen den unterschiedlichen Umrichterarmen über die Kleinspannungsleitungen bewirkt wird, insbesondere zwischen Umrichterarmen an sich separater Umrichtersysteme.

Vorzugsweise wird in einem ersten Betriebszustand Energie aus dem Umrichterarm durch das KS-Modul ausgeleitet, und in einem zweiten Betriebszustand Energie durch das KS-Modul Energie in den Umrichterarm transferiert, insbesondere um die Energiespeicher der Standardmodule des Umrichterarms von außen über das KS-Modul zu laden,
insbesondere mit einer DC-Spannung, die durch eine Photovoltaikanlage bereitgestellt und an die Ausgänge des Wandlers angelegt wird.

Vorteilhaft ist ferner eine Weiterbildung des Verfahrens, bei der

- in einem Zustand, in dem Energie aus einem Umrichterarm abgegeben wird, die Eingänge des Wandlers des KS-Moduls anti-seriell zu den energieabgebenden Speicherelementen in den Standardmodulen des Umrichterarms geschaltet werden, und/oder

- in einem Zustand, in dem Energie in den Umrichterarm zugeführt wird, die Eingänge des Wandlers des KS-Moduls seriell zu den energieaufnehmenden Speicherelementen in den Standardmodulen im Umrichterarm geschaltet werden, und/oder

- in einem Zustand, in dem weder Energie in den Umrichterarm zugeführt noch Energie aus dem Umrichterarm abgegeben wird, die Eingänge des Wandlers des KS-Moduls anti-seriell zu einem oder mehreren Speicherelementen in Standardmodulen des Umrichterarms geschaltet werden, und/oder

- in einem Zustand, in dem weder Energie in den Umrichterarm zugeführt noch Energie aus dem Umrichterarm abgeben wird, die Eingänge des Wandlers des KS-Moduls parallel zu

einem oder mehreren Speicherelementen in Standardmodulen des Umrichterarms geschaltet werden, und/oder

- der Ausgangsspannung des Umrichterarms durch Umschalten zwischen dem seriellen oder anti-seriellen Modus des KS-Moduls einerseits und dem parallelen oder entkoppelten Modus des KS-Moduls andererseits eine PWM überlagert wird, wobei die Schalter des KS-Moduls vorzugsweise mit einer höheren Schaltfrequenz geschaltet werden, als die Schalter der Standardmodule.

Vorzugsweise wird in einem Lademodus zumindest ein Teil der Speicherelemente durch eine externe am Umrichterarm anliegende AC- oder DC-Spannung aufgeladen.

Vorzugsweise sind zwei, drei, vier, fünf oder mehr Umrichterarme derart in einer Ringtopologie verschaltet, dass die mindestens zwei äußeren Anschlüsse eines jeden Umrichterarms separat mit den mindestens zwei äußeren Anschlüssen des angrenzenden Umrichterarms verbunden sind,
wobei Standardmodule so geschaltet werden, dass mindestens zwei voneinander unabhängige Ringströme durch den Ring aus Umrichterarmen fließen.

Vorzugsweise wird das modulare Energiespeicher-Umrichtersystem in einem Antrieb für ein Elektrofahrzeug verwendet, wobei ein Niederspannungs-Bordnetz über mindestens ein KS-Modul von dem Energiespeicher-Umrichtersystem mit Energie versorgt wird, wobei das Niederspannungs-Bordnetz zur Versorgung von Verbrauchern des Fahrzeugs verwendet wird.

In einer vorteilhaften Weiterbildung werden die Energiespeicher des modularen Energiespeicher-Umrichtersystems über das Bordnetz und das mindestens eine KS-Modul geladen.

KURZBESCHREIBUNG DER FIGUREN

Fig. 1 ist eine schematische Darstellung eines Energiespeicher-Umrichtersystems nach einer Ausführungsform der Erfindung mit einem einzigen Umrichterarm.

Fig. 2 zeigt eine konkrete Ausgestaltung der Standardmodule und des KS-Moduls in einem Umrichterarm eines Energiespeicher-Umrichtersystems nach einer Ausführungsform der Erfindung.

Fig. 2A zeigt ein vereinfachtes KS-Modul zum Auskoppeln einer Wechselspannung, das zwei erste und zwei zweite Anschlüsse umfasst.

Fig. 2B zeigt ein weiteres vereinfachtes KS-Modul zum Auskoppeln einer Wechselspannung, das zwei erste und zwei zweite Anschlüsse umfasst.

Fig. 2C zeigt noch ein weiteres vereinfachtes KS-Modul zum Auskoppeln einer Wechselspannung, ähnlich demjenigen von Fig. 2A, das jedoch lediglich einen ersten und einen zweiten Anschluss umfasst.

Fig. 3 zeigt eine weitere konkrete Ausgestaltung der Standardmodule und des KS-Moduls in einem Umrichterarm eines Energiespeicher-Umrichtersystems nach einer Ausführungsform der Erfindung.

Fig. 4 zeigt eine weitere konkrete Ausgestaltung der Standardmodule und des KS-Moduls in einem Umrichterarm eines Energiespeicher-Umrichtersystems nach einer Ausführungsform der Erfindung.

Fig. 5 zeigt eine weitere konkrete Ausgestaltung der Standardmodule und des KS-Moduls in einem Umrichterarm eines Energiespeicher-Umrichtersystems nach einer Ausführungsform der Erfindung, bei der jedes Modul nur einen ersten und einen zweiten Anschluss umfasst.

Fig. 6 zeigt einen elektrischen Antrieb für ein Fahrzeug nach einer Ausführungsform der Erfindung.

Fig. 7 zeigt einen elektrischen Antrieb für ein Fahrzeug nach einer weiteren Ausführungsform der Erfindung.

Fig. 8 zeigt den Aufbau eines Energiespeicher-Umrichtersystems nach einer Ausführungsform der Erfindung.

Fig. 9 zeigt einen elektrischen Antrieb für ein Fahrzeug nach einer weiteren Ausführungsform der Erfindung.

Fig. 10 zeigt ein Flussdiagramm, welches den Betrieb eines Energiespeicher-Umrichtersystems nach einer Ausführungsform der Erfindung illustriert.

Fig. 11 zeigt den zeitlichen Verlauf einer beispielhaften Ausgangsspannung eines Umrichterarms, der die PWM durch ein KS-Modul überlagert ist

Fig. 12-16 zeigen Vier-Quadranten-Module mit zwei ersten und zwei zweiten Anschlüssen.

Fig. 17-22 zeigen Vier-Quadranten-Module mit drei ersten und drei zweiten Anschlüssen.

Fig. 23-24 zeigen Zwei-Quadranten-Module mit zwei ersten und zwei zweiten Anschlüssen.

Fig. 25-26 zeigen Zwei-Quadranten-Module mit drei ersten und drei zweiten Anschlüssen sowie mit einer zusätzlichen Schaltung zum Umpolen einer Hintereinanderschaltung solcher Module.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

Zum besseren Verständnis der vorliegenden Erfindung wird im Folgenden auf das in den Zeichnungen dargestellte bevorzugte Ausführungsbeispiel Bezug genommen, das anhand spezifischer Terminologie beschrieben ist. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass der Schutzumfang der Erfindung dadurch nicht eingeschränkt werden soll, da derartige Veränderungen und weitere Modifizierungen an der gezeigten Vorrichtung und dem Verfahren sowie derartige weitere Anwendungen der Erfindung, wie sie darin aufgezeigt sind, als übliches derzeitiges oder künftiges Fachwissen eines zuständigen Fachmanns angesehen werden.

Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines modularen Energiespeicher-Umrichtersystems 10 nach einer Ausführungsform der Erfindung. Das System 10 umfasst einen Umrichterarm 12, der eine Mehrzahl von hintereinander geschalteten Standardmodulen (SM) 14 umfasst. Obwohl dies in Fig. 1 nicht gezeigt ist, versteht es sich, dass die Anzahl an Standardmodulen 14 in einem Umrichterarm 12 in praktischen Anwendungen durchaus über 100, in manchen Anwendungen über 1000 und sogar mehrere 1000 betragen kann. Jedes der SM 14 hat zwei erste Anschlüsse 16 und zwei zweite Anschlüsse 18. Bei jeweils zwei benachbarten SM 14 sind die ersten Anschlüsse 16 des einen SM direkt mit den zweiten Anschlüssen 18 des benachbarten SM verbunden. Anstelle einer direkten Verbindung, wie sie in Fig. 1 gezeigt ist, können jedoch Anschlüsse benachbarter Module auch indirekt über eine dazwischengeschaltete Komponente verbunden sein.

Jedes der SM 14 enthält ein Speicherelement für elektrische Energie, insbesondere eine Batterie, oder ein Energieumwandlungselement (in Fig. 1 nicht gezeigt), und eine Mehrzahl von Schaltern (in Fig. 1 nicht gezeigt). Unter Batterie kann dabei wiederum eine einzelne Zelle bzw. eine Parallel- und/oder Reihenschaltung von Zellen eines Akkumulators verstanden werden.

Ferner umfasst das System 10 von Fig. 1 eine Steuerung 20, die dazu eingerichtet ist, Informationen bezüglich des aktuellen Ladezustandes der Speicherelemente (nicht gezeigt) bzw. bezüglich der Spannung oder Leistung der Energieumwandlungselemente (nicht gezeigt) zu erhalten. Zudem ist die Steuereinrichtung 20 geeignet, zumindest einen Teil der genannten Mehrzahl von Schaltern in Abhängigkeit von dem aktuellen Ladezustand der Speicherelemente bzw. der aktuellen Leistung oder Spannung der Energieumwandlungselemente in einem Energieabgabemodus derart anzusteuern, dass der Umrichterarm 12 als Ganzes eine gewünschte Spannung zwischen seinen Endanschlüssen 22 liefert. An den Endanschlüssen 22 werden in dem Ausführungsbeispiel von Fig. 1 die ersten Anschlüsse 16 des am weitesten links stehenden Moduls 14 und die zweiten Anschlüsse 18 des am weitesten rechts stehenden Moduls 14 zusammengeführt, und die anliegende Spannung wird abgegriffen. Die in Fig. 1 dargestellten Verbindungen von der Steuereinrichtung 20 zu den einzelnen Modulen 14 sind symbolisch zu verstehen. Es kann sich hierbei um jeweils eine oder mehrere Leitungen zu den Modulen 14 handeln oder um eine Funkverbindung; weiterhin kann die Steuereinrichtung 20 auch über einen Datenbus mit einem oder mehreren Modulen verbunden sein, so dass Steuerinformationen über den Datenbus zu weiteren Modulen weitergereicht werden können. Die Steuereinrichtung 20 kann die Mehrzahl von Schaltern auch in einem Ladezustand so ansteuern, dass eine Energieaufnahme bei gegebenem Spannungsniveau an den Endanschlüssen 22 möglich ist.

Wie unten anhand konkreter Ausführungsbeispiele im Detail erläutert wird, sind die SM 14 in den bevorzugten Ausführungsformen so ausgelegt, und ansteuerbar, dass

- das Speicherelement bzw. Energieumwandlungselement eines SM 14 wahlweise deaktiviert werden kann, und
- dass die Speicherelemente bzw. Energieumwandlungselemente von zwei SM 14, die durch mindestens ein dazwischenliegendes Modul 14 mit deaktiviertem Speicherelement/Energieumwandlungselement getrennt sind, wahlweise parallel und in Reihe schaltbar sind.

In diesem Zusammenhang bedeutet das „Deaktivieren" eines Speicherelements/Energieumwandlungselementes, dass das betreffende Element nicht am Energieabgabeprozess oder einem Ladeprozess beteiligt ist. Durch die Fähigkeit, einzelne deaktivierte Module 14 zu „überspringen" und gleichwohl solche Module 14, die durch deaktivierte Module getrennt sind, wahlweise parallel und in Reihe zu schalten, können quasi beliebige Spannungsverläufe als Ausgabe an den Anschlüssen 22 erzeugt werden, und das System 10 kann durch praktisch beliebige an den äußeren Anschlüssen 22 anliegende Spannungen, egal ob DC oder AC, geladen werden, und zwar in beiden Fällen so, dass ein verlustbehaftetes Umladen zwischen den Modulen 14 vermieden werden kann. Man beachte, dass in der folgenden Beschreibung die Begriffe „Parallel-" bzw. „Reihenschaltung" von Modulen bedeuten sollen, dass die betreffenden Speicherelemente für elektrische Energie bzw. Energieumwandlungselemente parallel- bzw. in Reihe geschaltet sind.

Wie weiter in Fig. 1 gezeigt ist, enthält der Umrichterarm 12 ein KS-Modul 40. Das KS-Modul 40 hat, genauso wie ein Standardmodul (SM) 14, zwei erste Anschlüsse 42 und zwei zweite Anschlüsse 44. Das KS-Modul ist auf die gleiche Weise in den Umrichterarm 12 integriert, wie ein SM 14. Dies bedeutet, dass die ersten Anschlüsse 42 des KS-Moduls 40 mit den zweiten Anschlüssen 18 des einen benachbarten SM 14 verbunden sind, und seine zweiten Anschlüsse 44 mit den ersten Anschlüssen 16 des anderen benachbarten SM 14 verbunden sind.

Das KS-Modul 40 umfasst ferner einen Wandler 46 mit zwei Eingängen 48 und zwei Ausgängen 50. In der gezeigten Ausführungsform handelt es sich bei dem Wandler 46 um einen DC-DC-Wandler. Wie unten anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert wird, sind die Standardmodule 14 und das KS-Modul 40 so schaltbar, dass die Eingänge 48 des Wandlers 46 wahlweise mit dem Speicherelement (nicht gezeigt) eines benachbarten SM 14 seriell verschaltet werden können, anti-seriell verschaltet werden können, oder von dem Speicherelement entkoppelt, insbesondere galvanisch getrennt werden können. Die Ausgänge des Wandlers 46 sind mit einem DC-Bus 60 verbunden, der ein Beispiel der eingangs genannten Kleinspannungs-Leitung repräsentiert. Über den DC-Bus 60 wird eine Niederspannungs-Stromquelle 62, im gezeigten Ausführungsbeispiel eine Batterie 62 versorgt.

In Fig. 2 sind konkrete Ausgestaltungen der SM 14 und eines KS-Moduls 40 mehr im Detail gezeigt. Wie in Fig. 2 zu sehen ist, enthält jedes SM 14 ein Speicherelement 26 für elektrische Energie, bei dem es sich beispielsweise um eine aufladbare Batterie bzw. einen Akkumulator handeln kann. Es versteht sich, dass auch andere Speicherelemente möglich sind, beispielsweise ein Kondensator oder eine Reddox-Flow-Zelle. Ferner versteht sich, dass anstelle der Speicherelemente 26 auch Energieumwandlungselemente zum Einsatz kommen können,

beispielsweise Solarzellen, Brennstoffzellen oder Thermoelemente, ohne dass hierauf in der folgenden Beschreibung explizit hingewiesen wird.

Das SM 14 von Fig. 2 umfasst neun Schalter 28, die hier der Einfachheit halber durch ein generisches Symbol repräsentiert sind. In machen Ausführungsformen können die Schalter 28 durch einen MOSFET 30 und eine Freilaufdiode 32 gebildet werden, s. Fig. 3. Es versteht sich jedoch, dass auch andere Schalter zur Anwendung kommen können, insbesondere IGBTs, IGCTs oder Thyristoren. Es versteht sich, dass alle diese Möglichkeiten in jeder Ausführungsform zur Anwendung kommen können, sofern dies mit der Schaltungstopologie vereinbar ist.

Das SM 14 von Fig. 2 ist operativ mit einer Steuerungseinrichtung (in Fig. 2 nicht gezeigt) verbunden, die der Steuerungseinrichtung 20 von Fig. 1 entspricht. Diese Steuerungseinrichtung empfängt Informationen bezüglich des aktuellen Ladezustandes des Speicherelements 26 bzw. der aktuellen Leistung oder Spannung, falls anstelle des Speicherelements 26 ein Energieumwandlungselement vorhanden ist. Ferner ist diese Steuerungseinrichtung 20 geeignet, die Schalter 28 des Moduls 14 anzusteuern und dadurch zu betätigen.

Das SM 14 von Fig. 2 ist ein Vier-Quadranten-Modul, also ein Modul, das in allen vier Quadranten der Strom-Spannungs-Ebene betrieben werden kann. Wenn zwei der in Fig. 2 gezeigten SM 14 hintereinandergeschaltet werden, so können die entsprechenden Speicherelemente 26 dieser benachbarten Module

- in Reihe mit gleicher Polarität,
- in Reihe mit entgegengesetzter Polarität, und
- parallel mit gleicher Polarität

geschaltet werden. Ferner kann das Speicherelement 26 deaktiviert werden, indem der Schalter 28, der an dem in der Darstellung von Fig. 2 unteren Pol des Speicherelements 26 angrenzt, geöffnet wird.

Wenn eine Vielzahl von SM 14 wie in Fig. 2 gezeigt hintereinandergeschaltet ist, können die Speicherelemente 26 nicht nur benachbarter SM 14, sondern auch solche Module 14, die durch ein oder mehrere deaktivierte SM 14 getrennt sind, wahlweise in Reihe und parallel geschaltet werden.

Ferner ist in Fig. 2 zu sehen, dass das KS-Modul 40 sehr ähnlich aufgebaut ist, wie das SM 14. Der einzige Unterschied ist, dass anstelle des in einem SM 14 vorgesehenen Speicherelements 26 und des in der gezeigten Darstellung unmittelbar unten an das Speicherelement 26 angrenzenden Schalters 28 der Wandler 46 vorgesehen ist, wobei die Eingänge 48 des Wandlers 46 an die Stelle der Pole des Energiespeichers 26 des SM 14 treten. In Fig. 2 ist zudem einer der Schalter 28, der unmittelbar an einen der Eingänge 48 des Wanders 46 anschließt, gestrichelt gezeichnet, um anzudeuten, dass dieser Schalter optional auch weggelassen werden kann.

Wie weiter in Fig. 2 zu sehen ist, umfasst der Wandler 46 einen Transformator 56 und einen Gleichrichter 54. In dieser Ausführungsform entsprechen die beiden Enden der Primärspule des Transformators 56 somit den „Eingängen" 48 des Wandlers 46, der in dieser Variante als AC-DC-Wandler ausgeführt ist. Der Begriff „Eingang" 48 des Wandlers 46 weist also in erster Linie darauf hin, dass die zugehörigen Pole oder Anschlüsse „eingangsseitig" vorgesehen sind, und steht nicht im Widerspruch zu der Tatsache, dass in dieser Ausführungsform ein Strom in den einen Eingang 48 hinein und aus dem anderen Eingang 48 hinausfließt. Die Verwendung des Transformators 56 bewirkt, dass die Ausgänge 50 des Wandlers 46 von seinen Eingängen 48 galvanisch getrennt sind. Wie weiter in Fig. 2 zu erkennen ist, umfasst das KS-Modul 40 einen Energiespeicher 52, insbesondere eine Batterie oder einen Kondensator, die bzw. der zwischen die Ausgänge 50 des Wandlers 46 des KS-Moduls 40 geschaltet ist.

Man beachte, dass eine Reihe von Abwandlungen an dem KS-Modul 40 von Fig. 2 möglich sind. Beispielsweise ist es möglich, den Gleichrichter 54 wegzulassen, und stattdessen an den Ausgängen 50 des Wandlers 46 direkt eine AC-Spannung abzunehmen.

Wie oben erwähnt bietet das KS-Modul 40 von Fig. 2 alle erwähnten Möglichkeiten hinsichtlich der Parallelschaltung, Serienschaltung, anti-seriellen Schaltung und Entkopplung bzw. Deaktivierung. Für viele Ausführungsformen der Erfindung kommen aber auch vereinfachte KS-Module 40 infrage, wie sie in Fig. 2A bis 2C gezeigt sind.

Fig. 2A zeigt ein KS-Modul 40, bei dem der Wandler 46 durch eine Transformatoranordnung gebildet wird, bei der die Eingänge 48 des Wandlers 46 mit einer Primärspule und die Ausgänge 50 des Wandlers 46 mit einer Sekundärspule verbunden sind. Durch alternierendes Öffnen und Schließen der beiden Schalter 28 werden in einem ersten Schaltzustand die Eingänge 48 des Wandlers 46, d.h. die Enden der Primärspule, seriell mit den Energiespeichern der benachbarten Standardmodule 14 verbunden, sodass ein Strom durch die Primärspule fließt, und wird in einem zweiten Schaltzustand die Primärspule von dem Energiespeicher des in Fig. 2A linken Standardmoduls 14 entkoppelt, sodass kein Strom durch die Primärspu-

le fließt. Durch einen raschen Wechsel zwischen diesen beiden Schaltzuständen wird ein Wechselstrom in der Primärspule erzeugt, der über die Sekundärspule ausgekoppelt werden kann.

Man beachte, dass in Fig. 2A der eine Schalter 28 gestrichelt gezeichnet ist, um anzudeuten, dass dieser Schalter in bestimmten Ausführungsformen auch weggelassen werden kann. Wenn nämlich die Primärspule durch Schließen des anderen Schalters 28 kurzgeschlossen wird, fließt ohnehin praktisch kein Strom durch die Primärspule, sodass sie auch ohne zusätzlichen geöffneten Schalter effektiv als „entkoppelt" bzw. „deaktiviert" betrachtet werden kann.

Fig. 2B zeigt eine noch einfachere Ausführungsform mit lediglich einem Schalter 28, durch dessen Betätigung ein Wechselstrom in der Primärspule erzeugt werden kann. Abweichend von der Ausführungsform von Fig. 2A kann die Primärspule nicht kurzgeschlossen und auch nicht direkt überbrückt werden. Dies kann je nach Ausgestaltung der Standardmodule 14 akzeptabel sein, weil das KS-Modul 40 zwei erste und zwei zweite Anschlüsse 42, 44 hat, sodass ein Stromfluss durch das KS-Modul 40 auch außerhalb der Primärspule möglich ist, wie Fig. 2B zu entnehmen ist.

Fig. 2C zeigt eine Ausführungsform ähnlich derjenigen von Fig. 2A, die jedoch KS-Module 40 mit lediglich einem ersten und einem zweiten Anschluss 42, 44 betrifft.

Fig. 3 zeigt eine Abwandlung des Aufbaus von Fig. 2, bei der das KS-Modul 40 denselben „neunten" Schalter 28 umfasst, wie die SM 14, sodass das KS-PWM-Modul 40 dem SM 14 noch ähnlicher ist. Tatsächlich besteht die einzige Abwandlung darin, dass der Energiespeicher 26 des SM 14 durch die Primärwicklung des Transformators 56 ersetzt wird.

Fig. 4 zeigt noch eine weitere Abwandlung des Aufbaus von Fig. 2 bzw. Fig. 3: in der Darstellung von Fig. 4 wird der Wandler 46 durch einen DC-DC Wandler gebildet. In dieser Variante umfasst KS-Modul 40 einen Energiespeicher 58, im gezeigten Ausführungsbeispiel einen Kondensator, der zwischen die Eingänge 48 des Wandlers 46 geschaltet ist. Mit anderen Worten entspricht die Eingangsspannung des DC-DC-Wandlers 46 der Spannung, die an dem Energiespeicher 58 des KS-Moduls 40 anliegt. Man beachte, dass das KS-Modul 40 von Fig. 4 sämtliche Komponenten des Standardmoduls 14 von Fig. 4 enthält, sodass in diesem Fall das KS-Modul 40 als ein Spezialfall eines Standardmoduls betrachtet werden kann. Dies bedeutet, dass man abweichend von der Darstellung von Fig. 4 das gesamte System 10 auch ausschließlich aus derartigen KS-Modulen 40 aufbauen könnte. Die vorliegende Offenbarung

schließt somit nicht aus, dass die genannten Standardmodule und KS Module baulich identisch sind, sofern sie jeweils die hier definierten Bedingungen erfüllen.

Fig. 5 zeigt eine weitere Ausführungsform eines Umrichterarms 12 mit drei SM 14 und einem KS-Modul 40. In der Ausführungsform von Fig. 5 sind die Module 14, 40 einfacher aufgebaut und haben insbesondere jeweils nur einen ersten Anschluss 16 bzw. 42 und einen zweiten Anschluss 18 bzw. 44. Man erkennt aber erneut, dass das KS-Modul 40 im Grunde genauso aufgebaut ist, wie das SM 14, mit dem einzigen Unterschied, dass anstelle des Energiespeichers 26 ein Energiespeicher 58 vorgesehen ist, an dem eine Spannung anliegt, die die Eingangsspannung des DC-DC-Wandlers 46 bildet.

Die SM 14 sind von der Art, wie sie in dem Patent DE 10103031 von R. Marquardt, *"Stromrichterschaltungen mit verteilten Energiespeichern"* beschrieben sind. Diese SM 14 gestatten es nicht, die Energiespeicher wahlweise parallel zu schalten, stattdessen kann lediglich eine gewünschte Anzahl von SM 14 in Reihe geschaltet werden, und die restliche Anzahl der SM 14 deaktiviert werden, um so eine gewünschte Spannung an dem Umrichterarm 12 als Ganzes zu erhalten. Obwohl diese SM 14 in ihrer Funktionalität gegenüber den vorstehend beschriebenen SM 14 mit zwei ersten und zwei zweiten Anschlüssen 16,18 eingeschränkt sind, können sie aufgrund ihrer Einfachheit und der Tatsache, dass sie mit vergleichsweise wenig Schaltern 28 realisiert werden können, in praktischen Anwendungen von Bedeutung sein.

Fig. 6 zeigt eine Ausführungsform eines elektrischen Antriebs für ein Fahrzeug. Dieser Antrieb umfasst ein modulares Energiespeicher-Umrichtersystem 10 mit drei Umrichterarmen 12. Jeder Umrichterarm 12 enthält eine Vielzahl von SM 14, und ein KS-Modul 40 mit zugehörigem DC-DC-Wandler 46. Die Ausgänge 50 sämtlicher DC-DC Wandler sind über einen DC Bus 60 parallel geschaltet mit einer Batterie 62, über die sämtliche Verbraucher des Fahrzeuges, die nicht Teil des Antriebs sind, mit Leistung versorgt werden können. Wie weiter in Fig. 6 zu sehen ist, sind die zwei äußeren Anschlüsse im ersten und im letzten Modul 14, 40 eines jeden Umrichterarms 12 miteinander verbunden. Die drei Umrichterarme 12 bilden eine Dreiecks-Topologie, wobei an den Ecken des so gebildeten Dreiecks die drei Phasen eines Drehstroms erzeugt werden, mit dem ein Motor 70 angetrieben werden kann. Ferner ist ein Ladeanschluss 72 vorgesehen, über den das Energiespeicher-Umrichtersystem 10 aufgeladen werden kann. Es liegt in der Natur des Energiespeicher-Umrichtersystems 10, dass dieses Laden ohne zusätzlichen Ladeumrichter durchgeführt werden kann. Stattdessen kann das Energiespeicher-Umrichtersystem 10 prinzipiell durch jeden beliebigen Gleichstrom oder Wechselstrom geladen werden. In der Praxis relevant ist ein Ladevorgang mit einem einphasigen oder dreiphasigen Wechselstrom, oder mit Gleichstrom.

Wie Fig. 6 zu entnehmen ist, enthält in dieser Ausführungsform jeder Umrichterarm 12 ein eigenes KS-Modul 40, obwohl grundsätzlich ein einziges solches Modul 40 ausreichen könnte, um die Batterie 62 mit Kleinspannung bzw. Niederspannung, also typischerweise zwischen 10 und 20 V zu versorgen. Die Verwendung eines eigenen KS-Moduls 40 in jedem Umrichterarm 12 erhöht aber die Ausfallsicherheit der Kleinspannungsversorgung. Darüber hinaus lässt sich über die KS-Module 40 ein Ladungsausgleich zwischen unterschiedlichen Umrichterarmen 12 über den DC-Bus 60 erzielen.

Fig. 7 zeigt einen sehr ähnlichen Aufbau wie Fig. 6. Der einzige Unterschied besteht darin, dass in der Ausführungsform von Fig. 7 die Ausgänge 50 der Wandler 46 der KS-Module 40 nicht mit einem gemeinsamen DC-Bus verbunden sind, sondern mit unterschiedlichen Systemen verbunden sind. Bei diesen Systemen kann es sich um Verbraucher handeln, beispielsweise einen Motor 74, es kann sich aber auch um Solarzellen 76, Generatoren oder Brennstoffzellen handeln, über die Energie in das Energiespeicher-Umrichtersystem 10 eingeführt wird. Dies ist ohne weiteres möglich, weil die gezeigten KS-Module einen bidirektionalen Transfer von Energie in und aus dem Energiespeicher-Umrichtersystem 10 gestatten.

Fig. 8 zeigt eine weitere Ausführungsform, die ebenfalls drei Umrichterarme 12 enthält, in denen jeweils ein KS-Modul 40 vorgesehen ist, welches einen DC-DC-Wandler 46 enthält. Wie in der Ausführungsform von Fig. 6, sind auch in der Ausführungsform von Fig. 8 die Ausgänge 50 der Wandler 46 über einen DC-Bus 60 mit einer Batterie 62 parallel geschaltet. Allerdings weicht die Topologie der Umrichterarme 12 von der Dreieckstopologie von Fig. 6 ab: in Fig. 8 sind die einen Enden eines jeden Umrichterarms 12 miteinander verbunden, und liegen auf Massepotential. An den jeweiligen anderen Enden der Umrichterarme 12 liegen die drei Phasen eines Drehstroms an. Obwohl die Umrichterarme 12 in Fig. 8 parallel dargestellt sind, entspricht dies einer Sterntopologie.

Fig. 9 zeigt eine weitere Ausführungsform, die derjenigen von Fig. 6 ähnlich ist. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel werden abweichend von der Variante von Fig. 6 die Anschlüsse der Module 14 bzw. 40, die an den jeweiligen Enden der Umrichterarme 12 liegen, nicht zusammengeführt. Der Vorteil dieser Topologie besteht darin, dass zwei kontrollierte und voneinander unabhängige Ringströme geführt werden können, wobei der eine Ringstrom beispielsweise zum Ausgleich einer Asymmetrie des Verbrauchers genutzt werden kann, während der zweite Ringstrom zum Ausgleich der Ladungszustände einzelner Energiewandlungs-bzw. Speicherelemente – auch über die Phasen des Systems 10 hinweg – genutzt werden kann. Auch für das in Fig. 9 gezeigte Energiespeicher-Umrichtersystem 10 gilt, dass eine Ladung oder Entladung über nur zwei der drei Abgriffe 22 mit Wechselstrom oder Gleich-

strom erfolgen kann. Weiterhin lässt sich auch hier die Topologie auf eine beliebige Phasenzahl erweitern.

Fig. 10 zeigt ein Flussdiagramm, das den Betrieb des Energiespeicher-Umrichter Systems 10 nach einer Ausführungsform der Erfindung illustriert. In Schritt 80 wird der Ladezustand der Niederspannungsbatterie 62 geprüft. In Schritt 82 wird geprüft, ob die Niederspannungsbatterie 62 geladen werden muss. Wenn dies nicht der Fall ist, bedeutet dies, dass die KS-Module 40 einen Ruhezustand einnehmen können (Schritt 84), und der Ablauf kehrt zum Start zurück.

Wenn im Schritt 82 festgestellt wird, dass die NS-Batterie 62 geladen werden muss, wird im nachfolgenden Schritt 84 geprüft, ob die HV-Systemspannung größer ist als die Spannung des KS-Moduls 40. Hierbei ist die HV-Systemspannung die Spannung, die an den Endanschlüssen 22 eines Umrichterarms 12 anliegt. Falls dies nicht der Fall sein sollte, schreitet der Prozess zum Schritt 86 voran, in dem das KS-Modul 40 parallel zu allen verfügbaren Standardmodulen 14 des Systems 10 geschaltet wird. Andernfalls schreitet der Prozess zum Schritt 88 voran, in dem überprüft wird, ob der Umrichterarm 12 Energie abgibt. Falls dies der Fall ist, wird das KS-Modul in Schritt 90 anti-seriell zu benachbarten SM 14 geschaltet. Andernfalls wird das KS-Modul in Schritt 92 seriell zu benachbarten SM 14 geschaltet.

Nachfolgend wird in Schritt 94 festgestellt, ob eine Pulsweitenmodulation notwendig ist. Falls dies der Fall ist, führt das KS-Modul 40 in Schritt 96 die PWM durch. Andernfalls generiert das KS-Modul 40 in Schritt 98 Treppenstufen ohne PWM. Darauf kehrt der Prozess zum Start zurück und beginnt von neuem.

Fig. 11 zeigt den zeitlichen Verlauf einer beispielhaften Ausgangsspannung des Umrichterarms 12, der die PW-Modulation durch das KS-Modul 40 überlagert ist. Die Ausgangsspannung zeigt die typische Treppenstufen-Form, die sich ergibt, wenn eine diskrete Anzahl von Energiespeichern in den Standardmodulen 14 wahlweise in Reihe geschaltet werden. Diesen Treppenstufen wird wie in Fig. 11 gezeigt ein PWM-Signal überlagert, dass dadurch erzeugt wird, dass das KS-Modul 40 (genauer die Eingänge 48 des Wandlers 46 desselben) pulsweitenmoduliert abwechselnd seriell (oder anti-seriell) und parallel zu Energiespeichern 26 in benachbarten Standardmodulen 14 geschaltet wird. Dadurch ergibt sich insgesamt ein glatter sinusförmiger Verlauf. Anstatt zwischen seriell/anti-seriell und parallel kann auch zwischen seriell/anti-seriell und dem entkoppelten Modus umgeschaltet werden, der ebenso wie der parallele Modus die Ausgangsspannung des Umrichterarms 12 nicht beeinflusst.

Grundsätzlich wäre es denkbar, dass die Standardmodule 14 selbst zur PWM eingerichtet sind, sodass sie sich mit hoher Frequenz getaktet zu- und abschalten können und dadurch die Gesamtspannung im zeitlichen Mittel einem idealen Sinus angenähert wird. Dies hat aber den Nachteil, dass in diesem Fall sämtliche Standardmodule 14 mit der PWM Frequenz ansprechbar sein müssten, die typischerweise mindestens 20 kHz betragen müsste. Dies führt vor allem bei Systemen mit einer großen Anzahl von Modulen zu einer hohen Belastung des Regelungssystems. Bei batteriebasierten Systemen kommt hinzu, dass der resultierende hochfrequente Lade-Entlade-Strom schädlich für die Lebensdauer der Batterien ist. Insofern ist es besonders vorteilhaft, wenn die PWM wie in Fig. 11 gezeigt durch das KS-Modul 40 durchgeführt wird.

Vier-Quadranten-Module mit zwei ersten und zwei zweiten Anschlüssen

Neben den in Figuren 2 bis 5 konkret gezeigten Standardmodulen 14 sind noch eine Vielzahl andere Varianten möglich, von denen im Folgenden einige vorteilhafte kurz besprochen werden.

Fig. 12 – 16 zeigen Beispiele für Vier-Quadranten-Module mit jeweils zwei ersten und zwei zweiten Anschlüssen 16, 18.

Fig. 12 zeigt die Hintereinanderschaltung einer Mehrzahl von Standardmodulen 14, bei denen die Kombination aus MOSFET 30 und Freilaufdiode 32 durch ein einfaches Schaltersymbol ersetzt wurde. Ferner wurde in der Hintereinanderschaltung ein einzelnes Standardmodul 14 durch einen gestrichelten Kasten kenntlich gemacht.

Fig. 13 zeigt eine Hintereinanderschaltung von Standardmodulen 14 eines anderen Typs mit lediglich sechs Schaltern 28 pro Modul 14, wobei ein einzelnes SM 14 wiederum durch ein gestricheltes Kästchen gekennzeichnet ist. In dieser und den nachfolgenden Figuren werden die Bezugszeichen für die Schalter 28 und die Speicherelemente weggelassen, da sie für das Verständnis nicht benötigt werden.

Man beachte, dass der Begriff „Modul“ sowohl im Hinblick auf das Standardmodul 14 als auch das KS-Modul 40 in der vorliegenden Offenbarung breit zu verstehen ist. In manchen Ausführungsformen werden die Module 14, 40 zweckmäßigerweise separate Baugruppen sein, die miteinander kombiniert werden und einzeln ausgetauscht werden können. In anderen Ausführungsformen bestehen die Module 14, 40 jedoch lediglich aus Funktionseinheiten innerhalb einer Schaltung, ohne dass die Module 14, 40 baulich in irgendeiner Weise getrennt wären.

Das SM 14 von Fig. 13 enthält ebenfalls einen Schalter, über den ein Pol des Speicherelements vom Rest des Moduls abgekoppelt werden kann, um damit das Speicherelement zu deaktivieren.

Fig. 14 und 15 zeigen zwei weitere Vier-Quadranten-Module 14 mit jeweils zwei ersten und zwei zweiten Anschlüssen 16, 18 mit sieben bzw. sechs Schaltern pro Modul 14. Bei den Modulen 14 von Fig. 14 und 15 lässt sich gleichfalls das Speicherelement 26 deaktivieren, allerdings ist zu diesem Zweck kein Schalter vorgesehen, der unmittelbar an einen Pol des Speicherelements 26 angrenzt.

Schließlich zeigt. Fig. 16 eine Ausführungsform mit lediglich fünf Schaltern pro Standardmodul 14. In der in Fig. 16 gezeigten Ausführung gestatten die Standardmodule 14 jedoch nicht die Parallelschaltung von zwei Standardmodulen 14, die durch ein oder mehrere deaktivierte Standardmodule 14 getrennt sind. Fig. 16 weist jedoch auf die Möglichkeit hin, die Speicherelemente gegebenenfalls auf andere Art zu deaktivieren. Wenn es sich beispielsweise bei dem Speicherelement um eine Redox-Flow-Zelle handelt, kann diese deaktiviert werden, indem die Pumpe abgestellt wird. Auf diese Weise könnte also das Speicherelement gleichfalls durch Ansteuerung durch die Steuerungseinheit (nicht gezeigt) deaktiviert werden, jedoch nicht durch Schalten eines der hier explizit dargestellten Schalter.

Vier-Quadranten-Module mit drei ersten und drei zweiten Anschlüssen

Fig. 17 – 22 zeigen Ausführungsformen von Vier-Quadranten-Modulen, die jeweils drei erste Anschlüsse 16 und drei zweite Anschlüsse 18 aufweisen. Eine Verallgemeinerung auf mehr als drei erste bzw. zweite Anschlüsse ist für den Fachmann in Anbetracht der hier vorgestellten Prinzipien möglich. Man beachte, dass das SM 14 von Fig. 22, ähnlich wie dasjenige von Fig. 16 aufgrund der gezeigten Schalter 28 allein noch nicht in der Lage ist, SM 14, die durch ein oder mehrere deaktivierte SM 14 getrennt sind, parallel zu schalten. Die SM 14 von Fig. 16 und 17 sind an sich identisch, mit Ausnahme des ersten bzw. letzten Moduls der Kette.

Zwei-Quadranten-Module

Fig. 23 und 24 zeigen Ausführungsbeispiele für Zwei-Quadranten-Module mit jeweils zwei ersten und zwei zweiten Anschlüssen 16, 18.

Fig. 25 und 26 zeigen Ausführungsbeispiele für Zwei-Quadranten-Module mit jeweils drei ersten und drei zweiten Anschlüssen 16, 18.

Um die volle Funktionalität des Energiespeicher-Umrichtersystems 10 bereitzustellen, kann eine Kette von Zwei-Quadranten-Modulen durch eine Zusatzschaltung 34, wie sie in Fig. 25 und 26 gezeigt ist, als Ganzes umgepolt werden.

Die in der vorstehenden Beschreibung, in den Zeichnungen sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung wesentlich sein.

BEZUGSZEICHENLISTE

10	*Energiewandler-Umrichtersystem*
12	*Umrichterarm*
14	*Modul*
16	*erster Eingang*
18	*zweiter Eingang*
20	*Steuereinrichtung*
22	*äußerer Anschluss*
24	*Induktivität*
26	*Speicherelement*
28	*Schalter*
30	*MOSFET*
32	*Freilaufdiode*
34	*Umpolungsschaltung*
40	*KS-Modul*
42	*erster Anschluss des KS-Moduls*
44	*zweiter Anschluss des KS-Moduls*
46	*Wandler*
48	*Eingang des Wandlers 46*
50	*Ausgang des Wandlers 46*
52	*Energiespeicher*
54	*Gleichrichter*
56	*Transformator*
58	*Energiespeicher*
60	*DC-Bus*
62	*Batterie*
70	*Motor*
72	*Ladeanschluss*
80-98	*Schritte im Betrieb eines Energiespeicher-Umrichtersystems*

Ansprüche

1. Modulares Energiespeicher-Umrichtersystem (10), das Folgendes umfasst:
mindestens einen Umrichterarm (12), der eine Mehrzahl von hintereinander geschalteten Standardmodulen (14) umfasst,
wobei jedes der genannten Standardmodule (14)
- mindestens einen ersten Anschluss (16) und mindestens einen zweiten Anschluss (18),
- ein Speicherelement (26) für elektrische Energie, insbesondere eine Batterie, oder ein Energieumwandlungselement, und
- eine Mehrzahl von Schaltern (28) umfasst,

wobei bei jeweils zwei benachbarten Standardmodulen (14) aus den genannten Standardmodulen (14) der mindestens eine erste Anschluss (18) des einen Standardmoduls (14) direkt oder über eine dazwischen geschaltete Komponente mit dem mindestens einen zweiten Anschluss (18) des anderen Standardmodus (14) verbunden ist, und

eine Steuereinrichtung (20), die
- dazu eingerichtet ist, Informationen bezüglich des aktuellen Ladezustandes der Speicherelemente (26) bzw. Spannung oder Leistung der Energieumwandlungselemente zu erhalten, und
- die geeignet ist, zumindest einen Teil der genannten Mehrzahl von Schaltern (28) in Abhängigkeit von dem aktuellen Ladezustand der Speicherelemente (26) bzw. der aktuellen Leistung oder Spannung der Energieumwandlungselemente in einem Energieabgabemodus oder Energieaufnahmemodus derart anzusteuern, dass der Umrichterarm (12) als Ganzes eine gewünschte Spannung oder eine Phase einer gewünschten Spannung liefert,

dadurch gekennzeichnet, dass das Energiespeicher-Umrichtersystem mindestens ein Kleinspannungs -Modul (KS-Modul) (40) umfasst, wobei
- das KS-Modul ebensoviele erste und zweite Anschlüsse aufweist, wie ein Standardmodul (14),

- der mindestens eine erste Anschluss (42) des KS-Moduls (40) mit dem mindestens einen zweiten Anschluss (18) eines benachbarten Standardmoduls (14) und/oder der mindestens eine zweite Anschluss (44) des KS-Modul s (40) mit dem mindestens einen ersten Anschluss (16) eines benachbarten Standardmoduls (14) direkt oder über eine zwischengeschaltete Komponente verbunden ist, und

- das KS-Modul (40) einen Wandler (46) mit zwei Eingängen (48) und zwei Ausgängen (50) umfasst, wobei die Ausgänge (50) des Wandlers (46) mit zugehörigen Kleinspannungsleitungen (60), insbesondere NS-DC-Bussen verbunden sind,

wobei

die Standardmodule (14) und das KS-Modul so schaltbar sind, dass die Eingänge (48) des Wandlers (46) wahlweise mit dem Speicherelement/Energieumwandlungselement (26) eines benachbarten Standardmoduls (14)
- in einem ersten Schaltzustand seriell und/oder anti-seriell verschaltet werden können, und
- in einem zweiten Schaltzustand der Wandler (46) von dem Speicherelement/Energieumwandlungselement (26) entkoppelt werden kann,

und/oder

die Standardmodule (14) und das KS-Modul so schaltbar sind, dass die Eingänge (48) des Wandlers (46) wahlweise mit dem Speicherelement/Energieumwandlungselement (26) eines benachbarten Standardmoduls (14)
- in einem ersten Schaltzustand parallel geschaltet werden können, und
- in einem zweiten Schaltzustand der Wandler (46) von dem Speicherelement/Energieumwandlungselement (26) entkoppelt werden kann.

2. Energiespeicher-Umrichtersystem (10) nach Anspruch 1, bei dessen Betrieb zwischen den Ausgängen (50) des Wandlers des KS-Moduls (40) eine Spannung anliegt, die kleiner ist als die Spannung des Umrichterarms, insbesondere eine Gleichspannung mit weniger als 120 V, vorzugsweise zwischen 10 und 48 V, oder eine Wechselspannung von weniger als 50 V.

3. Energiespeicher-Umrichtersystem (10) nach Anspruch 1 oder 2, bei dem jedes Standardmodul (14) und das KS-Modul (40) jeweils mindestens zwei erste Anschlüsse (16, 42) und mindestens zwei zweite Anschlüsse (18, 44) umfasst,

wobei bei jeweils zwei benachbarten Modulen (14, 40) die ersten Anschlüsse (16, 42) des einen Moduls direkt oder über die genannte dazwischen geschaltete Komponente mit den zweiten Anschlüssen (18, 44) des anderen Moduls (14, 40) verbunden sind, und die Standardmodule (14) und das KS-Modul (40) so schaltbar sind, dass sich zwei

Speicherelemente/Energieumwandlungselemente (26) oder ein Speicherelement/Energieumwandlungselement (26) und der Wandler (46) in benachbarten Modulen (14, 40) wahlweise in Reihe oder parallel schalten lassen.

4. Energiespeicher-Umrichtersystem (10) nach Anspruch 3, wobei die genannten Standardmodule (14) so ausgelegt und ansteuerbar sind, dass die Speicherelemente (26) bzw. Energieumwandlungselemente von zwei Standardmodulen (14), die durch mindestens ein dazwischenliegendes Standardmodul (14) mit deaktiviertem Speicherelement/Energieumwandlungselement (26) getrennt sind, wahlweise parallel und in Reihe schaltbar sind.

5. Energiespeicher-Umrichtersystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die interne Schaltung des KS-Moduls (40) identisch aufgebaut ist wie diejenige eines Standardmoduls (14), außer dass anstelle des Energiespeichers/Energieumwandlungselementes (26) der Wandler (46) vorgesehen ist, wobei bei dem KS-Modul (40) die Eingänge (48) des Wandlers an die Stelle der Pole des Energiespeichers/Energieumwandlungselements (26) des Standardmoduls treten.

6. Energiespeicher-Umrichtersystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Wandler (46) des KS-Moduls (40) durch einen DC/DC-Wandler, einen DC/AC-Wandler oder einen Gleichrichter gebildet wird oder einen solchen umfasst.

7. Energiespeicher-Umrichtersystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Eingänge (48) des Wandlers des KS-Moduls (40) von den Ausgängen (50) desselben galvanisch getrennt sind

8. Energiespeicher-Umrichtersystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das mehrere KS-Module (40) umfasst, die in unterschiedlichen Umrichterarmen (12) vorgesehen sind, wobei vorzugsweise in jedem Umrichterarm (12) mindestens ein KS-Modul (40) vorgesehen ist, und/oder wobei mindestens zwei KS-Module (40) in Umrichterarmen (12) an sich separater Umrichtersysteme vorgesehen sind und die KS-Module (40) über die Kleinspannungsleitungen (60) miteinander verbunden sind, sodass ein Ladungsaustausch zwischen den genannten an sich separaten Umrichtersystemen über die Kleinspannungsleitungen (60) erfolgen kann.

9. Energiespeicher-Umrichtersystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das mehrere KS-Module (40) umfasst, wobei die Ausgänge (50) der jeweiligen Wandler der Mehrzahl von KS-Modulen (40) miteinander parallel geschaltet sind.

10. Energiespeicher-Umrichtersystem (10) nach Anspruch 9, bei dem an den Ausgängen (50) der Wandler (46) der Mehrzahl von KS-Modulen (40) eine Gleichspannung anliegt, und die Ausgänge (50) der jeweiligen Wandler (46) der Mehrzahl von KS-Modulen (40) parallel zu einer Batterie (62) geschaltet sind.

11. Energiespeicher-Umrichtersystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das KS-Modul (40) einen Energiespeicher (52) umfasst, insbesondere eine Batterie oder einen Kondensator, die bzw. der zwischen die Ausgänge (50) des Wandlers (46) des KS-Moduls (40) geschaltet ist.

12. Energiespeicher-Umrichtersystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das KS-Modul (40) einen Energiespeicher (58), insbesondere einen Kondensator umfasst, der zwischen die Eingänge (48) des Wandlers (46) des KS-Moduls (40) geschaltet ist.

13. Energiespeicher-Umrichtersystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem durch das KS-Modul (40) Energie bidirektional aus dem und in den Umrichterarm (12) transferiert werden kann, und insbesondere die Energiespeicher (26) der Standardmodule (14) des Umrichterarms (12) von außen über das KS-Modul (40) geladen werden können.

14. Energiespeicher-Umrichtersystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Steuereinrichtung (20) dazu eingerichtet ist,
- in einem Zustand, in dem Energie aus einem Umrichterarm (12) abgegeben wird, die Eingänge (48) des Wandlers (46) des KS-Moduls (40) anti-seriell zu den energieabgebenden Speicherelementen (26) in den Standardmodulen (14) des Umrichterarms (12) zu schalten, und/oder

- in einem Zustand, in dem Energie in den Umrichterarm (12) zugeführt wird, die Eingänge (48) des Wandlers (46) des KS-Moduls (40) seriell zu den energieaufnehmenden Speicherelementen (26) in den Standardmodulen (14) im Umrichterarm (12) zu schalten, und/oder

- in einem Zustand, in dem weder Energie in den Umrichterarm (12) zugeführt noch Energie aus dem Umrichterarm (12) abgegeben wird, die Eingänge (48) des Wandlers (46) des KS-Moduls (40) anti-seriell zu einem oder mehreren Speicherelementen (26) in Standardmodulen (14) des Umrichterarms (12) zu schalten, und/oder

- in einem Zustand, in dem weder Energie in den Umrichterarm (12) zugeführt noch Energie aus dem Umrichterarm (12) abgeben wird, die Eingänge (48) des Wandlers (46) des KS-Moduls (40) parallel zu einem oder mehreren Speicherelementen (46) in Standardmodulen (14) des Umrichterarms (12) zu schalten, und/oder

- der Ausgangsspannung des Umrichterarms (12) durch Umschalten zwischen dem seriellen oder anti-seriellen Modus des KS-Moduls (40) einerseits und dem parallelen oder entkoppelten Modus des KS-Moduls (40) andererseits eine PWM zu überlagern.

15. Energiespeicher-Umrichtersystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Steuereinrichtung (20) geeignet ist, zumindest einen Teil der genannten Mehrzahl von Schaltern (28) in Abhängigkeit von dem aktuellen Ladezustand der Speicherelemente (26) bzw. der aktuellen Leistung oder Spannung der Energieumwandlungselemente in einem Lademodus anzusteuern, um zumindest einen Teil der Speicherelemente (26) durch eine externe am Umrichterarm anliegende AC- oder DC-Spannung aufzuladen.

16. Energiespeicher-Umrichtersystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Speicherelement/Energieumwandlungselement (26) eines Standardmoduls (14) durch eine Stellung seiner zugehörigen Schalter (28), in der mindestens einer der Pole des Speicherelements (26)/Energieumwandlungselements mit keinem der ersten und zweiten Anschlüsse (16, 18) verbunden ist, deaktivierbar ist.

17. Energiespeicher-Umrichtersystem (10) nach Anspruch 16, bei dem einer der Pole des Speicherelements (26)/Energieumwandlungselements durch einen zugehörigen Schalter (28) vom Rest des Standardmoduls (14) abkoppelbar ist.

18. Energiespeicher-Umrichtersystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Standardmodule (14) in allen vier Quadranten der Strom-Spannungsebene betrieben werden können.

19. Energiespeicher-Umrichtersystem (10) nach Anspruch 18, bei dem die Standardmodule (14) so ausgelegt und ansteuerbar sind, dass die Speicherelemente (26)/Energieumwandlungselemente zweier benachbarter Module (14)
- in Reihe mit gleicher Polarität,
- in Reihe mit entgegengesetzter Polarität,

- parallel mit gleicher Polarität
geschaltet werden können.

20. Energiespeicher-Umrichtersystem (10), bei dem die Standardmodule (14) nur in zwei Quadranten der Strom-Spannungsebene betrieben werden können, und bei dem eine Zusatzschaltung (34) vorgesehen ist, durch die eine Kette von hintereinander geschalteten Zwei-Quadrantenmodulen (14) als Ganzes umgepolt werden kann.

21. Energiespeicher-Umrichtersystem (10) nach einem der Ansprüche 18 bis 20, bei dem die genannten Vier-Quadrantenmodule (14) zumindest teilweise durch eine umpolbare Kette von mindestens zwei Zwei-Quadrantenmodulen gebildet sind.

22. Energiespeicher-Umrichtersystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die mindestens zwei äußeren Anschlüsse (16, 18) in dem ersten und/oder letzten Modul des Umrichterarms (12) miteinander verbunden sind.

23. Energiespeicher-Umrichtersystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welches zwei, drei, vier, fünf oder mehr Umrichterarme (12) enthält.

24. Energiespeicher-Umrichtersystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die mindestens zwei äußeren Anschlüsse (16, 18; 42, 44) im ersten und/oder letzten Modul (14, 40) eines Umrichterarms (12) separat mit mindestens zwei äußeren Anschlüssen (16, 18; 42, 44) eines Moduls (14, 40) eines angrenzenden Umrichterarms (12) verbunden sind.

25. Energiespeicher-Umrichtersystem (10) nach einem der Ansprüche 23 oder 24, bei dem die genannten zwei, drei, vier, fünf oder mehr Umrichterarme (12) in einer Sterntopologie oder in einer Ringtopologie miteinander verschaltet sind.

26. Energiespeicher-Umrichtersystem (10) nach Ansprüchen 24 und 25, bei dem die zwei, drei, vier, fünf oder mehr Umrichterarme (12) derart in einer Ringtopologie verschaltet sind, dass die mindestens zwei äußeren Anschlüsse (16, 18; 42, 44) eines jeden Umrichterarms (12) separat mit den mindestens zwei äußeren Anschlüssen (16, 18; 42,44) des angrenzenden Umrichterarms (12) verbunden sind,
und bei dem die Steuereinrichtung (20) dazu eingerichtet ist, zumindest einen Teil der genannten Mehrzahl von Schaltern (28) so anzusteuern, dass mindestens zwei voneinander unabhängige Ringströme durch den Ring aus Umrichterarmen (12) fließen können.

27. Energiespeicher-Umrichtersystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Schalter (28) zumindest überwiegend durch Halbleiterelemente, insbesondere FETs (30), IGBTs, IGCTs oder Thyristoren gebildet sind.

28. Energiespeicher-Umrichtersystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Speicherelemente (26) durch eines oder mehrere der folgenden Elemente gebildet sind:
- einen Kondensator,
- eine Batteriezelle,
- eine Redox-Flowzelle.

29. Energiespeicher-Direktumwandlersystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Energiewandlungselemente durch Solarzellen, Brennstoffzellen oder Thermoelemente gebildet sind.

30. Energiespeicher-Umrichtersystem (10) nach einem der Ansprüche 3 bis 29, wobei die Steuereinrichtung (20) geeignet ist, Gruppen von Standardmodulen (14) zu bestimmen, deren Speicherelemente (26) parallel zu schalten sind,
wobei die Steuereinrichtung (20) dazu eingerichtet ist, zumindest einen Teil der genannten Mehrzahl von Schaltern (28) in Abhängigkeit von dem aktuellen Ladezustand der Speicherelemente (26) derart anzusteuern, dass vor dem Parallelschalten der Speicherelemente (26) der Standardmodule (14) der Gruppe die Spannungen oder Ladezustände der Speichermodule (26) angeglichen werden, indem
- während eines Ladevorgangs Standardmodule (14), oder Standardmodul-Untergruppen, die eine geringere Spannung bzw. einen geringeren Ladezustand aufweisen, bevorzugt geladen werden, und/oder
- während eines Energieabgabemodus Standardmodule (14) oder Standardmodul-Untergruppen, die eine hohe Spannung bzw. einen hohen Ladezustand aufweisen, bevorzugt entladen werden.

31. Elektrischer Antrieb für ein Fahrzeug, umfassend
ein modulares Energiespeicher-Umrichtersystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
ein Niederspannungs-Bordnetz (60), welches zur Versorgung von Verbrauchern des Fahrzeugs bestimmt ist, wobei das Niederspannungs-Bordnetz über mindestens ein KS-Modul (40) von dem Energiespeicher-Umrichtersystem (10) mit Energie versorgt wird.

32. Elektrischer Antrieb für ein Fahrzeug nach Anspruch 31, bei dem das modulare Energiespeicher-Umrichtersystem (10) drei Umrichterarme (12) umfasst, die im Betrieb jeweils eine Phase der Drehstrom-Versorgung eines Elektromotors bereitstellen.

33. Verfahren zum Auskoppeln einer Spannung aus einem modularen Energiespeicher-Umrichtersystem (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 31, oder zum Laden der Speicherelemente (26) der Standardmodule (14) des modularen Energiespeicher-Umrichtersystems (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 31, bei dem die Standardmodule (14) und das KS-Modul (40) so geschaltet werden, dass an den Ausgängen (50) des Wandlers (46) eine gewünschte auszukoppelnde Spannung anliegt, oder dass zumindest ein Teil der Speicherelemente (26) der Standardmodule (14) durch eine Spannung, die an den Ausgängen (50) des Wandlers (46) des KS-Moduls (40) anliegt, geladen werden.

34. Verfahren nach Anspruch 33, bei dem zwischen den Ausgängen (50) des Wandlers des KS-Moduls (40) eine Spannung anliegt, die kleiner ist als die Spannung des Umrichterarms (12), insbesondere eine Gleichspannung mit weniger als 120 V, vorzugsweise zwischen 10 und 48 V, oder eine Wechselspannung von weniger als 50 V.

35. Verfahren nach Anspruch 33 oder 34, bei dem jedes Standardmodul (14) und das KS-Modul (40) jeweils mindestens zwei erste Anschlüsse (16, 42) und mindestens zwei zweite Anschlüsse (18, 44) umfasst,

wobei bei jeweils zwei benachbarten Modulen (14, 40) die ersten Anschlüsse (16, 42) des einen Moduls direkt oder über die genannte dazwischen geschaltete Komponente mit den zweiten Anschlüssen (18, 44) des anderen Moduls (14, 40) verbunden sind,

und die Standardmodule (14) und das KS-Modul (40) in einem Schaltzustand so geschaltet werden, dass zwei Speicherelemente/Energieumwandlungselemente (26) oder ein Speicherelement/Energieumwandlungselement (26) und der Wandler (46) in benachbarten Modulen (14, 40) in Reihe geschaltet sind, und

die Standardmodule (14) und das KS-Modul (40) in einem anderen Schaltzustand so geschaltet werden, dass zwei Speicherelemente/Energieumwandlungselemente (26) oder ein Speicherelement/Energieumwandlungselement (26) und der Wandler (46) in benachbarten Modulen (14, 40) parallel geschaltet sind.

36. Verfahren nach Anspruch 35, bei dem die genannten Standardmodule (14) so angesteuert werden, dass die Speicherelemente (26) bzw. Energieumwandlungselemente von zwei Standardmodulen (14), die durch mindestens ein dazwischenliegendes Standardmodul (14) mit deaktiviertem Speicherelement/Energieumwandlungselement (26) getrennt sind, parallel geschaltet sind.

37. Verfahren nach einem der Ansprüche 33 bis 36, bei dem mehrere KS-Module (40) in unterschiedlichen Umrichterarmen (12) vorgesehen sind, und wobei die KS-Module (40) so geschaltet werden, dass ein Ladungsausgleich zwischen den unterschiedlichen Umrichterarmen (12) über die Kleinspannungsleitungen (60) bewirkt wird, insbesondere zwischen Umrichterarmen (12) an sich separater Umrichtersysteme.

38. Verfahren nach einem der Ansprüche 33 bis 37, bei dem in einem ersten Betriebszustand Energie aus dem Umrichterarm (12) durch das KS-Modul (40) ausgeleitet wird, und in einem zweiten Betriebszustand Energie durch das KS-Modul (40) Energie in den Umrichterarm (12) transferiert wird, insbesondere um die Energiespeicher (26) der Standardmodule (14) des Umrichterarms (12) von außen über das KS-Modul (40) zu laden,
insbesondere mit einer DC-Spannung, die durch eine Photovoltaikanlage bereitgestellt und an die Ausgänge (50) des Wandlers (46) angelegt wird.

39. Verfahren nach einem der Ansprüche 33 bis 38, bei dem
- in einem Zustand, in dem Energie aus einem Umrichterarm (12) abgegeben wird, die Eingänge (48) des Wandlers (46) des KS-Moduls (40) anti-seriell zu den energieabgebenden Speicherelementen (26) in den Standardmodulen (14) des Umrichterarms (12) geschaltet werden, und/oder

- in einem Zustand, in dem Energie in den Umrichterarm (12) zugeführt wird, die Eingänge (48) des Wandlers (46) des KS-Moduls (40) seriell zu den energieaufnehmenden Speicherelementen (26) in den Standardmodulen (14) im Umrichterarm (12) geschaltet werden, und/oder

- in einem Zustand, in dem weder Energie in den Umrichterarm (12) zugeführt noch Energie aus dem Umrichterarm (12) abgegeben wird, die Eingänge (48) des Wandlers (46) des KS-Moduls (40) anti-seriell zu einem oder mehreren Speicherelementen (26) in Standardmodulen (14) des Umrichterarms (12) geschaltet werden, und/oder

- in einem Zustand, in dem weder Energie in den Umrichterarm (12) zugeführt noch Energie aus dem Umrichterarm (12) abgeben wird, die Eingänge (48) des Wandlers (46) des KS-Moduls (40) parallel zu einem oder mehreren Speicherelementen (46) in Standardmodulen (14) des Umrichterarms (12) geschaltet werden, und/oder

- der Ausgangsspannung des Umrichterarms (12) durch Umschalten zwischen dem seriellen oder anti-seriellen Modus des KS-Moduls (40) einerseits und dem parallelen oder entkoppelten Modus des KS-Moduls (40) andererseits eine PWM überlagert wird, wobei die Schalter (28) des KS-Moduls (40) vorzugsweise mit einer höheren Schaltfrequenz geschaltet werden, als die Schalter (48) der Standardmodule (14).

40. Verfahren nach einem der Ansprüche 33 bis 39, bei dem in einem Lademodus zumindest ein Teil der Speicherelemente (26) durch eine externe am Umrichterarm (12) anliegende AC- oder DC-Spannung aufgeladen wird.

41. Verfahren nach einem der Ansprüche 33 bis 40, bei dem zwei, drei, vier, fünf oder mehr Umrichterarme (12) derart in einer Ringtopologie verschaltet sind, dass die mindestens zwei äußeren Anschlüsse (16, 18; 42, 44) eines jeden Umrichterarms (12) separat mit den mindestens zwei äußeren Anschlüssen (16, 18; 42,44) des angrenzenden Umrichterarms (12) verbunden sind,
und bei dem Standardmodule (14) so geschaltet werden, dass mindestens zwei voneinander unabhängige Ringströme durch den Ring aus Umrichterarmen (12) fließen.

42. Verfahren nach einem der Ansprüche 33 bis 41, bei dem das modulare Energiespeicher-Umrichtersystem (10) in einem Antrieb für ein Elektrofahrzeug verwendet wird, und bei dem ein Niederspannungs-Bordnetz über mindestens ein KS-Modul (40) von dem Energiespeicher-Umrichtersystem (10) mit Energie versorgt wird, wobei das Niederspannungs-Bordnetz (60) zur Versorgung von Verbrauchern des Fahrzeugs verwendet wird.

43. Verfahren nach Anspruch 42, bei dem die Energiespeicher des modularen Energiespeicher-Umrichtersystems (10) über das Bordnetz (60) und das mindestens eine KS-Modul (40) geladen werden.

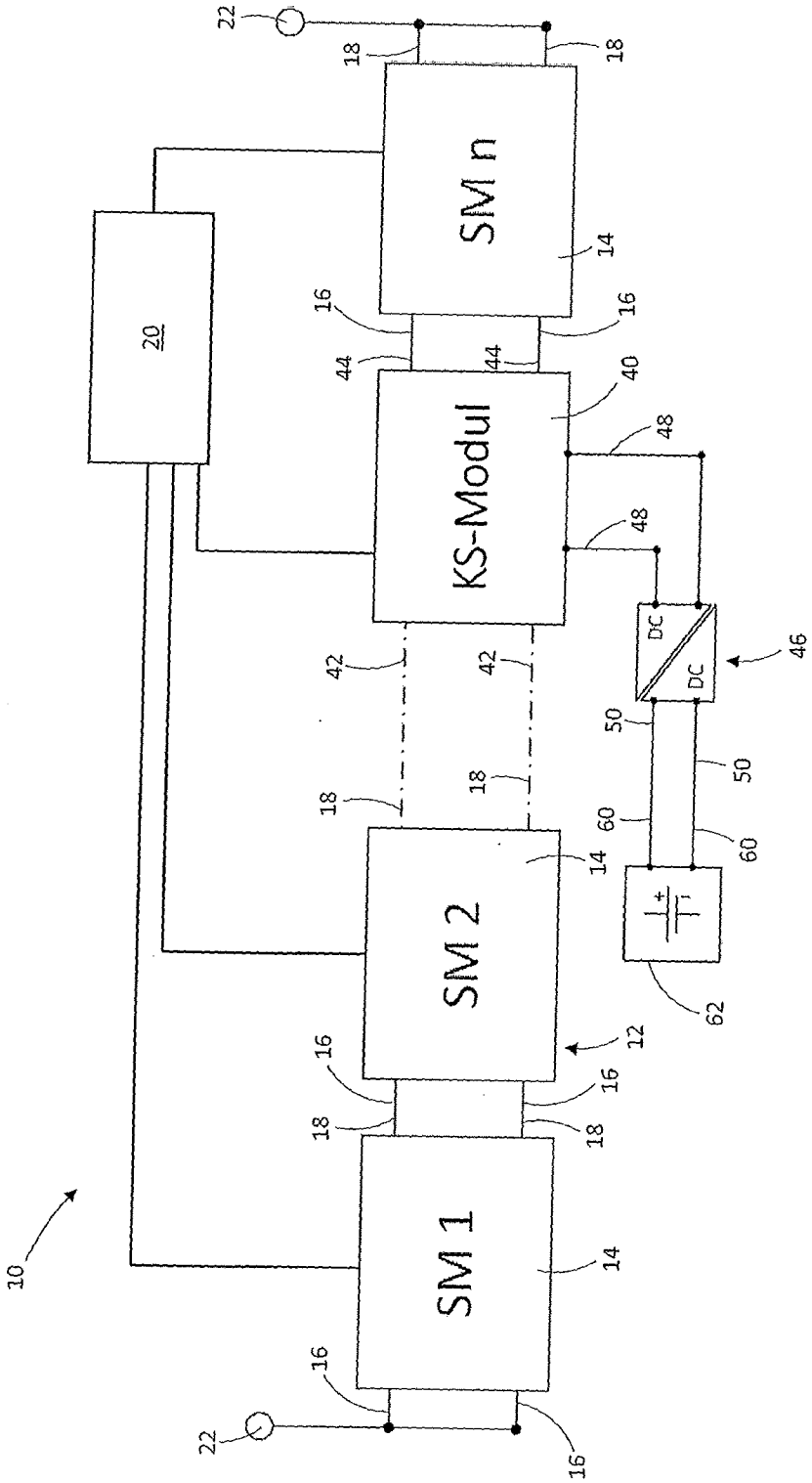
22
18
18
SM n
14
20
16
16
44
44
40
KS-Modul
48
48
DC
DC
46
42
42
50
50
18
18
60
60
SM 2
14
62
12
16
16
18
18
SM 1
14
10
16
22
16

Fig. 1

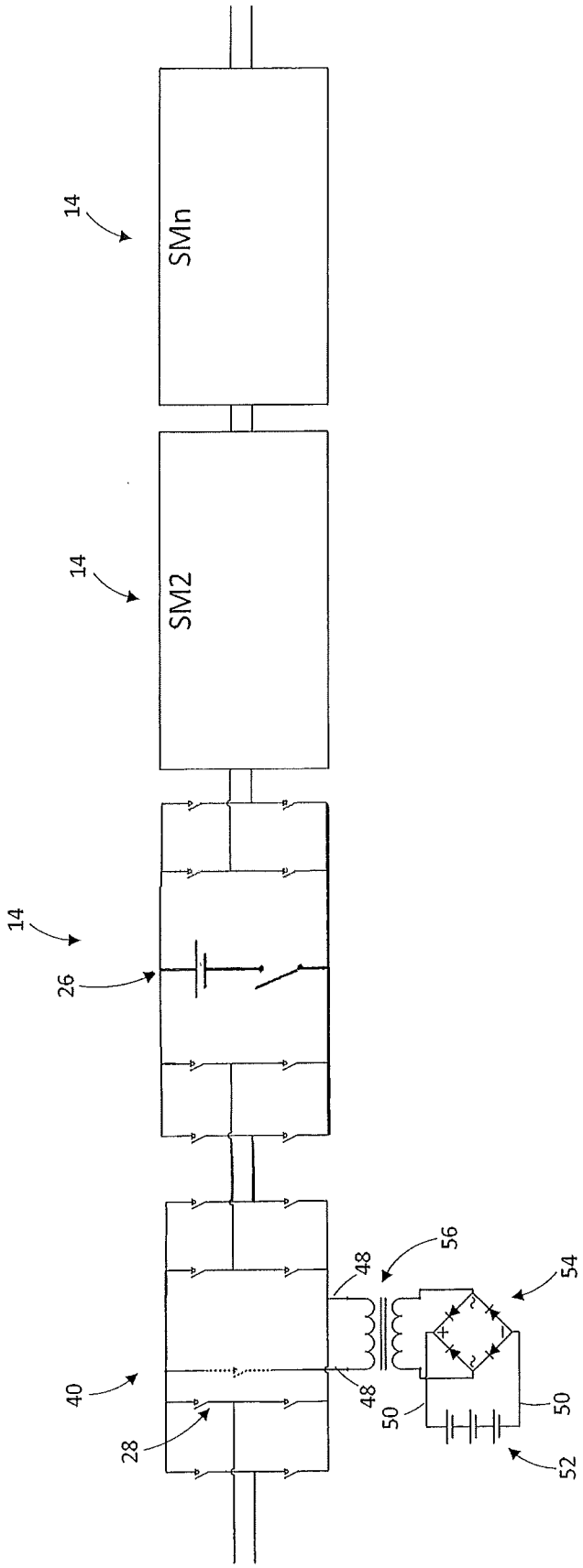

Fig. 2

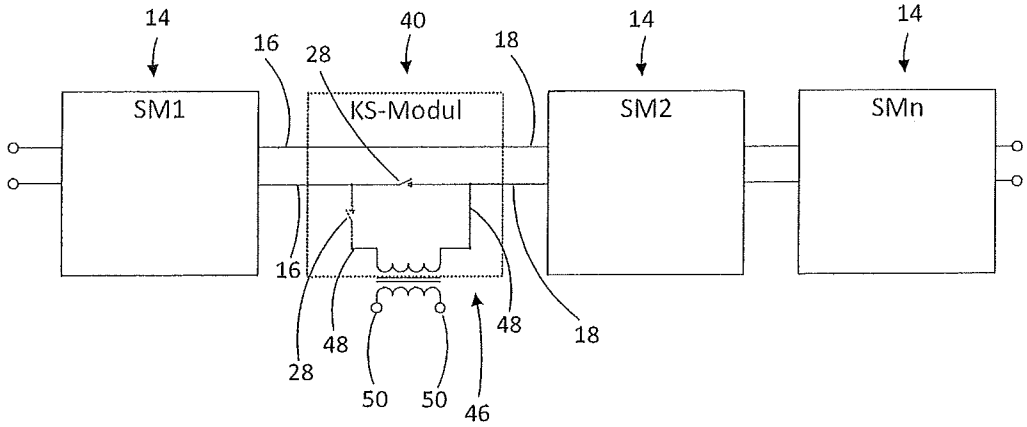

Fig. 2a

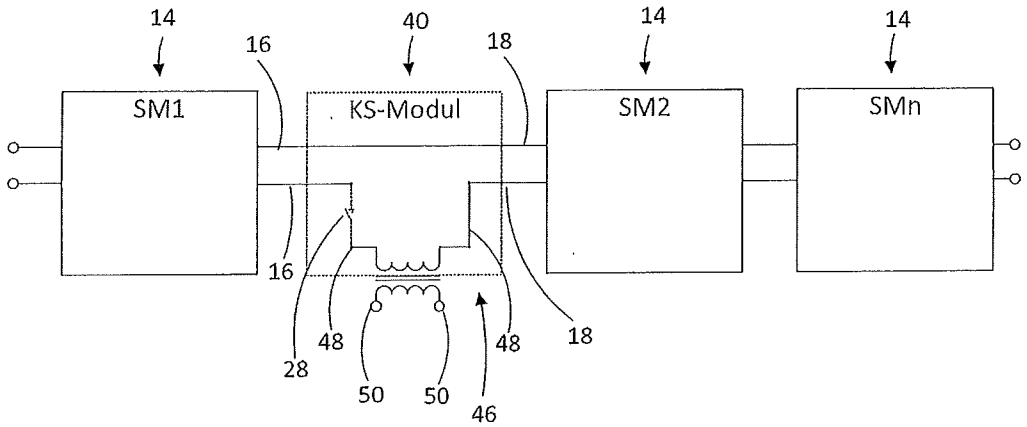

Fig. 2b

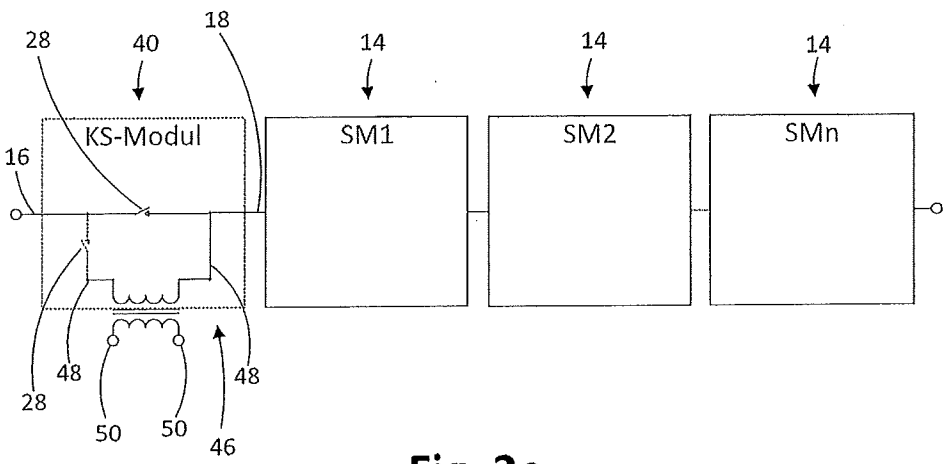

Fig. 2c

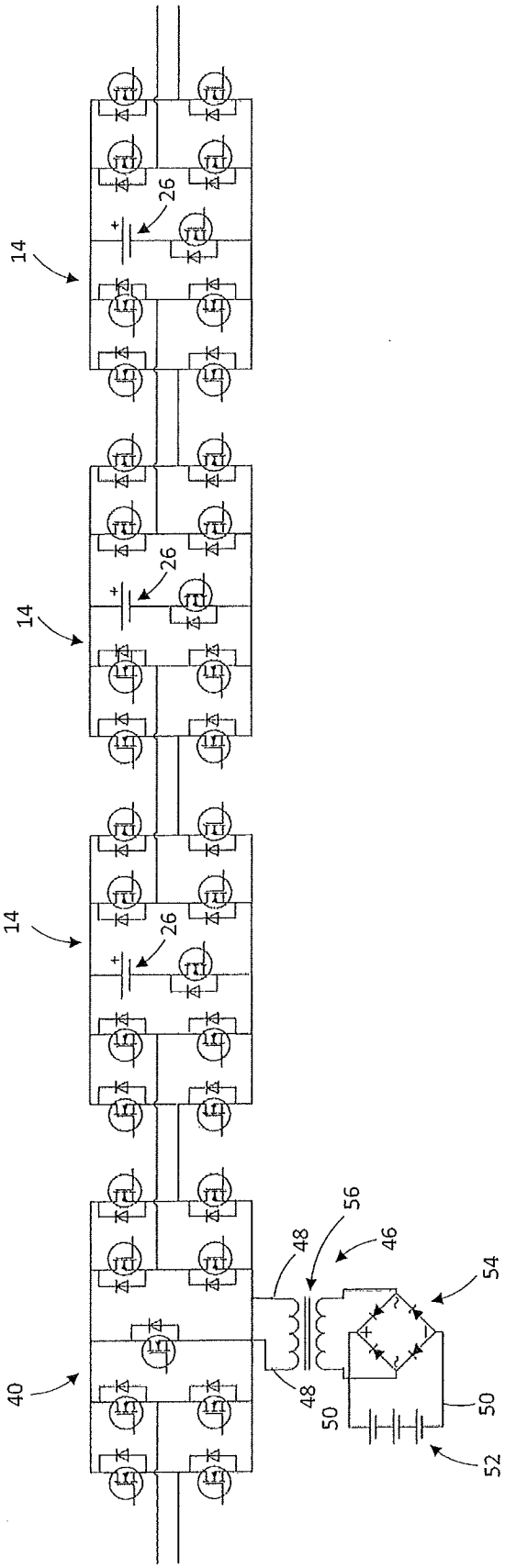

Fig. 3

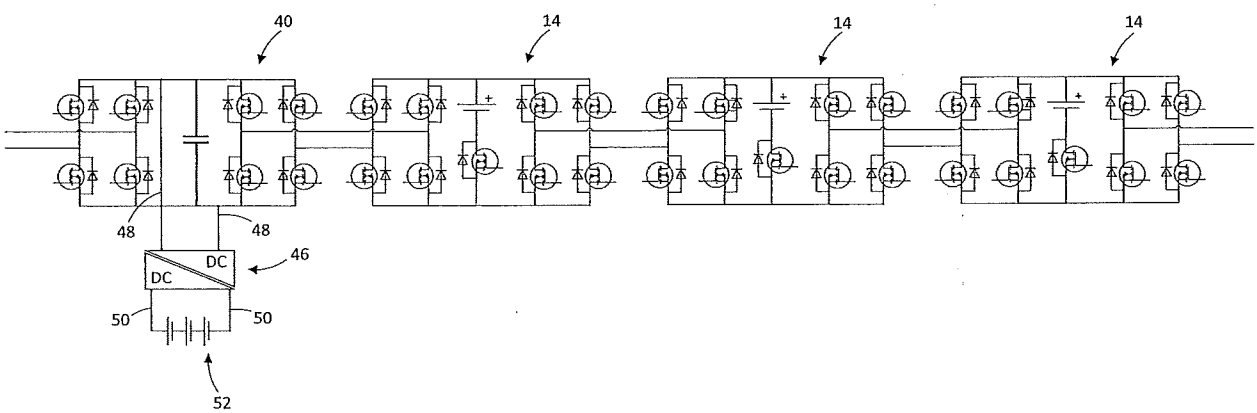

Fig. 4

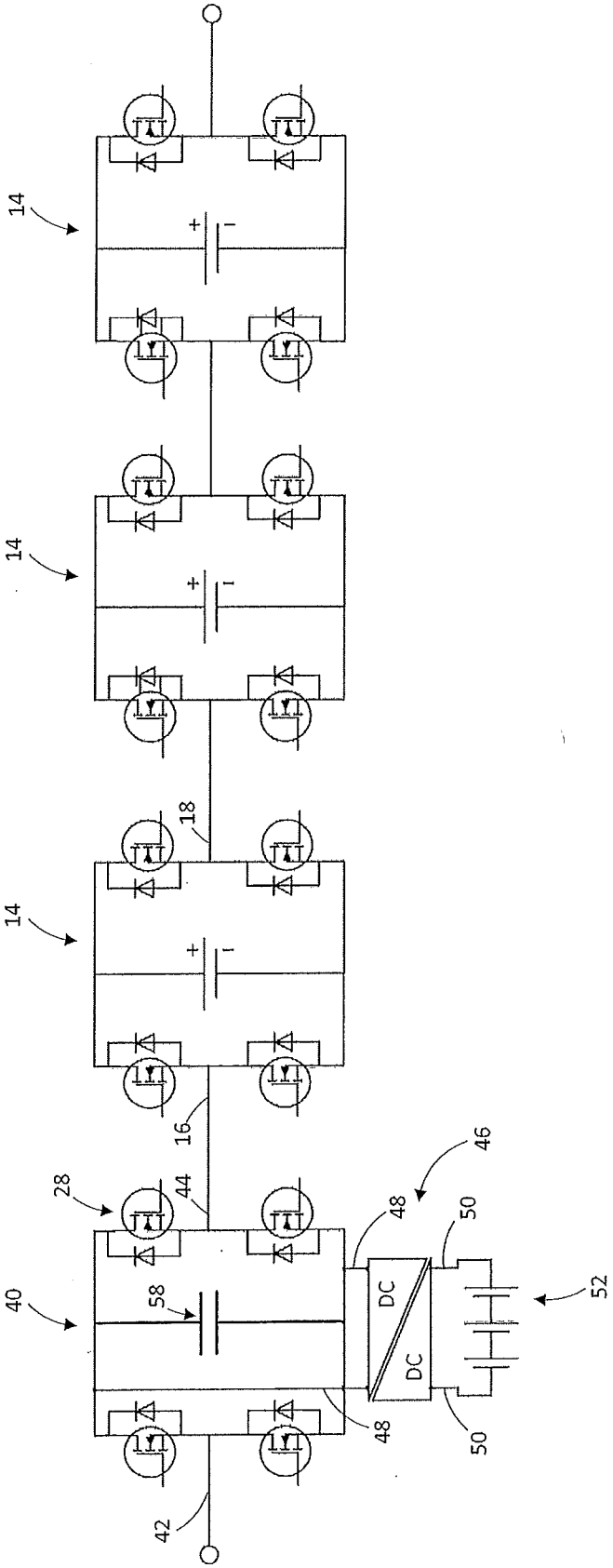

Fig. 5

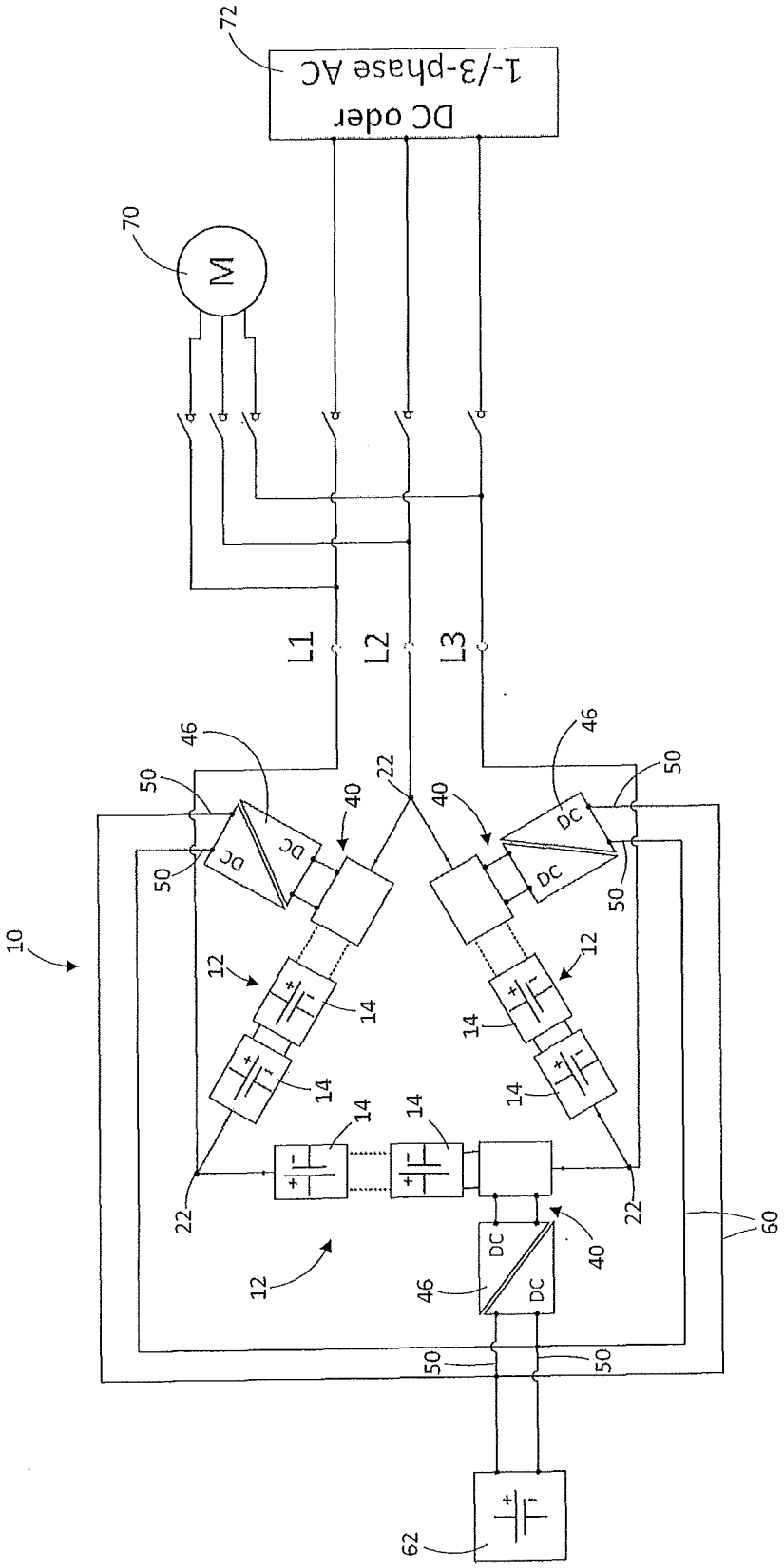

Fig. 6

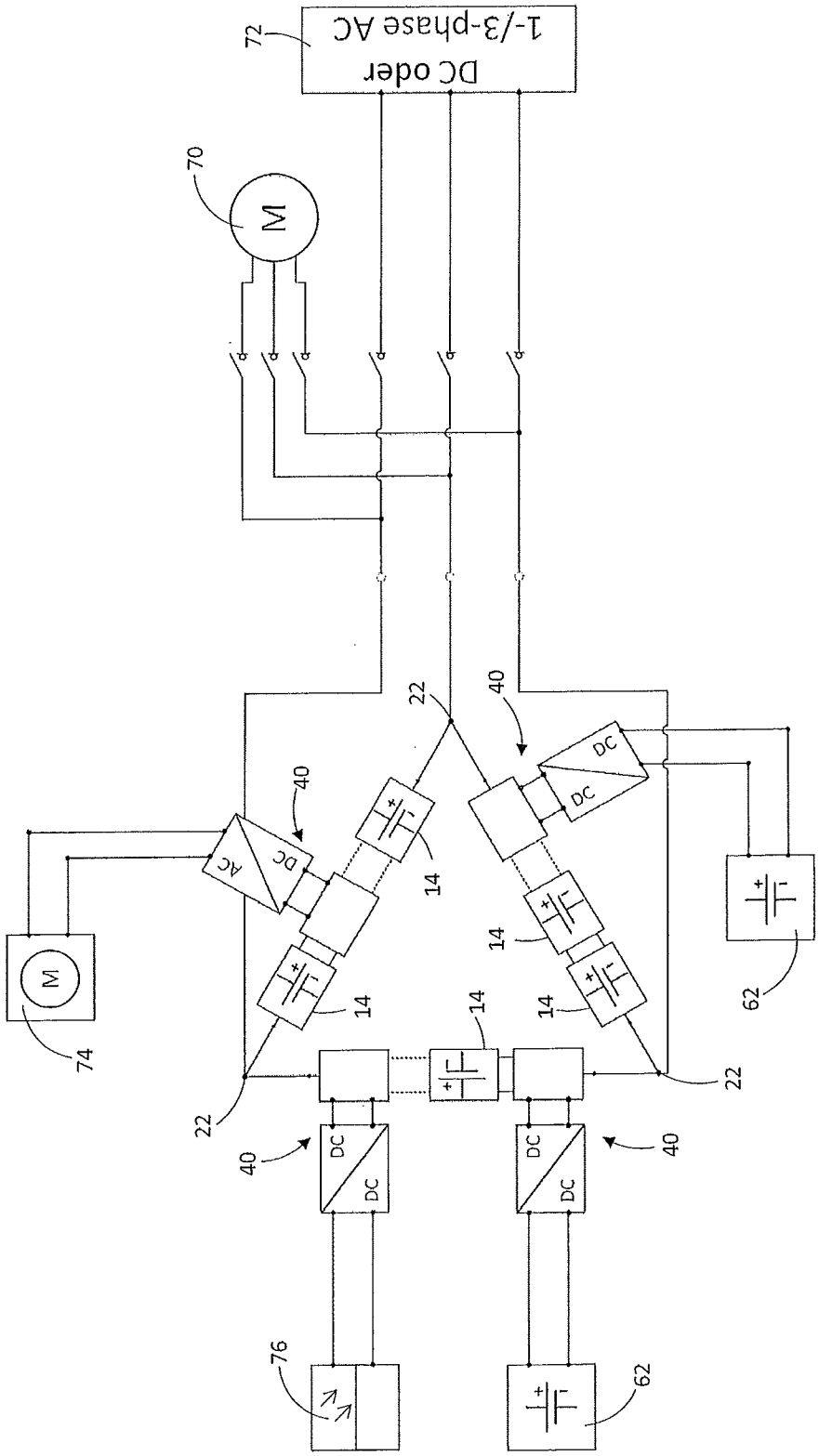

Fig. 7

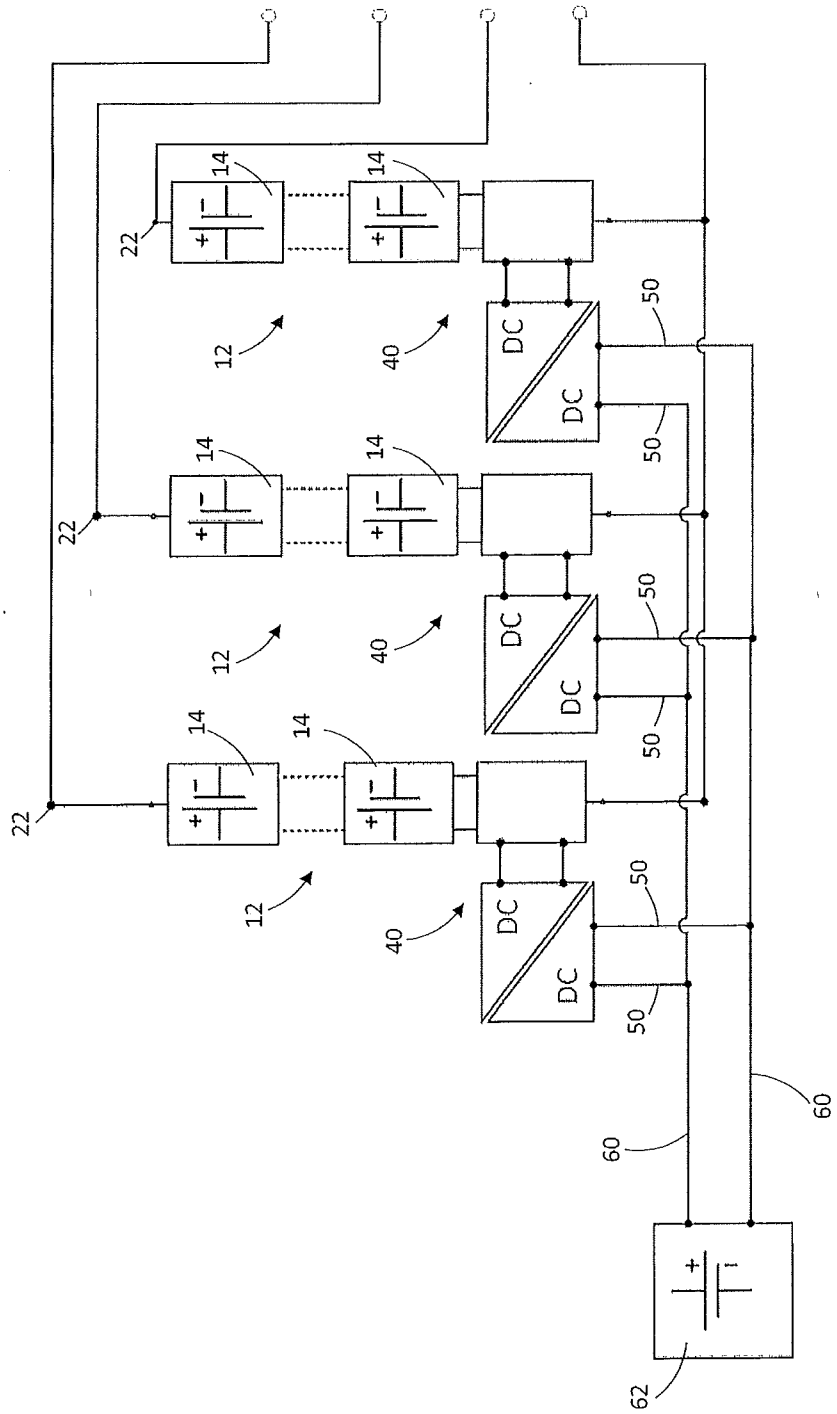

Fig. 8

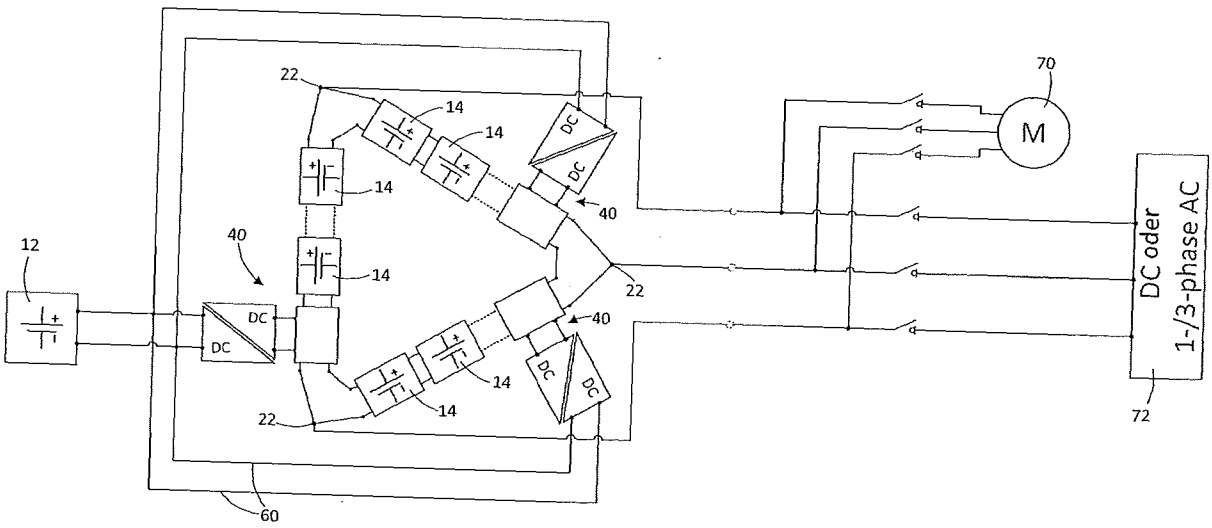
12
40
DC
DC
22
14
14
14
14
14
14
22
22
40
40
DC
DC
DC
DC
60
70
M
DC oder
1-/3-phase AC
72

Fig. 9

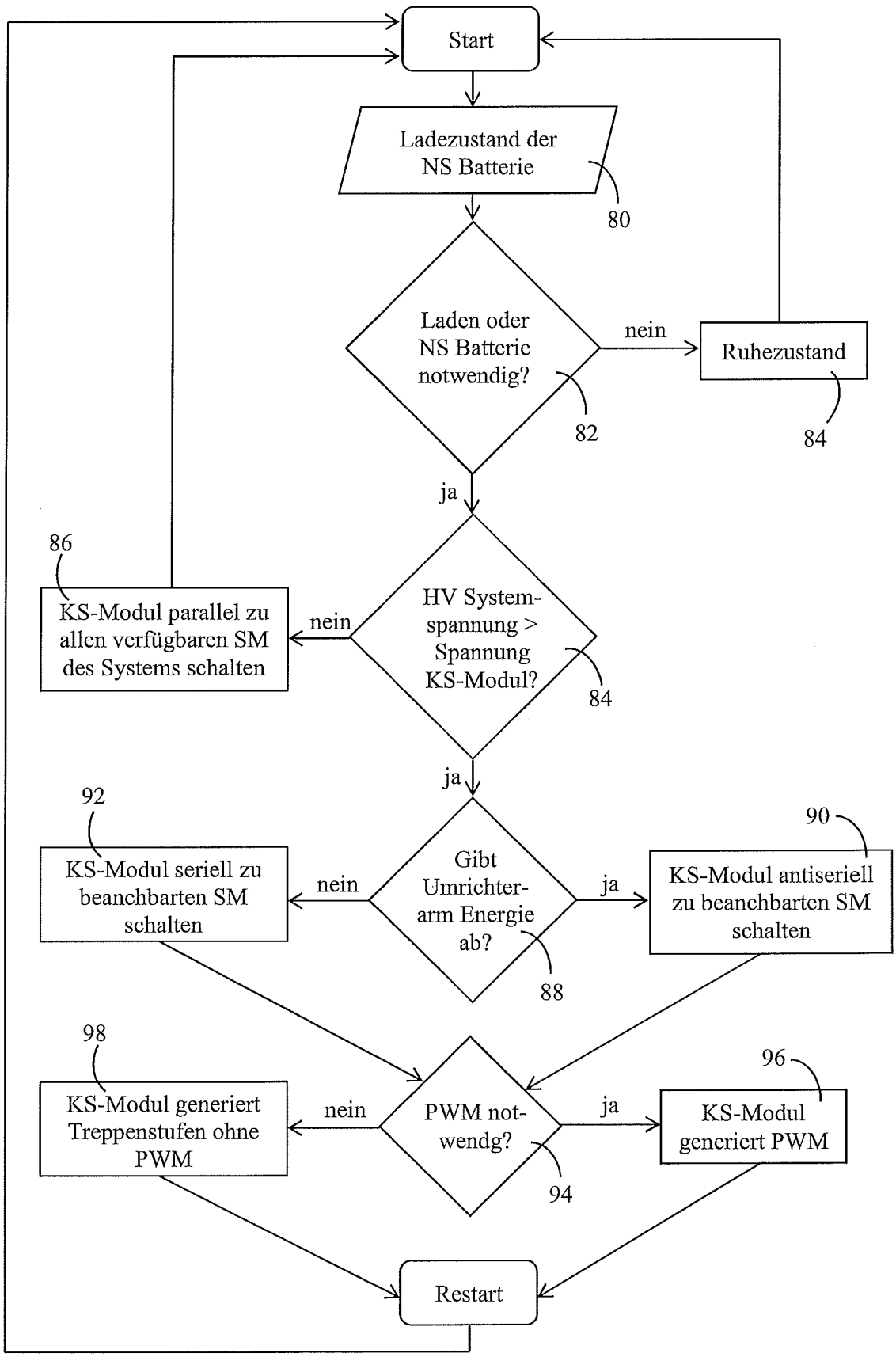
Start
Ladezustand der NS Batterie
80
Laden oder NS Batterie notwendig?
82
nein
Ruhezustand
84
ja
86
KS-Modul parallel zu allen verfügbaren SM des Systems schalten
nein
HV System-spannung > Spannung KS-Modul?
84
ja
92
KS-Modul seriell zu beanchbarten SM schalten
nein
Gibt Umrichter-arm Energie ab?
88
ja
90
KS-Modul antiseriell zu beanchbarten SM schalten
98
KS-Modul generiert Treppenstufen ohne PWM
nein
PWM not-wendg?
94
ja
96
KS-Modul generiert PWM
Restart

Fig. 10

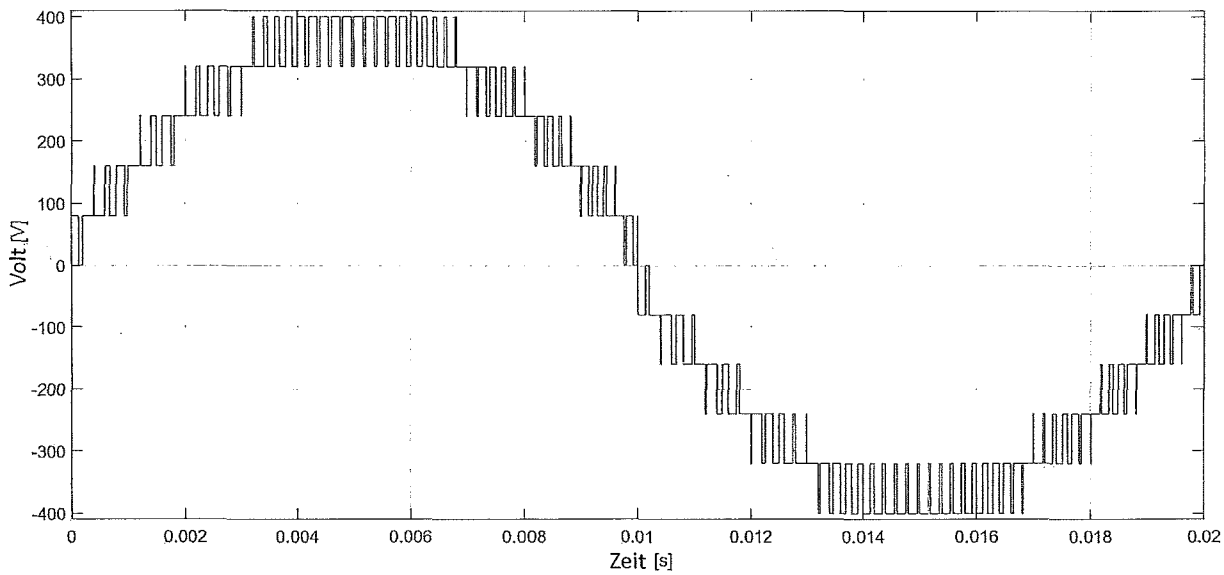
400
300
200
100
0
-100
-200
-300
-400
Volt [V]
0
0.002
0.004
0.006
0.008
0.01
0.012
0.014
0.016
0.018
0.02
Zeit [s]

Fig. 11

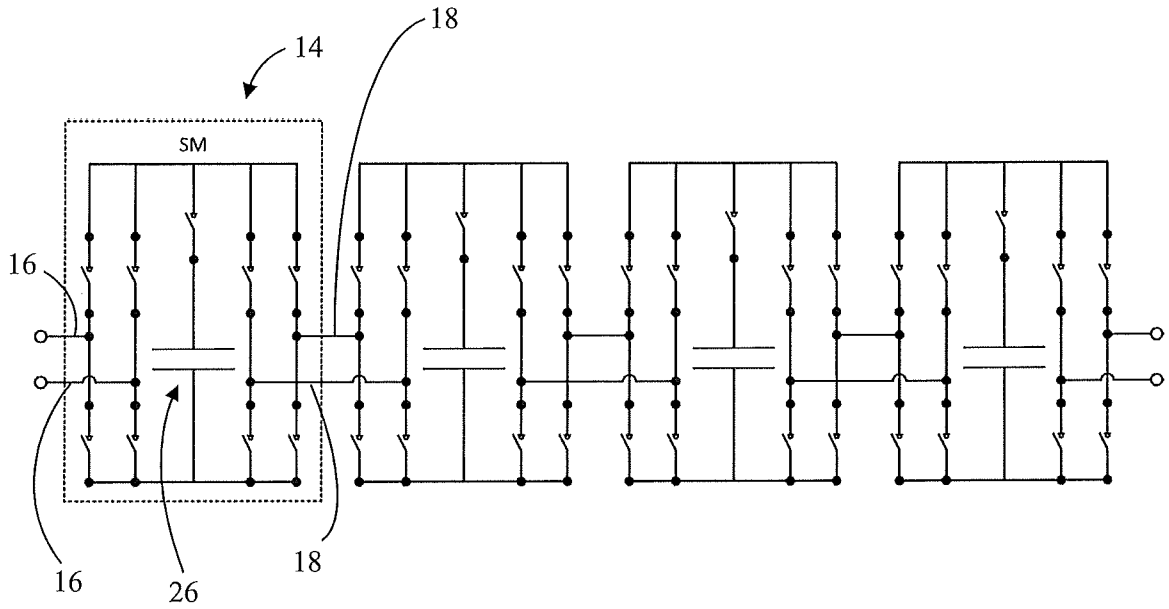

Fig. 12

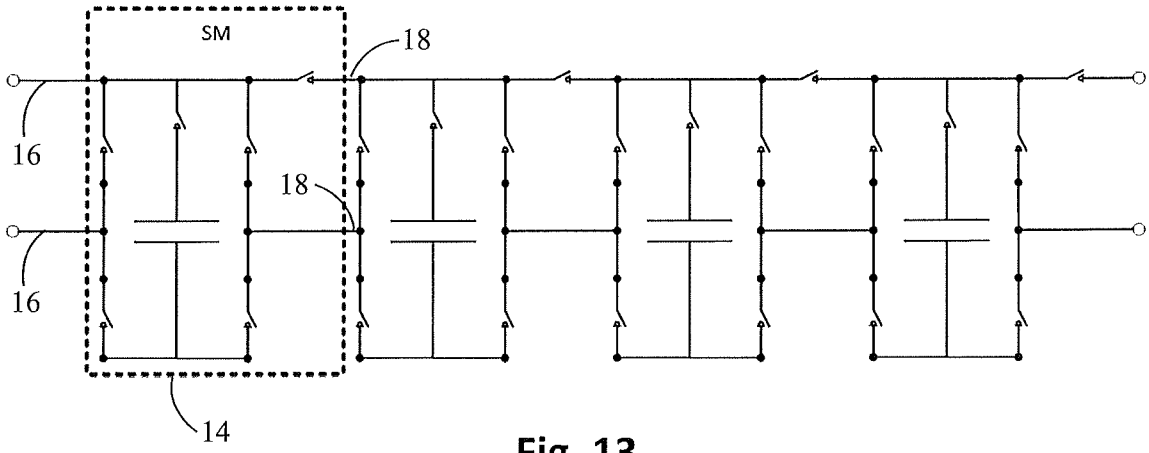

Fig. 13

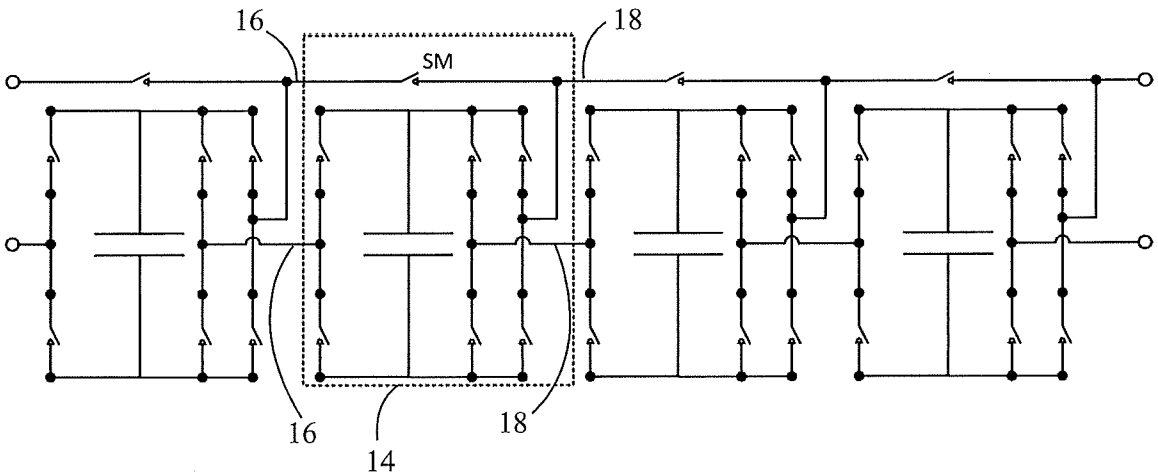

Fig. 14

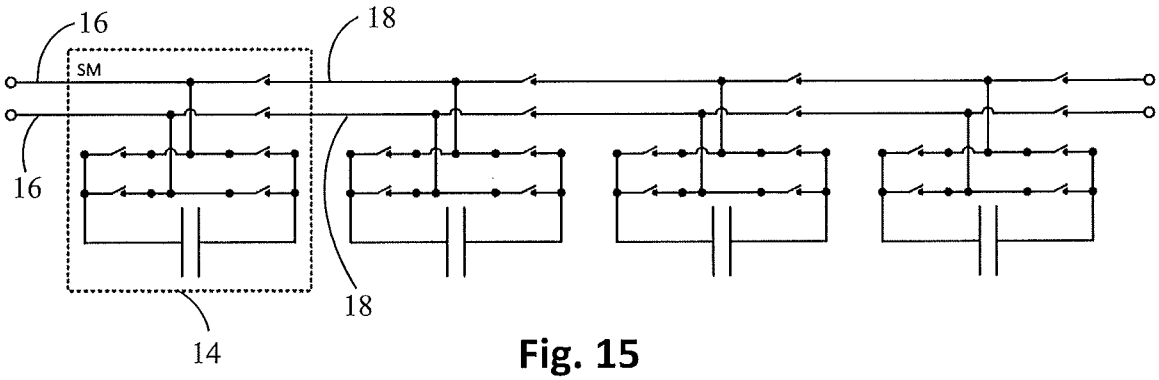

Fig. 15

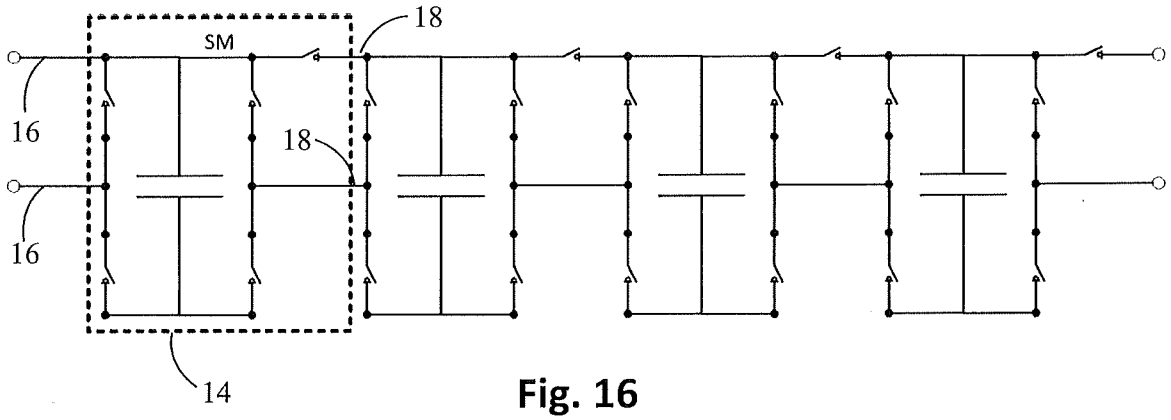

Fig. 16

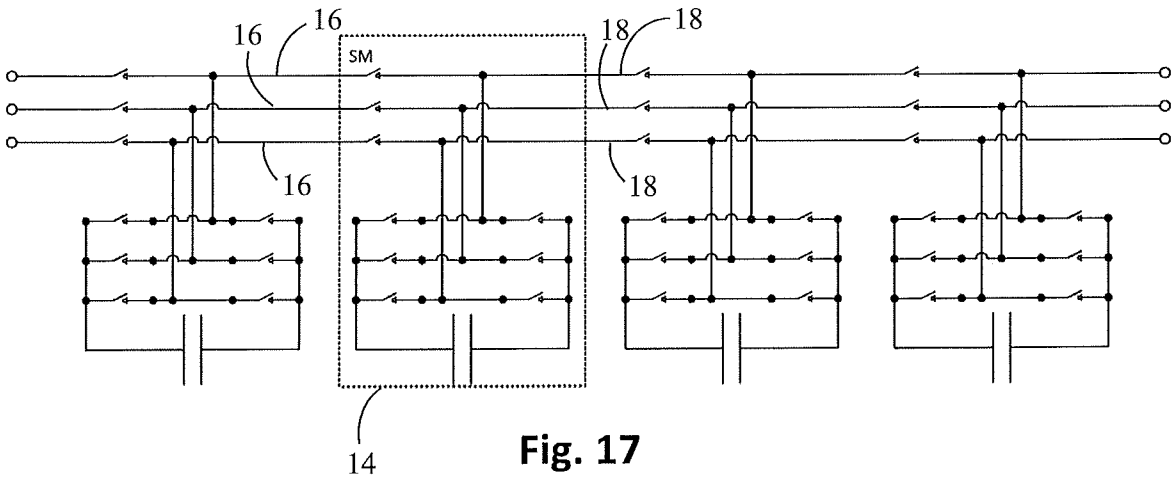

Fig. 17

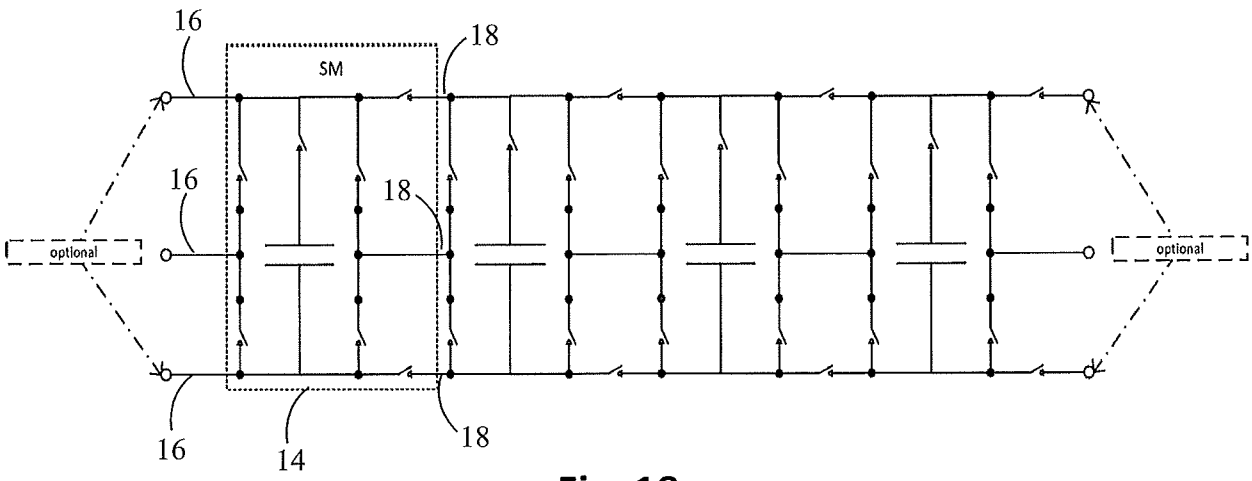

Fig. 18

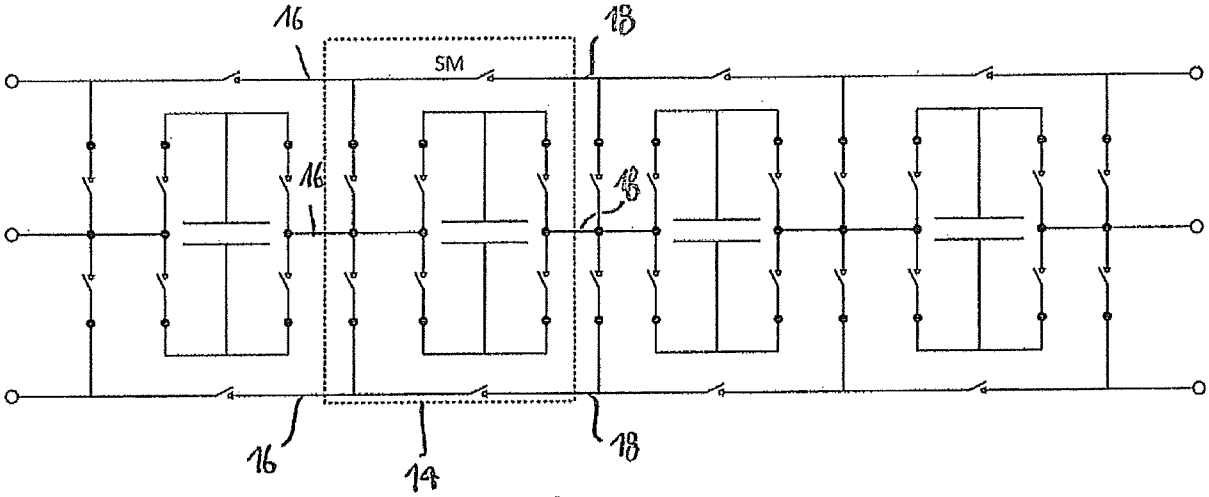

Fig. 19

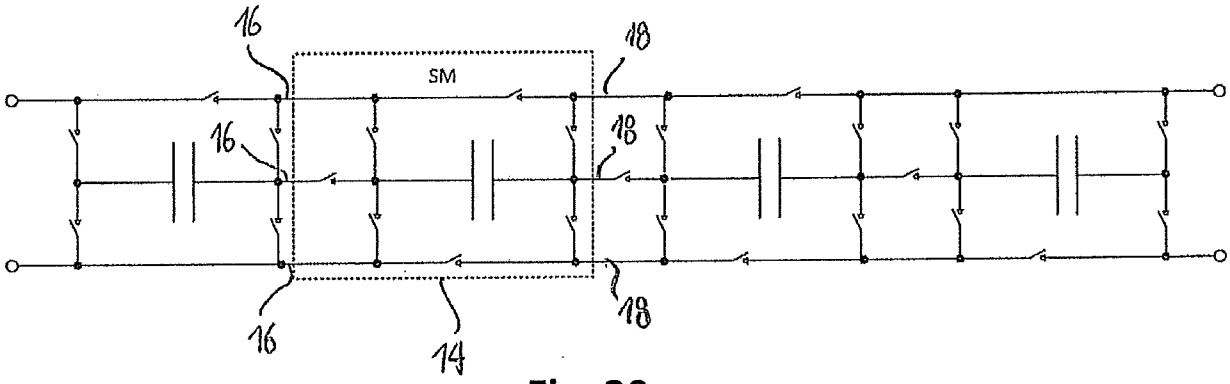

Fig. 20

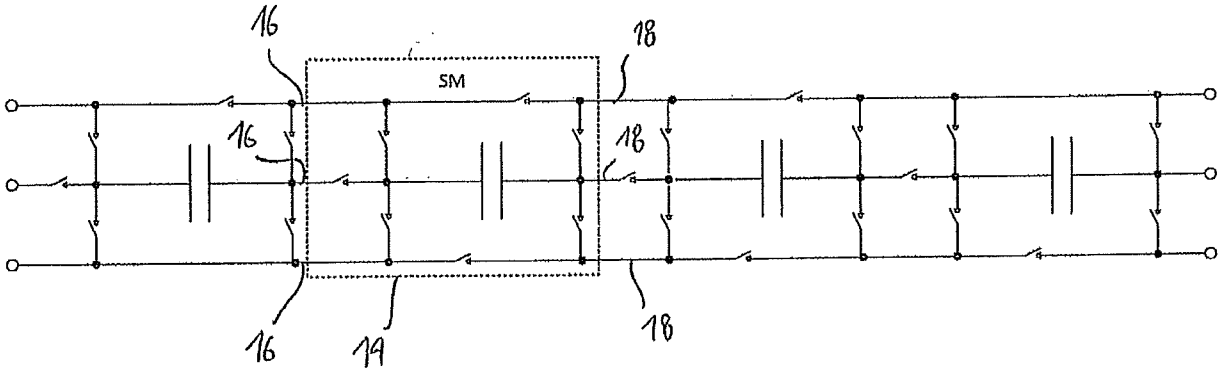

Fig. 21

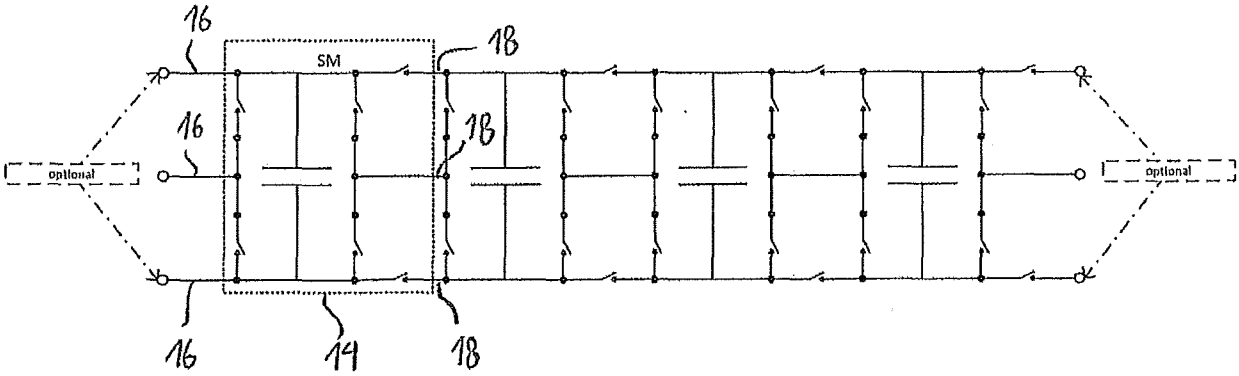

Fig. 22

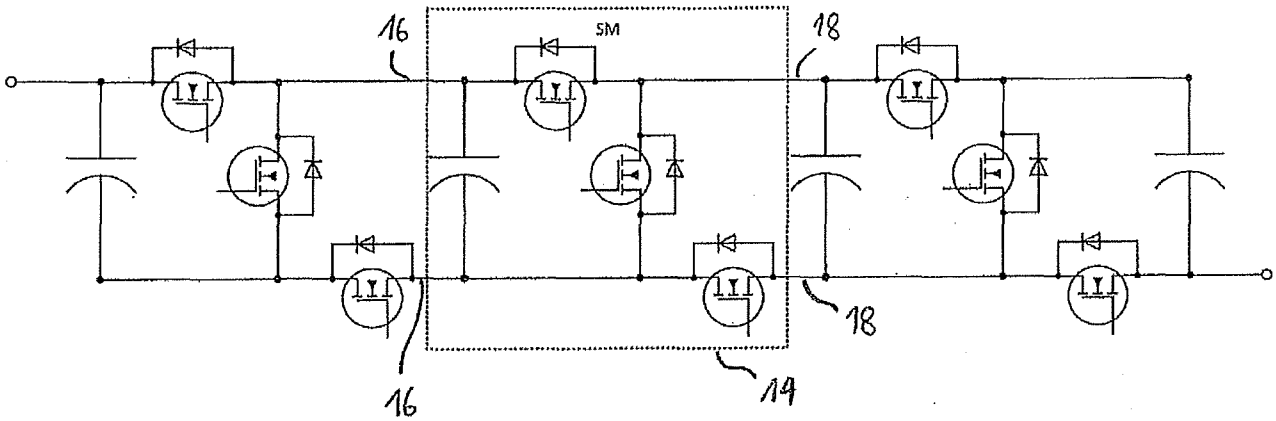

Fig. 23

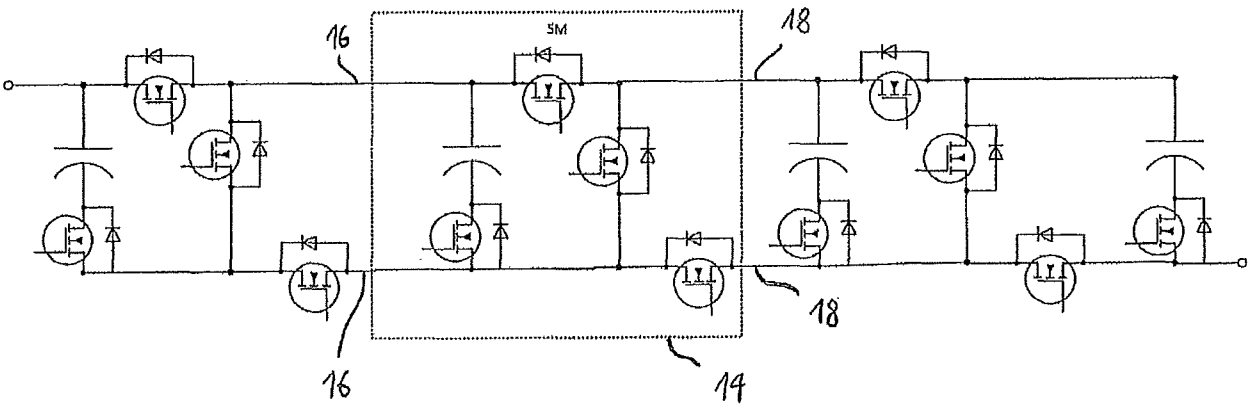

Fig. 24

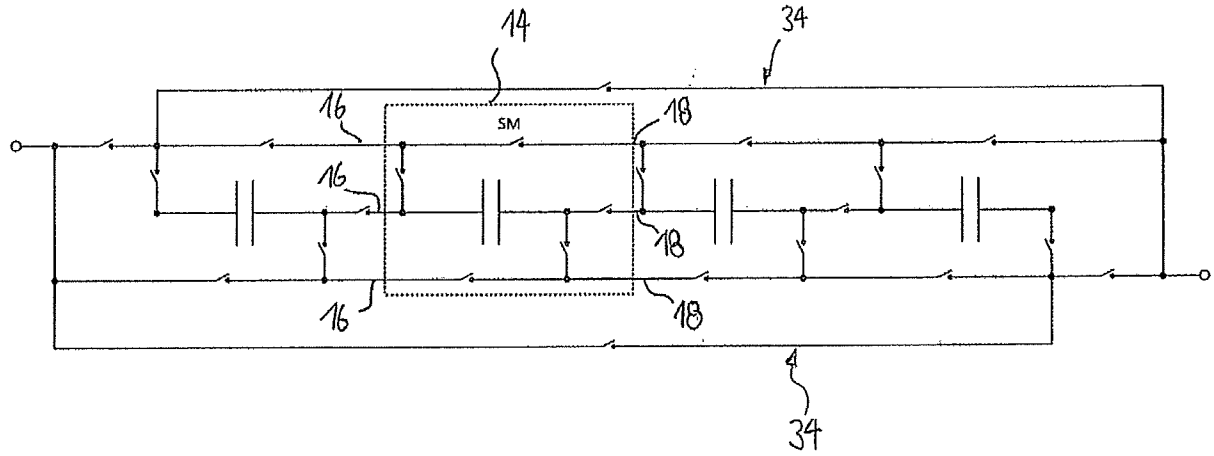

Fig. 25

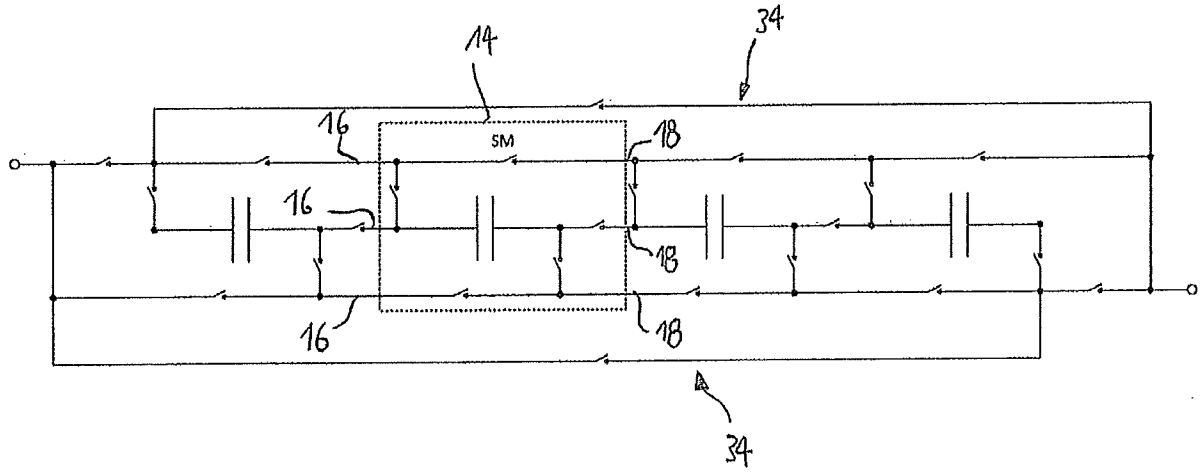

Fig. 26

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/084086

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B60L1/00 B60L11/18 H02M7/483 H02M3/335 B60R16/033
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B60L H02M B60R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2014 110410 A1 (UNIVERSITÄT DER BUNDESWEHR MÜNCHEN [DE]) 28 January 2016 (2016-01-28) cited in the application figures 1,7	1-43
A	WO 2012/038031 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]; FLEISCHER RAINER [DE]; KUBE ROLAND [DE]) 29 March 2012 (2012-03-29) page 13; figure 3	1-43
A	DE 10 2014 216470 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 25 February 2016 (2016-02-25) figure 2	1-43

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
11 April 2018	19/04/2018

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	van Wesenbeeck, R

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/084086

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2016/152989 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]; TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC IND SYSTEMS) 29 September 2016 (2016-09-29) figure 5	1-43
L	& EP 3 276 815 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]; TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC IND SYSTEMS) 31 January 2018 (2018-01-31) figure 5	1,33

A	EP 2 933 906 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]; TOSHIBA MITSUBISHI ELEC INC [JP]) 21 October 2015 (2015-10-21) figure 2	1-43

A	PEFTITSIS DIMOSTHENIS ET AL: "Auxiliary power supply for medium-voltage modular multilevel converters", 2015 17TH EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS (EPE'15 ECCE-EUROPE), JOINTLY OWNED BY EPE ASSOCIATION AND IEEE PELS, 8 September 2015 (2015-09-08), pages 1-11, XP032800343, DOI: 10.1109/EPE.2015.7309388 [retrieved on 2015-10-27] figure 1	1-43

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2017/084086

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102014110410 A1	28-01-2016	CN 106575928 A	19-04-2017
		DE 102014110410 A1	28-01-2016
		EP 3172824 A1	31-05-2017
		US 2017207631 A1	20-07-2017
		WO 2016012247 A1	28-01-2016
WO 2012038031 A1	29-03-2012	DE 102010046616 A1	29-03-2012
		WO 2012038031 A1	29-03-2012
DE 102014216470 A1	25-02-2016	NONE	
WO 2016152989 A1	29-09-2016	EP 3276815 A1	31-01-2018
		JP WO2016152989 A1	07-12-2017
		US 2018062498 A1	01-03-2018
		WO 2016152989 A1	29-09-2016
EP 2933906 A1	21-10-2015	EP 2933906 A1	21-10-2015
		JP 5843976 B2	13-01-2016
		JP WO2014091801 A1	05-01-2017
		US 2016190924 A1	30-06-2016
		WO 2014091801 A1	19-06-2014

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/084086

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B60L1/00 B60L11/18 H02M7/483 H02M3/335 B60R16/033
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
B60L H02M B60R

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2014 110410 A1 (UNIVERSITÄT DER BUNDESWEHR MÜNCHEN [DE]) 28. Januar 2016 (2016-01-28) in der Anmeldung erwähnt Abbildungen 1,7	1-43

A	WO 2012/038031 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]; FLEISCHER RAINER [DE]; KUBE ROLAND [DE]) 29. März 2012 (2012-03-29) Seite 13; Abbildung 3	1-43

A	DE 10 2014 216470 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 25. Februar 2016 (2016-02-25) Abbildung 2	1-43

	-/--	

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
11. April 2018	19/04/2018

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	van Wesenbeeck, R

1

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 2016/152989 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]; TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC IND SYSTEMS) 29. September 2016 (2016-09-29) Abbildung 5	1-43
L	& EP 3 276 815 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]; TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC IND SYSTEMS) 31. Januar 2018 (2018-01-31) Abbildung 5	1,33

A	EP 2 933 906 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]; TOSHIBA MITSUBISHI ELEC INC [JP]) 21. Oktober 2015 (2015-10-21) Abbildung 2	1-43

A	PEFTITSIS DIMOSTHENIS ET AL: "Auxiliary power supply for medium-voltage modular multilevel converters", 2015 17TH EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS (EPE'15 ECCE-EUROPE), JOINTLY OWNED BY EPE ASSOCIATION AND IEEE PELS, 8. September 2015 (2015-09-08), Seiten 1-11, XP032800343, DOI: 10.1109/EPE.2015.7309388 [gefunden am 2015-10-27] Abbildung 1	1-43

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/084086

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102014110410 A1	28-01-2016	CN 106575928 A	19-04-2017
		DE 102014110410 A1	28-01-2016
		EP 3172824 A1	31-05-2017
		US 2017207631 A1	20-07-2017
		WO 2016012247 A1	28-01-2016
WO 2012038031 A1	29-03-2012	DE 102010046616 A1	29-03-2012
		WO 2012038031 A1	29-03-2012
DE 102014216470 A1	25-02-2016	KEINE	
WO 2016152989 A1	29-09-2016	EP 3276815 A1	31-01-2018
		JP WO2016152989 A1	07-12-2017
		US 2018062498 A1	01-03-2018
		WO 2016152989 A1	29-09-2016
EP 2933906 A1	21-10-2015	EP 2933906 A1	21-10-2015
		JP 5843976 B2	13-01-2016
		JP WO2014091801 A1	05-01-2017
		US 2016190924 A1	30-06-2016
		WO 2014091801 A1	19-06-2014