

(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  
25. Oktober 2018 (25.10.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2018/192754 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02M 3/28 (2006.01) H02M 1/00 (2006.01)  
H02M 3/335 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/057755

(22) Internationales Anmeldedatum:  
27. März 2018 (27.03.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2017 206 579.6  
19. April 2017 (19.04.2017) DE

(71) Anmelder: ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: KOLAR, Johann W.; Forsterstr. 75, 8044 Zürich (CH). BORTIS, Dominik; Katzenbachstr. 91, 8052 Zürich (CH). SCHAEFER, Jannik Robin; Stegstr. 15, 8820 Wädenswil (CH).

(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, 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).

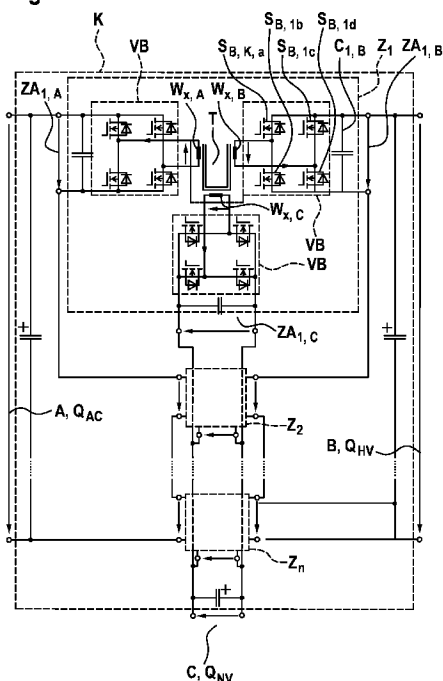
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: ISOLATED DC/DC CONVERTER FOR CONTROLLING POWER FLOWS BETWEEN THREE DC TERMINALS

(54) Bezeichnung: ISOLIERTER DC/DC WANDLER ZUM STEUERN VON LEISTUNGSFLÜSSEN ZWISCHEN DREI DC ANSCHLÜSSEN

Fig. 1



(57) Abstract: The invention relates to a converter (K) for controlling power flows between at least three power networks ( $Q_{AC}$ ,  $Q_{HV}$ ,  $Q_{NV}$ ) having different operating voltages ( $U_A$ ,  $U_B$ ,  $U_C$ ). The converter comprises at least three terminals (A, B, C), each of which is configured for electrically contacting one of the three power networks ( $Q_{NV}$ ,  $Q_{HV}$ ,  $Q_{AC}$ ), and at least two converter cells ( $Z_1$ ,  $Z_2$ ), each having a transformer (T) having at least three transformer coils ( $W_{1,A}$ ,  $W_{1,B}$ ,  $W_{1,C}$ ,  $W_{2,A}$ ,  $W_{2,B}$ ,  $W_{2,C}$ ). At least one of the terminals (A, B, C) is connected to a series connection of converter cells ( $Z_1$ ,  $Z_2$ ), whereas at least one of the other terminals (A, B, C) is connected to parallel connection of converter cells ( $Z_1$ ,  $Z_2$ ) via a bidirectional serial line.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Konverter (K) zum Steuern von Leistungsflüssen zwischen mindestens drei Stromnetzwerken ( $Q_{AC}$ ,  $Q_{HV}$ ,  $Q_{NV}$ ), mit unterschiedlichen Betriebsspannungen ( $U_A$ ,  $U_B$ ,  $U_C$ ) bereitgestellt. Der Konverter umfasst mindestens drei Anschlüsse (A, B, C), die jeweils zum elektrischen Kontaktieren eines der drei Stromnetzwerke ( $Q_{NV}$ ,  $Q_{HV}$ ,  $Q_{AC}$ ) eingerichtet sind, sowie mindestens zwei Konverterzellen ( $Z_1$ ,  $Z_2, \dots$ ) mit jeweils einem Transformator (T) aufweisend mindestens drei Transformatorspulen ( $W_{1,A}$ ,  $W_{1,B}$ ,  $W_{1,C}$ ,  $W_{2,A}$ ,  $W_{2,B}$ ,  $W_{2,C}, \dots$ ), wobei mindestens einer der Anschlüsse (A, B, C) mit einer Serienschaltung von Konverterzellen ( $Z_1$ ,  $Z_2, \dots$ ), verbunden ist, während mindestens ein anderer der Anschlüsse (A, B, C) mit einer Parallelschaltung von Konverterzellen ( $Z_1$ ,  $Z_2, \dots$ ) verbunden ist.

WO 2018/192754 A1

Titel

ISOLIERTER DC/DC WANDLER ZUM STEuern VON  
LEISTUNGSFLÜSSEN ZWISCHEN DREI DC ANSCHLÜSSEN

5 Stand der Technik

Der hier beschriebene Konverter ist insbesondere auf das Gebiet der Leistungselektronik einsetzbar. Es handelt sich insbesondere um einen Konverter, welcher omnidirektionale Leistungsflüsse zwischen drei galvanisch  
10 getrennten Gleichspannungsquellen ermöglicht. Mit dem Begriff „omnidirektional“ ist in diesem Zusammenhang gemeint, dass über den Konverter ein Leistungsfluss zwischen den verschiedenen Gleichstromquellen in beliebiger Richtung und in einem weiten Leistungsbereich gesteuert werden kann.

15

In heutigen Elektro- wie auch in Hybridfahrzeugen werden üblicherweise zwei verschiedene Bordnetze eingesetzt: Zum einen existiert ein Niederspannungsnetz (NV-Netz), welches durch einen Akkumulator gepuffert wird und alle Niederspannungsverbraucher wie Bordcomputer, Lichteinheiten  
20 und Unterhaltungselektronik versorgt. Zum anderen existiert ein Hochspannungsnetz (HV-Netz), welches durch einen Hochvolt-Akku gespeist wird und sowohl Energie für den Antrieb, wie auch für das Niederspannungsnetz zur Verfügung stellt.

25

Um die Energie vom HV-Netz in das NV-Netz zu übertragen wird üblicherweise ein DC/DC-Konverter (DC = direct current = Gleichstrom) eingesetzt, welcher aus sicherheitstechnischen Gründen eine galvanische Trennung aufweisen muss. Für den erfolgreichen Betrieb eines Elektro- oder Hybridfahrzeuges müssen des Weiteren die Akkumulatoren über ein Stromversorgungsnetz (AC-Netz) geladen  
30 werden können. Hierdurch ist ein zusätzlicher AC/DC-Konverter (AC = alternating current = Wechselstrom) nötig, der auf Seiten des Stromversorgungsnetzes bevorzugt sowohl für den Betrieb mit Einphasenwechselstrom als auch für den Betrieb mit Dreiphasenwechselstrom geeignet ist. Aus sicherheitstechnischen Gründen muss hier ebenfalls eine galvanische Trennung vorgesehen sein. Für  
35 die Ausführung des AC/DC-Konverters mit galvanischer Trennung wird dieser

typischerweise mit einem nichtisolierten AC/DC-Gleichrichter und einem nachgeschalteten DC/DC-Konverter mit galvanischer Trennung ausgeführt. Damit existieren in den heutigen Elektro- und Hybridfahrzeugen schlussendlich üblicherweise drei galvanisch getrennte Gleichspannungssysteme, nämlich ein Stromversorgungsnetz (AC-Netz), über welchem ein Stromversorgungsnetz anschließbar ist, das HV-Netz und das NV-Netz.

Der Leistungsfluss zwischen diesen drei Gleichspannungssystemen wird wie oben beschrieben somit üblicherweise mit zwei unabhängigen galvanisch getrennten DC/DC-Konvertern bewerkstelligt. Damit muss einerseits die gesamte Leistung, welche vom AC-Netz zum Laden des NV-Netzes mit den NV-Akkumulatoren benötigt wird, je nach Verschaltung der Konverter, durch mindestens zwei DC/DC-Konverter geführt werden. Andererseits werden durch die Verschaltung der zwei unabhängigen galvanisch getrennten DC/DC-Konverter verschiedene Schaltungsteile doppelt verbaut. Hierzu zählen beispielsweise elektronische Umschalter oder Transformatoren. Mit dem Begriff „elektronische Umschalter“ sind hier insbesondere mit Leistungshalbleitern realisierte Brückenarme gemeint, wobei zwei Brückenarme eine Vollbrücke bilden. Dies führt sowohl zu einer schlechteren Gesamteffizienz des Systems, als auch zu erhöhten Produktionskosten und niedriger Leistungsdichte durch geringe Systemintegration.

#### Offenbarung der Erfindung

Hier beschrieben werden soll ein Konverter zum Steuern von Leistungsflüssen gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1. Es handelt sich um einen Konverter zum Steuern von Leistungsflüssen zwischen mindestens drei Stromnetzwerken, mit unterschiedlichen Betriebsspannungen umfassend mindestens drei Anschlüsse, die jeweils zum elektrischen Kontaktieren eines der drei Stromnetzwerke eingerichtet sind und mindestens zwei Konverterzellen mit einem Transformator aufweisend mindestens drei Transformatorspulen, wobei mindestens einer der Anschlüsse mit einer Serienschaltung von Transformatorspulen verschiedener Konverterzellen verbunden ist, während mindestens ein anderer der Anschlüsse mit einer Parallelschaltung von Transformatorspulen verschiedener Konverterzellen verbunden ist.

Der hier beschriebene Konverter ist insbesondere dazu geeignet Leistungsflüsse zwischen AC-Netz, HV-Netz und NV-Netz in einem elektrischen Kraftfahrzeug oder einem Hybrid-Kraftfahrzeug zu steuern. Der Konverter kann insbesondere auch als „Multiport-Konverter“ bezeichnet werden, weil dieser mehr als zwei Anschlüsse für verschiedene Stromnetzwerke aufweist.

Durch den Einsatz eines Konverters zur elektrischen Verbindung von AC-Netz, HV-Netz und NV-Netz, kann die Leistungsdichte wesentlich erhöht werden. Der einfachste Fall eines Multiport-Konverters ist ein Drei-Port-Konverter. Ein solcher Konverter stellt insbesondere auch eine galvanische Trennung unterschiedlicher mit dem Konverter gekoppelter Spannungsniveaus bereit.

Der hier beschriebene Konverter hat mindestens zwei Konverterzellen. Eine einzelne Konverterzelle ist für sich betrachtet ebenfalls ein Konverter und bevorzugt einen Drei-Port-Konverter (Multiport-Konverter mit drei Ports für unterschiedliche Stromnetzwerke). Eine solche Konverterzelle weist üblicherweise drei Ports, drei Vollbrücken und einen Transformator mit drei Transformatorspulen (oder auch Wicklungen) auf, wobei die Transformatorspulen bzw. Wicklungen jeweils einem der drei Ports zugeordnet sind. Der Transformator umfasst üblicherweise einen Kern, an welchem die mindestens drei Wicklungen angeordnet sind.

Die Vollbrücken ermöglichen es, die jeweiligen Ports gezielt mit den zugeordneten Wicklungen in verschiedenen, vorgesehenen Art- und Weisen zu verbinden. Die Vollbrücken, bestehend aus je vier Transistoren, können je nach Ansteuerung die Spannungsübertragung und Leistungsübertragung zwischen dem Port und der zugeordneten Wicklung unterbrechen (Nullspannung am Ausgang), übertragen oder invertiert übertragen. Durch eine „normale“ Übertragung wird eine positive Spannung am Ausgang erzeugt. Durch eine invertierte Übertragung wird eine negative Spannung am Ausgang erzeugt. Die Ausgangsspannungen der Vollbrücken werden direkt an die jeweiligen Trafowicklungen angelegt, wodurch ein Leistungsaustausch zwischen den verschiedenen Ports ermöglicht wird. Die Vollbrücken sind mit einem vorgebbaren Tastverhältnis betreibbar, um eine bestimmte Leistungsübertragung

durch die Vollbrücken einzustellen. In einer bevorzugten Ausführungsvariante sind die Vollbrücken für ein festes Tastintervall eingerichtet. Das Tastverhältnis gibt an für welches Zeitintervall innerhalb des Tastintervalls eine Leistungsübertragung möglich ist. Bevorzugt sind die Vollbrücken so eingerichtet, dass abwechselnd eine „normale“ Übertragung und eine invertierte Übertragung erfolgt. Dann kann die Vollbrücke auch dazu genutzt werden ein Wechselstromsignal mit einer Rechteck-Spannung nachzuempfinden. Die Tastintervalle einzelner Vollbrücken einer Konverterzelle oder verschiedener Konverterzellen können zeitlich zueinander verschoben sein. Diese Verschiebung ist eine Phasenverschiebung. Die Phasenverschiebung kann beispielsweise zur Verarbeitung von mehrphasigen Wechselströmen verwendet werden. Insbesondere bei parallel zueinander geschalteten Konverterzellen kann die Phasenverschiebung auch dazu genutzt werden einen besonders gleichmäßigen Betrieb des Konverters insgesamt zu gewährleisten, weil die Leistungsübertragungen verschiedener Konverterzellen dann zeitlich versetzt angeordnet werden können. Der gesamte Konverter bekommt dadurch eine besonders gleichförmige Leistungsübertragungscharakteristik mit minimalen Spannungs- und Leistungsschwankungen.

Der Leistungsfluss wird sowohl durch das Tastverhältnis der Ausgangsspannungen der Vollbrücken als auch durch deren Phasenverschiebung untereinander geregelt.

Ports des Gesamtkonverters werden im Folgenden mit  $P_A$ ,  $P_B$ ,  $P_C$ ... bezeichnet. Ports der einzelnen Konverterzellen (erste Konverterzelle, zweite Konverterzelle, dritte Konverterzelle,...) werden im Folgenden zusätzlich mit einem Index  $k$  für die einzelne Konverterzelle bezeichnet:  $P_{A,k}$ ,  $P_{B,k}$ ,  $P_{C,k}$ ...

Eine einzelne Konverterzelle ist jedoch hinsichtlich der Wertebereiche der einzelnen Portspannungen, sowie hinsichtlich der Spannungsunterschiede zwischen ebendiesen stark eingeschränkt. Dies gilt insbesondere aufgrund der geforderten Konvertereffizienz. Dies liegt daran, dass eine Abweichung von einem Nennspannungsniveau, für welches der jeweilige Multiport-Konverter eingerichtet ist, typischerweise zu einem Absinken der Effizienz der Energieübertragung führt. Dies erschwert den Einsatz einer einzelnen

Konverterzelle in automobilen Anwendungen mit stark unterschiedlichen und variablen Akkumulatorspannungen wesentlich. Einerseits müssen bei hohen Leistungen auf der NV-Seite große Ströme geführt werden. Dies kann durch die parasitären Streuinduktivitäten der Trafowicklungen und durch parasitäre Induktivitäten der Verdrahtung der Leistungstransistoren (Kommutierungsschleifen) zu erheblichen Schaltüberspannungen und Schaltverlusten in den Leistungstransistoren führen.

Andererseits müssen HV-Netz-seitig Transistoren mit hohen Sperrspannungen eingesetzt werden, welche im Vergleich zu Transistoren mit niedrigeren Sperrspannungen über schlechtere Eigenschaften hinsichtlich Schaltverlusten und Leitverlusten verfügen. Aus diesem Grund müsste die optimale Konverter-Schaltfrequenz reduziert werden. Folglich müsste das Volumen der genannten Komponenten zumindest teilweise größer ausgelegt werden.

Eine weitere Herausforderung stellt das hohe Spannungsübersetzungsverhältnis zwischen HV-Netz und NV-Netz dar. Dieses hohe Spannungsübersetzungsverhältnis ist insbesondere bei der Auslegung des Transformators eine große Herausforderung, weil es ein hohes Windungszahlenverhältnis erfordert.

Von Zwei-Port -Konverter-Systemen bestehend aus Konverterzellen mit jeweils zwei Spulen und zwei Anschlüssen, welche nur zwei Spannungsquellen mit stark unterschiedlichen Spannungsniveaus miteinander koppeln, ist ein Multi-Zellen-Ansatz bekannt. Hierbei werden von mehreren identischen Teilsystemen (im Folgenden Zellen oder auch Konverterzellen genannt), die Ports entweder in Serie oder parallel verschaltet, womit jede Zelle nur noch einen Teil der Gesamtleistung übertragen muss bzw. an einem Teil der hohen Spannung liegt.

Der hier vorgestellte Konverter ist ein Multi-Port-Multi-Zellen-Konverter (im Folgenden auch MPMZ-Konverter), der das Konzept einer Multi-Port-Konverterzelle mit einem Multi-Zellen-Konverter miteinander kombiniert. Dieser Konverter ermöglicht die effiziente Kopplung mehrerer Gleichspannungssysteme stark unterschiedlichen Spannungsniveaus bei geringem Konstruktionsaufwand.

Dies wird erreicht, indem mehrere identische Multi-Port-Konverterzellen (insbesondere mehrere Drei-Port-Zellen) für kleinere Leistungen ausgelegt und entsprechend der Spannungs- und Stromverhältnisse an deren jeweiligen Ports miteinander verschaltet werden. Dies bedeutet, dass auf der HV-Seite die Ports der einzelnen Drei-Port-Zellen für die (symmetrische) Spannungsaufteilung in Serie und auf der NV-Seite die Ports im Sinne einer (symmetrischen) Aufteilung des hohen Ausgangsstromes parallel geschaltet werden.

Besonders bevorzugt sind auf der NV-Seite alle Ports der Konverterzellen des Konverters parallel miteinander verschaltet. Es werden also alle Konverterzellen genutzt, um die niedrige Spannung auf NV-Seite bereitzustellen. Durch die Verteilung des Gesamtstroms auf die verschiedenen parallelen Zellenports wird eine besonders hohe Effizienz erreicht.

Durch den Einsatz des Multi-Port-Multi-Zellen-Konzepts (MPMZ-Konzept) erschließen sich wesentliche Vorteile. Die zu übertragende Leistung wird auf mehrere Zeilen symmetrisch verteilt, wodurch entweder die Port-Spannungen oder die Port-Ströme der jeweiligen Zellen reduziert werden können. Dies führt zu einem niedrigeren Windungszahlenverhältnis und zu einer Erhöhung der NV-Netz-seitigen charakteristischen Impedanz der einzelnen Konverter-Zellen, was sowohl ein verbessertes Transformator-Design, als auch eine Reduktion der Transistorschaltverluste auf der NV-Netz Seite ermöglicht.

Die Aufteilung der Hochspannung auf mehrere serielle zueinander geschaltete Ports mehrerer Konverterzellen ermöglicht den Einsatz von Transistoren mit niedrigeren Sperrspannungen und führt somit zu einer verbesserten Performancekennzahl (Figures-of-Merit), d.h. verbesserte Eigenschaften hinsichtlich Schalt- und Leitverlusten. Die dadurch höhere erzielbare Schaltfrequenz verkleinert das Volumen der passiven Komponenten, welches weiter reduziert werden kann, indem die verschiedenen Zellen nicht synchron getaktet, sondern mit einer gewissen Phasenverschiebung angesteuert werden. Die Überlagerung der Port-Ströme jeder Zelle führt somit zu einer reduzierten Stromwelligkeit in an den Ports des Konverters zur Spannungsstützung eingesetzten Kondensatoren, wodurch diese entweder eine höhere erwartete Lebensdauer aufweisen oder deren Kapazitätswerte reduziert werden können.

Bevorzugt ist, dass alle einzelnen Konverterzellen des Konverters gleich aufgebaut sind. Aus industrieller Sicht ist dieser Aufbau bzw. diese Topologie attraktiv, weil die Entwicklung einer einzelnen Konverter Zelle genügt, um Konverter—Systeme für verschiedenste Leistungs- und Spannungsniveaus ohne großen zusätzlichen Entwicklungsaufwand herzustellen. Dies führt zu einem positiven Skaleneffekt, welcher eine kostengünstige Produktion verschiedener Konverter-Systeme ermöglicht, die alle auf der gleichen Konverter-Zelle basieren.

Der Konverter ist bevorzugt so aufgebaut bzw. so geregelt, dass sich sowohl die hohen Eingangsspannungen als auch die hohen Ausgangsströme symmetrisch auf die einzelnen Zellen verteilen. Dazu hat der Konverter bevorzugt einen den Konverterzellen übergeordneten Regler. Dadurch wird sichergestellt, dass jede Zelle denselben Anteil der gesamten Leistung liefern muss, und somit auch die Verluste gleichmäßig im Konverter verteilt werden. Des Weiteren werden die Vollbrücken in den verschiedenen Zellen entsprechend mit einer zellenzahlabhängigen Phasenverschiebung angesteuert. Der Konverter hat bevorzugt Kondensatoren  $C_A$ ,  $C_B$ ,  $C_C$ , mit welchen die Gesamtstromwelligkeit an den Anschlüssen des Konverters in den Ausgangskondensatoren durch die Überlagerung der einzelnen Zellenströme reduziert werden kann.

Im Gegensatz zu einem Konverter mit einer Zwei-Port-Multi-Zellen-Topologie ist für die vorliegende MPMZ-Topologie eine automatische Ausbalancierung der Portspannungen  $V_{A,k}$  und  $V_{B,k}$   $k \in \{1, \dots, n\}$  nicht gegeben. Daher sollte eine aktive Regelung dieser Spannungen durch einen übergeordneten Regler erfolgen. Unter Vernachlässigung der Konverterverluste gilt für die Summe der Leistungen an den drei Anschlüssen bzw Ports  $P_A + P_B + P_C = 0$ , wodurch nur zwei dieser Leistungen frei wählbar sind.

Bevorzugt hat jede Konverterzelle einen eigenen (internen) Zellenregler. Für die Verteilung der Leistungen in einer einzelnen Konverterzelle gilt ebenfalls, dass die Summe der Leistungen an den einzelnen Anschlüssen Null sein muss ( $P_{x,A} + P_{x,B} + P_{x,C} = 0$ ) Jede Zelle wird durch einen eigenen internen Regler gesteuert.



Zumindest einer der Regler (der übergeordnete Regler und oder mindestens ein Zellenregler) ist dazu eingerichtet, fünf verschiedene Parameter anhand der gewünschten Verteilung der Leistung auf die einzelnen Ports ( $P_A$ ,  $P_B$  und  $P_C$ ) zu berechnen. Dies gilt insbesondere für die Zellenregler, die bevorzugt alle  
5 entsprechend eingerichtet sind. In einer bevorzugten Ausführungsvariante ist der übergeordnete Regler nicht dazu eingerichtet diese fünf verschiedenen Parameter entsprechend vorzugeben. Vielmehr ist der übergeordnete Regler dazu eingerichtet Portleistungen für die einzelnen Zellenregler ( $P_{A,k}$ ,  $P_{B,k}$  und  $P_{C,k}$ ) vorzugeben. Die einzelnen Zellenregler sind dann dazu eingerichtet eine  
10 gemeinsam (übergeordnete) Vorgabe des übergeordneten Reglers zu erfüllen.

Die fünf Parameter sind bevorzugt die folgenden Parameter:

- $D_A$ , Tastverhältnis am Konvertereingang A
- $D_B$ , Tastverhältnis am Konvertereingang B
- 15 -  $D_C$ , Tastverhältnis am Konvertereingang C
- $\phi_{AB}$  Phasenverschiebungswinkel zwischen den Konvertereingängen A und B, und
- $\phi_{AC}$ . Phasenverschiebungswinkel zwischen den Konvertereingängen A und C.

20 Durch fünf Parameter sind die Vollbrücken mit Hilfe des Reglers vollständig steuerbar. Tatsächlich existiert als sechster Parameter noch der Phasenverschiebungswinkel  $\phi_{BC}$  zwischen den Konvertereingängen B und C. Diese ist jedoch vollständig von den Phasenverschiebungswinkeln  $\phi_{AB}$  und  $\phi_{AC}$  abhängig und braucht aus diesem Grunde nicht separat vorgegeben zu werden.

25 Im Folgenden soll die Arbeitsweise des Konverters anhand von konkreten Beispielen noch weiter erläutert werden. Bei einer negativen Leistung an einem seriell verschalteten Port des Konverters und einer zu hohen Kondensatorspannung am Kondensator dieses Ports, muss die dem  
30 Kondensator zugeführte Leistung verringert werden, um eine Reduktion der Portspannung zu bewirken. Von einem übergeordneten Regler werden nun Korrekturterme für die Leistungsverteilungen der einzelnen Zellen bestimmt ( $P_{A,diff,k}$ ,  $P_{B,diff,k}$  und  $P_{C,diff,k}$ ). Um trotz unterschiedlicher Zellenleistungen der einzelnen Konverterzellen eine Destabilisierung des gesamten Konverters zu  
35 verhindern, wird die Summe der zelleninternen Korrekturterme  $P_{A,diff,k} + P_{B,diff,k} =$

- $P_{\text{Cdiff, k}}$  über die parallel geschalteten NV—Ports kompensiert. Dies ist ein weiterer Vorteil, wenn auf der NV-Seite, bzw. am NV-Netz alle Konverterzellen parallel geschaltet sind. So kann das NV-Netz gleichzeitig auch zur Stabilisierung der einzelnen Zellenleistungen genutzt werden, indem Leistungsunterschiede zwischen den einzelnen Zellen ausgeglichen werden.

Dies ist insbesondere möglich, weil im Gegensatz zu den seriell verschalteten Ports, eine unsymmetrische Leistungsverteilung in den parallel geschalteten Zellenports keine Änderung des Verhältnisses zwischen den jeweiligen Portspannungen zur Folge hat und somit keine Destabilisierung des Konverters resultiert. Ein solcher stabilisierender Effekt wäre mit rein seriell verschalteten Zellen nicht hervorrufbar, weil man dort drei zelleninterne Portspannungen regeln müsste, jedoch nur zwei Freiheitsgrade (Portleistungen) zur Regelung der Zellenspannungen zur Verfügung hat. Aus diesem Grund ist es für einen stabilen Betrieb des beschriebenen Multi-Port-Multi-Zellen-Konverters unabdingbar, dass mindestens ein Port der Konverterzellen parallel verschaltet wird, über welchen die Leistungsunterschiede zwischen den Zellen ausgeglichen werden können.

Durch die spannungsproportionale Umverteilung der Zellenleistungen ändert sich nichts an der Gesamtleistung des Konverters, weil die Reduktion der Portleistung um einen bestimmten Wert in der einen Konverterzelle, zu einer Erhöhung der Portleistung in einer anderen Konverterzelle um genau denselben Wert führt.

Die Erfindung sowie das technische Umfeld werden nachfolgend anhand der Figuren näher erläutert. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Figuren jeweils nur schematisch sind. Es zeigen:

Fig. 1: ein Schaltbild eines Konverters mit einer beschriebenen Multi-Port-Multi-Zellen-Anordnung,

Fig. 2: ein Ersatzschaltbild einer Konverterzelle,

Fig. 3: eine Darstellung der Wirkungsweise einer Vollbrücke,

Fig. 4: eine Darstellung des phasenverschobenen Betriebs mehrerer Konverterzellen,

Fig. 5: ein Beispiel für unterschiedliche Leistungseingänge an Anschlüssen des Konverters,

Fig. 6 ein Beispiel für eine Steuerung des Konverters mit einem übergeordneten Regler, und

Fig. 7 ein Beispiel für ein Verhalten des Konverters bei Spannungs- und Leistungsänderungen.

Die vorgestellte Multi-Port-Multi-Zellen-Topologie eines Konverters K ermöglicht omnidirektionalen Leistungsfluss zwischen drei galvanisch getrennten Gleichspannungsquellen. Sie besteht bevorzugt aus mehreren identischen Drei-Port-Zellen  $Z_{1,2,n}$ , welche in Abhängigkeit der Höhe der angelegten Portspannungen des Gesamtsystems entweder in Serie oder parallel verschaltet werden. In Fig.1 ist der Konverter K mit einer Mehrzahl von Zellen  $Z_{1,2,n}$  gezeigt. Der Konverter K hat drei Anschlüsse A, B, und C, wobei Anschluss A einem Stromversorgungsnetz  $Q_{AC}$ , Anschluss B einem Hochspannungsnetz  $Q_{HV}$  und Anschluss C einem Niederspannungs-Netz  $Q_{NV}$  zugeordnet ist.

Jede Zelle besteht aus drei Vollbrücken VB und einem Transformator T mit drei Wicklungen  $-W_{x,A} W_{x,B} W_{x,C}$  bzw. Transformatorspulen sowie drei Zellenanschlüssen  $ZA_{x,A}$ ,  $ZA_{x,B}$  und  $ZA_{x,C}$ . Hierbei steht der erste Index „x“ für die Nummer der jeweiligen Konverterzelle und der zweite Index „A, B, C“ für die einzelnen Anschlüsse der mit „x“ bezeichneten Konverterzelle. Die Zellenanschlüsse  $ZA_{x,A}$ ,  $ZA_{x,B}$  und  $ZA_{x,C}$  sind mit den Vollbrücken VB jeweils mit einer zugeordneten Wicklungen elektrisch verbindbar, um die Transformatorspulen  $W_{x,A} W_{x,B} W_{x,C}$  zu schalten. Die Vollbrücken VB weisen jeweils eine Schaltung mit vier Transistoren/Leistungsschaltern  $SB_{,ka}$ ,  $SB_{,kb}$ ,  $SB_{,kc}$  und  $SB_{,kd}$  auf, wobei hier der erste Index (hier Beispielhaft „B“) jeweils für den einzelnen Zellenanschluss, der Index k für die jeweilige Konverterzelle und der letzte Index a, b, c für den einzelnen Leistungsschalter der jeweiligen Vollbrücke VB steht. Beispielhaft sind diese Transistoren/Leistungsschalter hier nur für die

Vollbrücke VB am Zellenanschluss  $ZA_{1,B}$  gezeigt. Es sind allerdings alle Vollbrücken an allen Zellenanschlüssen  $ZA_{x,A/B/C}$  entsprechend aufgebaut.

Fig. 2 zeigt ein Ersatzschaltbild einer Konverterzelle des Konverters. Der Transformator und die Transformatorspulen bzw. Wicklungen bilden hierbei die Induktivitäten  $l_{x,A}$ ,  $l_{x,B}$  und  $l_{x,C}$ . Die Vollbrücken VB und die Zellenanschlüsse  $ZA_{x,A}$ ,  $ZA_{x,B}$  und  $ZA_{x,C}$  sind hier entsprechend zur Figur 1 in schematischer Weise dargestellt.

Fig. 3 zeigt wie sich Spannungs- und Stromformen mit einer einzelnen Vollbrücke einer Konverterzelle einstellen lassen. Hier wird durch Verwendung der einzelnen Transistoren der Vollbrücke ein Spannungsverlauf erzeugt, der durch Rechtecksignale einen Wechselstrom bereitstellt.

Im unteren Teil von Figur 3 sind die Schaltstellungen der vier Transistoren/Leistungsschalter  $SA_{ka}$ ,  $SA_{kb}$ ,  $SA_{kc}$  und  $SA_{kd}$  der Vollbrücke dargestellt, wobei jeweils 1 einen geöffneten Zustand und 0 einen geschlossenen Zustand des jeweiligen Transistors/Leistungsschalters definiert. Der Index „A“ des jeweiligen Zellenanschlusses ist hier nur beispielhaft gewählt. Aus einem Eingangssignal mit einer gleichmäßigen Eingangsspannung wird mit Hilfe dieser Schaltung der Transistoren der Vollbrücke eine rechteckförmige Wechselspannung  $V_{A,k}$  erzeugt, die im oberen Teil der Figur 3 dargestellt ist.

Fig. 4 verdeutlicht den Betrieb von Konverterzellen. Im oberen Teil (a) der Figur 4 sind über die Zeit die Spannungen  $V_{A,k}$ ,  $V_{B,k}$  und  $V_{C,k}$  und Ströme  $i_{A,k}$ ,  $i_{B,k}$  und  $i_{C,k}$  aufgetragen, die an den drei Zellenanschlüssen einer Konverterzelle während des Betriebs der Konverterzelle anliegen. Die Spannungen sind jeweils Wechselspannungen, die durch den Betrieb der Vollbrücken gemäß Fig. 3 erzeugt werden. Zu erkennen ist, dass die Zeitintervalle in denen eine Spannung anliegt an den drei Zellenanschlüssen jeweils unterschiedlich lang sind. Dies wird mit Hilfe der Verwendung der Tastverhältnisse  $D_{A,B,C}$  erreicht. Weiter zu verkennen sind, dass die Zeitintervalle in denen eine Spannung anliegt zueinander verschoben sind. Dies wird durch die Phasenverschiebungen  $\phi_{AB,k}$ ,  $\phi_{AC,k}$  erreicht. Mit Hilfe der einzelnen Vollbrücken der Konverterzelle werden unter Verwendung der Tastverhältnisse  $D_{A,B,C}$  und der Phasenverschiebungen  $\phi_{AB, AC}$

zueinander phasenverschobene Wechselspannungen auf die einzelnen Transformatorspulen der Konverterzelle gegeben, welche die gewünschte Leistungsverteilung zwischen den Zellenanschlüssen ( $P_{A,k} + P_{B,k} + P_{C,k} = 0$ ) bewirken.

5 Im unteren Teil (b) der Figur 4 sind die Spannungsverläufe an zwei gleichen Zellenanschlüssen verschiedener Konverterzellen dargestellt. Bevorzugt werden die einzelnen Vollbrücken der verschiedenen Konverterzellen so betrieben dass hier eine Zellenphasenverschiebung  $\Phi_{\text{cell}}$  erreicht wird. So kann eine besonders geringe Strom- und Spannungswelligkeit in den Ausgangskondensatoren bzw.  
10 den Ausgangsanschlüssen A, B und C des Konverters insgesamt erzielt werden, wodurch die Kapazität der Ausgangskondensatoren für eine bestimmte geforderte maximale Ausgangsspannungswelligkeit reduziert werden kann.

Fig. 5. zeigt die Leistungsflüsse  $P_{A/B/C}$ , die mit dem Konverter K insgesamt  
15 eingestellt werden können. Die Einstellung dieser Leistungsflüsse wird über den in Fig. 6 gezeigten übergeordneten RG erreicht, welcher aus den Leistungssollwerten  $P_{A/B/C,\text{soll}}$  und den gemessenen Portspannungen  $V_{A/B/C,k}$  an den einzelnen Konverterzellen benötigten Zellenleistungen  $P_{A/B/C,k}$  berechnet. Die Zellenleistungssollwerte  $P_{A/B/C,k,\text{soll}}$  setzen sich dabei aus zwei verschiedenen  
20 Teilleistungen  $P_{A/B/C,\text{nom},k}$  und  $P_{A/B/C,\text{diff},k}$  zusammen. Der erste Term ist ein Leistungsmittelwert, welcher für jede Zelle derselbe ist und dafür sorgt, dass die geforderte Gesamtleistung  $P$  erreicht wird, während der zweite Leistungsterm die einzelnen Spannungen an den Zellenports bzw. Zellenanschlüssen regelt. Für eine positive Leistung  $P_x$  muss somit bei zu hoher Portspannung die  
25 Zellenportleistung erhöht werden, damit sich die Spannung über dem zelleninternen Eingangskondensator verringert. Dies geschieht dadurch, dass mehr Ladung aus dem Kondensator abfließt, als durch die restlichen Zellen nachfließen kann. Die Zellenleistungssollwerte  $P_{A/B/C,k,\text{soll}}$  werden dann an die einzelnen Regler  $R_k$  der einzelnen Konverterzellen weitergegeben, die im rechten  
30 Teil der Figur 6 dargestellt sind. Die einzelnen Regler  $R_k$  geben dann wiederum für die einzelnen Konverterzellen die Tastverhältnisse  $D_{A/B/C}$  und die Phasenverschiebungswinkel  $\phi_{A/B/C}$  vor.

In Fig. 7 wird dies exemplarisch anhand eines Zwei-Zellen-Konverters gezeigt.  
35 Der Konverter soll eine Leistung von 1kW von Anschluss A nach Anschluss B

übertragen, wobei im Mittel keine Leistung in oder aus Anschluss C fließen soll. Das System befindet sich in einem asymmetrischen Zustand, da die Eingangsspannung  $V_{A,1} = 250V$  grösser als  $V_{A,2} = 150V$  ist, wodurch  $V_{A,1}$  verringert und  $V_{A,2}$  erhöht werden muss. Die Portspannungen des Anschlusses B sind symmetrisch verteilt, wodurch für diese keine Spannungsanpassung notwendig ist. Der Regler berechnet nun zunächst die geforderten Eingangsströme  $I_{A,soll}$  und  $I_{B,soll}$ , welche jeweils für beide Zellen derselbe ist, und daraus die jeweils identischen Teilleistungen  $P_{Anom,1} = P_{Anom,2} = 500W$  und  $P_{Bnom,1} = P_{Bnom,2} = -500W$ . Die Leistungs-Korrekturterme des Konvertereingangs A werden anschließend über die Portspannungsfehler  $(V_{A,1} - V_{A,2})$  und  $(V_{A,2} - V_{A,1})$  sowie den Absolutbetrag von  $I_{A,soll}$  zu  $P_{Adiff,1} = 125W$  und  $P_{Adiff,2} = -125W$  berechnet. Der Betrag des Stromsollwerts ist insbesondere für negative Portleistungen relevant, da ein negativer Portspannungsfehler durch einen negativen Leistungs-Korrekturterm  $P_{A/B/Cdiff,k}$  korrigiert werden muss, was nur mit einem positiven Stromsollwert  $I_{x,soll}$  erreicht wird. Die Leistungs-Korrekturterme des Konverterausgangs B werden zu  $0W$ , da die Portspannungen bereits symmetrisch verteilt sind. Die Zellenleistungssollwerte aus dem Beispiel sind somit  $P_{A,1,soll} = 625W$ ,  $P_{A,2,soll} = 375W$ ,  $P_{B,1,soll} = 500W$ ,  $P_{B,2,soll} = -500W$ ,  $P_{C,1,soll} = -125W$  und  $P_{C,2,soll} = 125W$  welche in Summe der geforderten Eingangsleistung des Gesamtsystems  $P_{A,soll} = 1kW$ , der geforderten Ausgangsleistung  $P_{B,soll} = -1kW$  und der Ausgangsleistung  $P_{C,soll} = 0W$  entsprechen. Dieses Regelverfahren hat demnach die gewünschte Stabilisierung der Eingangsspannungen der Zellen zur Folge, ohne die Eingangsleistung  $P_x$  des Gesamtsystems zu verändern.

Obwohl die durchschnittliche Leistung im Konverter-Anschluss C ( $P_c$ ) mit  $0W$  (siehe Fig. 7) der geforderten Leistung des Gesamtsystems entspricht, ist dieser Port zwingend notwendig, da über diesen die Leistungsdifferenzen  $P_{c,k}$  ausgeglichen werden, damit in jeder Zelle wieder die oben genannte Bedingung  $P_{A,k} + P_{B,k} + P_{C,k} = 0$  erfüllt wird.

Die so erhaltenen Zellenleistungen werden anschließend den zelleninternen Reglern weitergeleitet, welche ihrerseits die entsprechenden Parameter  $D_A$ ,  $D_B$ ,  $D_C$ ,  $\phi_{AB}$ , und  $\phi_{AC}$  berechnen. Somit werden während des Konverterbetriebs jederzeit symmetrische Leistungsverteilungen und stabiler Betrieb garantiert.

## Patentansprüche

1. Konverter (K) zum Steuern von Leistungsflüssen zwischen mindestens  
5 drei Stromnetzwerken ( $Q_{AC}$ ,  $Q_{HV}$ ,  $Q_{NV}$ ), mit unterschiedlichen  
Betriebsspannungen ( $U_A$ ,  $U_B$ ,  $U_C$ ) umfassend:  
mindestens drei Anschlüsse (A, B, C), die jeweils zum elektrischen Kontaktieren  
eines der drei Stromnetzwerke ( $Q_{NV}$ ,  $Q_{HV}$ ,  $Q_{AC}$ ) eingerichtet sind;  
mindestens zwei Konverterzellen ( $Z_1, Z_2, \dots$ ) mit jeweils einem Transformator (T)  
10 aufweisend mindestens drei Transformatorspulen ( $W_{1,A}$ ,  $W_{1,B}$ ,  $W_{1,C}$ ,  $W_{2,A}$ ,  $W_{2,B}$ ,  
 $W_{2,C}, \dots$ ), wobei mindestens einer der Anschlüsse (A, B, C) mit einer  
Serienschaltung von Konverterzellen ( $Z_1, Z_2, \dots$ ), verbunden ist, während  
mindestens ein anderer der Anschlüsse (A, B, C) mit einer Parallelschaltung von  
Konverterzellen ( $Z_1, Z_2, \dots$ ) verbunden ist.  
15
2. Konverter (K) nach Anspruch 1, wobei ein erster Anschluss A zum  
Kontaktieren eines Stromversorgungsnetz ( $Q_{AC}$ ) vorgesehen ist und mit einer  
Serienschaltung von Konverterzellen ( $Z_1, Z_2, \dots$ ) verbunden ist.
- 20 3. Konverter (K) nach Anspruch 2, wobei ein zweiter Anschluss (B) zum  
Kontaktieren eines Hochspannungsnetzwerks ( $Q_{HV}$ ) eines Kraftfahrzeuges  
eingerichtet ist und mit einer Schaltung sämtlicher Konverterzellen ( $Z_1, Z_2, \dots$ ) des  
Konverters (K) verbunden ist.
- 25 4. Konverter (K) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein  
dritter Anschluss (C) zum Kontaktieren eines Niederspannungsnetzwerks ( $Q_{NV}$ )  
vorgesehen ist und mit einer Parallelschaltung von Konverterzellen ( $Z_1, Z_2, \dots$ )  
verbunden ist.
- 30 5. Konverter (K) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die  
Konverterzellen ( $Z_1, Z_2, \dots$ ) für jede Transformatorspule ( $W_{1,A}$ ,  $W_{1,B}$ ,  $W_{1,C}$ ,  $W_{2,A}$ ,  
 $W_{2,B}$ ,  $W_{2,C}, \dots$ ) einen Anschluss mit einer Vollbrücke (VB) aufweisen, mit welcher  
der Anschluss geschaltet werden kann.

6. Konverter (K) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mindestens einer der drei Anschlüsse (A, B, C) mit einem Kondensator (C) verbunden ist.

5 7. Konverter (K) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei alle Konverterzellen ( $Z_1, Z_2, Z_n$ ) des Konverters gleich aufgebaut sind.

8. Konverter (K) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, aufweisend einen den Konverterzellen ( $Z_1, Z_2, Z_n$ ) übergeordneten Regler.

10

9. Konverter (K) nach Anspruch 8, wobei der übergeordnete Regler dazu eingerichtet ist eine Vorgabe von Leistungen ( $P_A, P_B, P_C$ ) an den einzelnen Anschlüssen (A, B, C) zu empfangen und hierauf basierend eine Vorgabe von Leistungen ( $P_{A,1}, P_{B,1}, P_{C,1}, P_{A,2}, P_{B,2}, P_{C,2}, P_{A,n}, P_{B,n}, P_{C,n}$ ) für die einzelnen Konverterzellen ( $Z_1, Z_2, Z_n$ ) zu bestimmen.

15

10. Konverter (K) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei jede Konverterzelle ( $Z_1, Z_2, Z_n$ ) einen Zellenregler aufweist.

20

11. Konverter (K) nach Anspruch 10, wobei jeder Zellenregler dazu eingerichtet ist basierend auf einer Vorgabe von Leistungen an Zellenkonverterports ( $ZA_{1,A}, ZA_{1,B}, ZA_{1,C}, ZA_{2,A}, ZA_{2,B}, ZA_{2,C}, \dots$ ) die folgenden Parameter anzupassen:

25

- $D_A$ , Tastverhältnis am Konvertereingang A
- $D_B$ , Tastverhältnis am Konvertereingang B
- $D_C$ , Tastverhältnis am Konvertereingang C
- $\phi_{AB}$  Phasenverschiebungswinkel zwischen den Konvertereingängen A und B, und
- $\phi_{AC}$  Phasenverschiebungswinkel zwischen den Konvertereingängen A und B.

30





Fig. 2

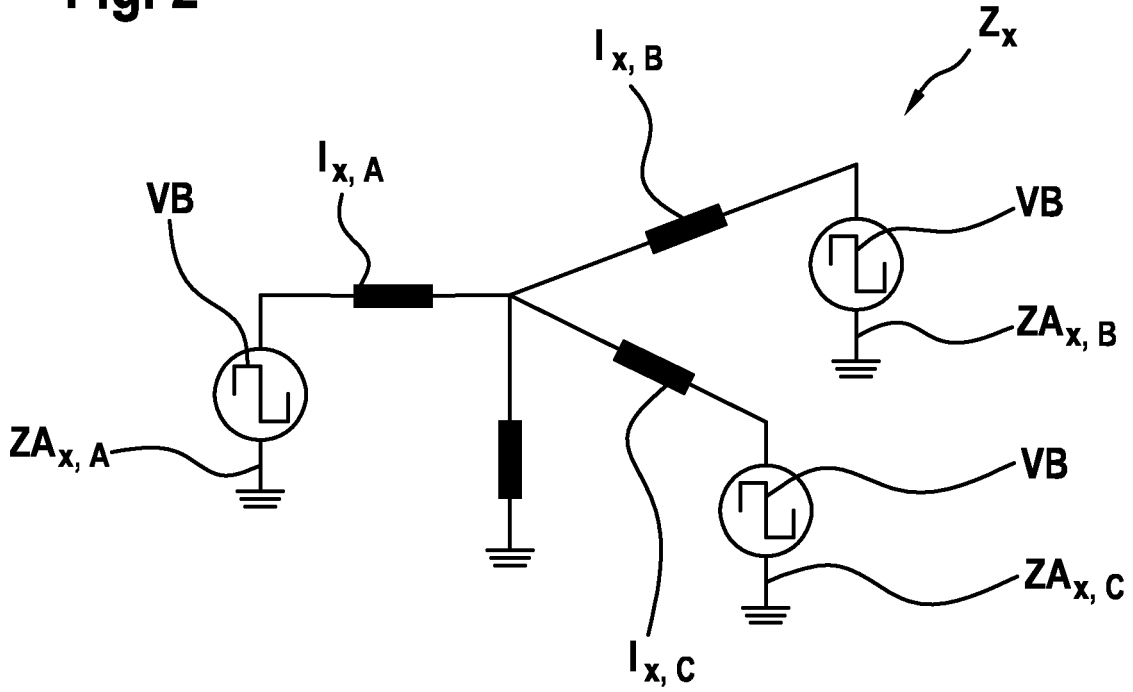


Fig. 3

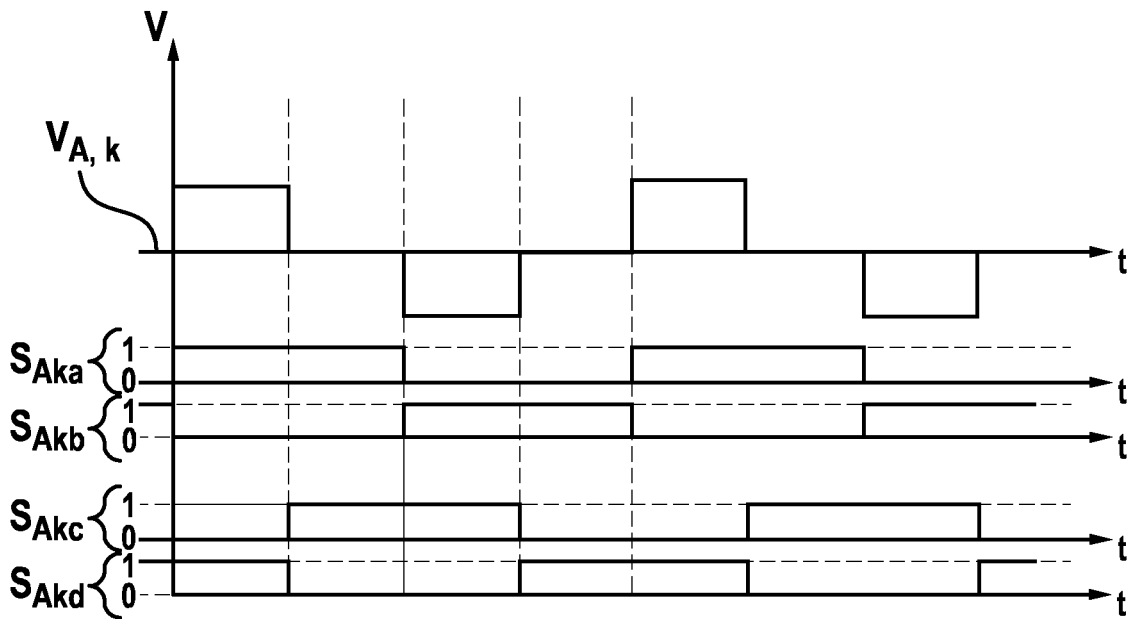


Fig. 4

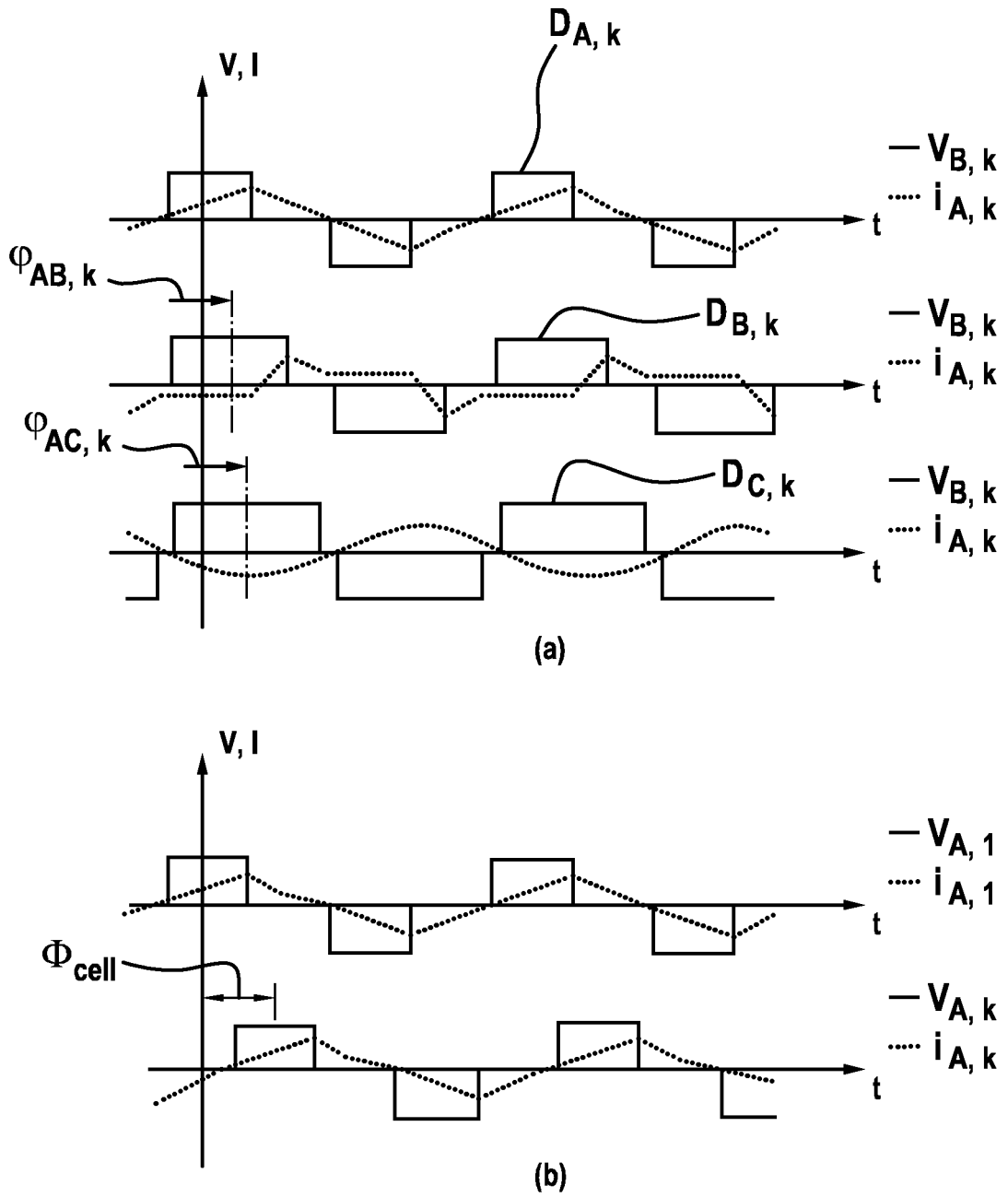


Fig. 5

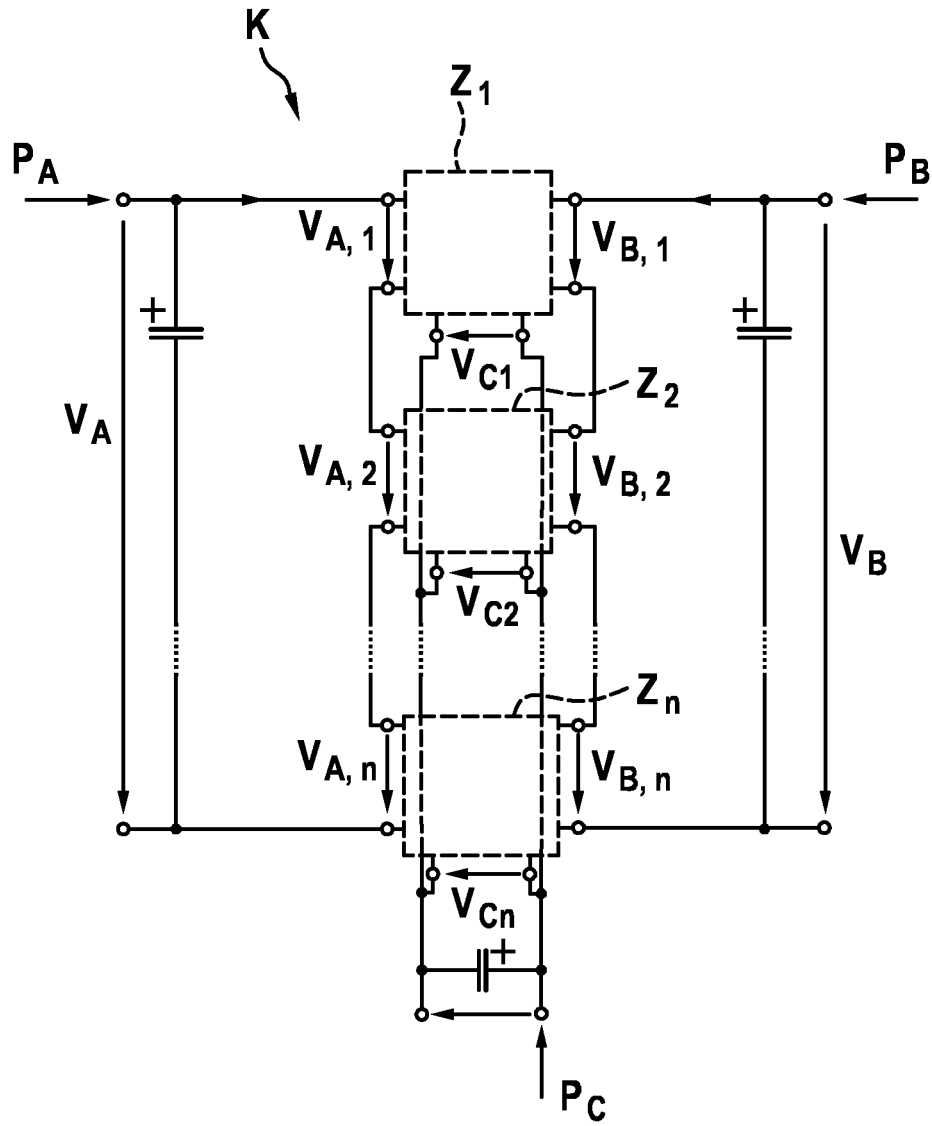
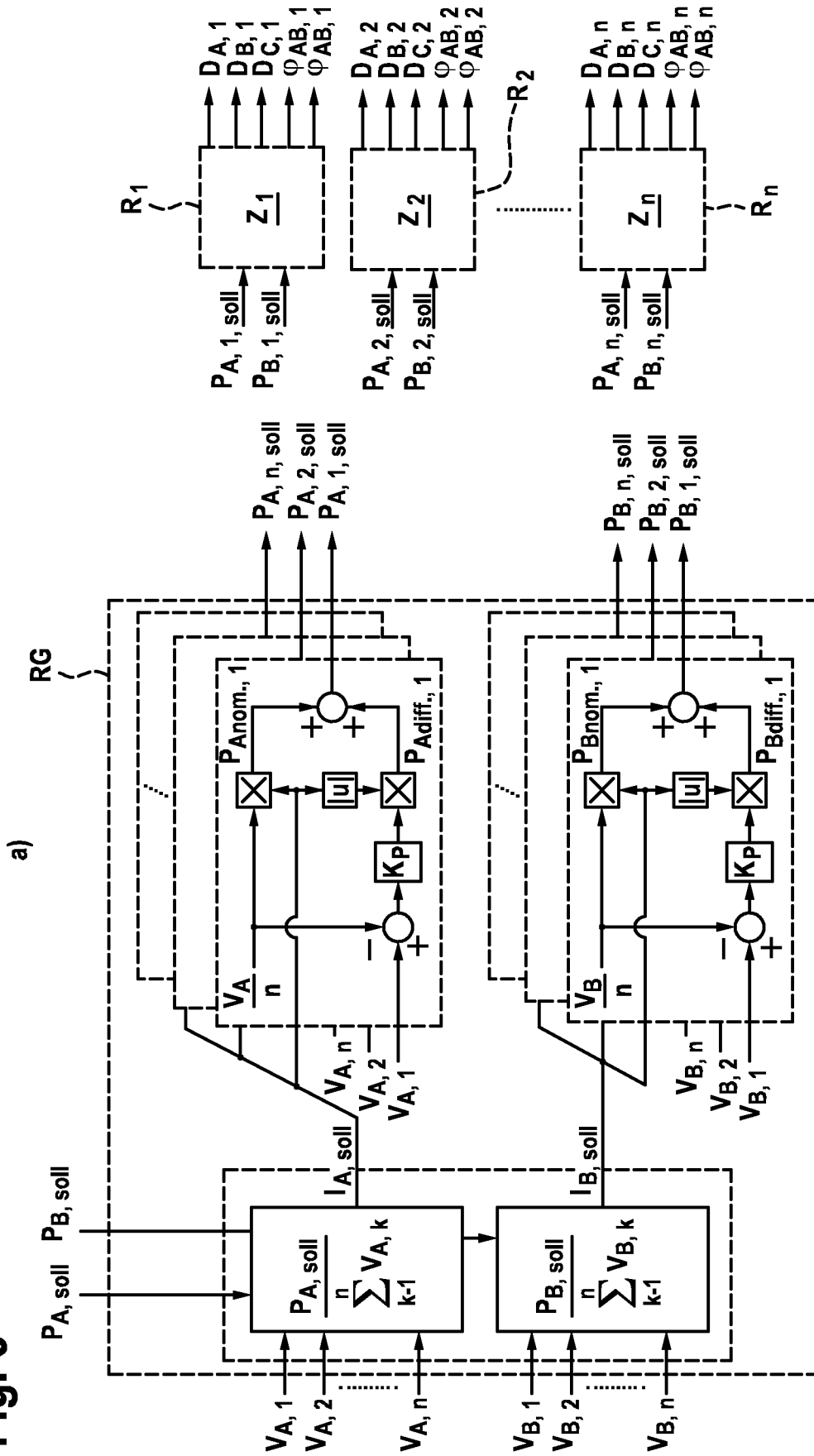
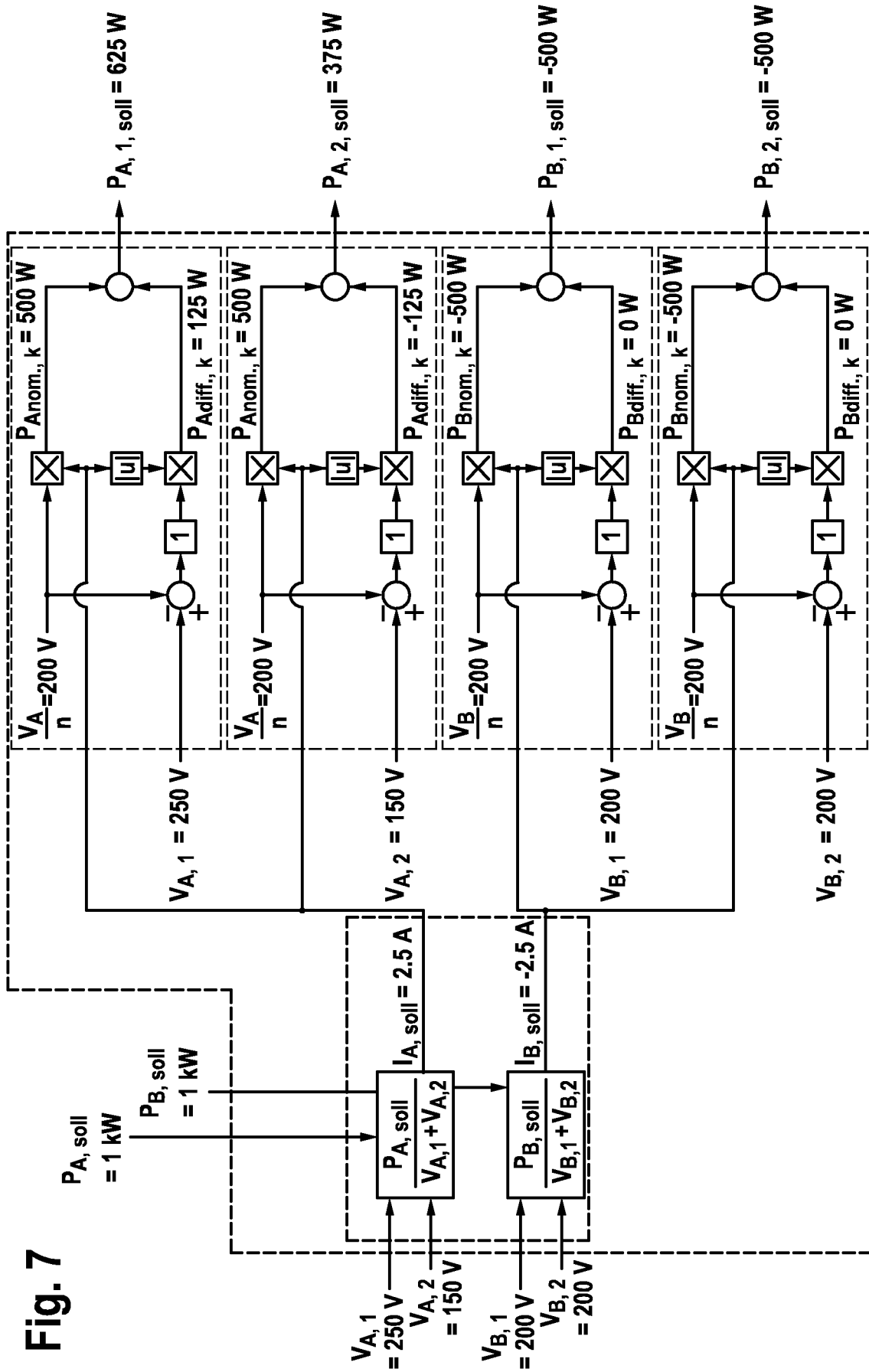


Fig. 6





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2018/057755

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. H02M3/28 H02M3/335  
ADD. H02M1/00

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)  
H02M

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.
Y	FARHANGI BABAK ET AL: "A novel vehicular integrated power system realized with multi-port series ac link converter", 2015 IEEE APPLIED POWER ELECTRONICS CONFERENCE AND EXPOSITION (APEC), IEEE, 15 March 2015 (2015-03-15), pages 1353-1359, XP032775106, DOI: 10.1109/APEC.2015.7104524 [retrieved on 2015-05-08] abstract; figure 4 Sections I, IV, V, VI	1-11
Y	EP 2 966 740 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 13 January 2016 (2016-01-13) figures 3,4 paragraphs [0031] - [0033]	1-11
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

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  12 June 2018	Date of mailing of the international search report  27/06/2018
---	--

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

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2018/057755

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	<p>LI BIN ET AL: "Bi-directional on-board charger architecture and control for achieving ultra-high efficiency with wide battery voltage range", 2017 IEEE APPLIED POWER ELECTRONICS CONFERENCE AND EXPOSITION (APEC), IEEE, 26 March 2017 (2017-03-26), pages 3688-3694, XP033098741, DOI: 10.1109/APEC.2017.7931228 [retrieved on 2017-05-17] abstract; figure 8 page 3691, left-hand column, paragraphs 1,2</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-11
T	<p>SCHAFFER JANNIK ET AL: "Multi-port multi-cell DC/DC converter topology for electric vehicle's power distribution networks", 2017 IEEE 18TH WORKSHOP ON CONTROL AND MODELING FOR POWER ELECTRONICS (COMPEL), IEEE, 9 July 2017 (2017-07-09), pages 1-9, XP033144074, DOI: 10.1109/COMPEL.2017.8013326 [retrieved on 2017-08-18]</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2018/057755

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 2966740	A2	13-01-2016	
		BR 102015016616 A2	12-01-2016
		CA 2896927 A1	11-01-2016
		CN 105305406 A	03-02-2016
		EP 2966740 A2	13-01-2016
		US 2016009354 A1	14-01-2016
-----			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. H02M3/28 H02M3/335  
 ADD. H02M1/00

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 H02M

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.
Y	FARHANGI BABAK ET AL: "A novel vehicular integrated power system realized with multi-port series ac link converter", 2015 IEEE APPLIED POWER ELECTRONICS CONFERENCE AND EXPOSITION (APEC), IEEE, 15. März 2015 (2015-03-15), Seiten 1353-1359, XP032775106, DOI: 10.1109/APEC.2015.7104524 [gefunden am 2015-05-08] Zusammenfassung; Abbildung 4 Sections I, IV, V, VI	1-11
Y	EP 2 966 740 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 13. Januar 2016 (2016-01-13) Abbildungen 3,4 Absätze [0031] - [0033]	1-11
	----- -/--	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



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

12. Juni 2018

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

27/06/2018

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kail, Maximilian

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	<p>LI BIN ET AL: "Bi-directional on-board charger architecture and control for achieving ultra-high efficiency with wide battery voltage range",            2017 IEEE APPLIED POWER ELECTRONICS CONFERENCE AND EXPOSITION (APEC), IEEE, 26. März 2017 (2017-03-26), Seiten 3688-3694, XP033098741,            DOI: 10.1109/APEC.2017.7931228            [gefunden am 2017-05-17]            Zusammenfassung; Abbildung 8            Seite 3691, linke Spalte, Absätze 1,2            -----</p>	1-11
T	<p>SCHAFFER JANNIK ET AL: "Multi-port multi-cell DC/DC converter topology for electric vehicle's power distribution networks",            2017 IEEE 18TH WORKSHOP ON CONTROL AND MODELING FOR POWER ELECTRONICS (COMPEL), IEEE, 9. Juli 2017 (2017-07-09), Seiten 1-9, XP033144074,            DOI: 10.1109/COMPEL.2017.8013326            [gefunden am 2017-08-18]            -----</p>	

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/057755

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
EP 2966740	A2	13-01-2016	BR 102015016616 A2	12-01-2016
			CA 2896927 A1	11-01-2016
			CN 105305406 A	03-02-2016
			EP 2966740 A2	13-01-2016
			US 2016009354 A1	14-01-2016
-----				