

(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
28. Januar 2016 (28.01.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/012300 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02P 9/48 (2006.01) B60L 11/18 (2006.01)
H02P 25/22 (2006.01) B60R 16/03 (2006.01)
H02M 1/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/066020

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. Juli 2015 (14.07.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

102014214717.4 25. Juli 2014 (25.07.2014) DE
102014222163.3 30. Oktober 2014 (30.10.2014) DE

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

(72) Erfinder: **MEYER, Reinhard**; Ernst-Essich-Weg 23,
74321 Bietigheim-Bissingen (DE). **RETANA
HERNANDEZ, Roberto Carlos**; Immenhoferstr. 5, 70180
Stuttgart (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ELECTRIC MACHINE FOR SUPPLYING ENERGY TO A VEHICLE ON-BOARD NETWORK

(54) Bezeichnung : ELEKTRISCHE MASCHINE ZUR ENERGIEVERSORGUNG EINES KRAFTFAHRZEUGBORDNETZES

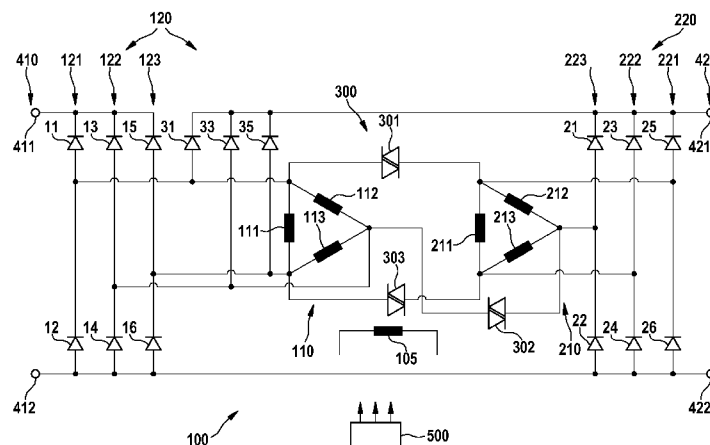


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method of operating an electric machine (100) having a first group (110) of stator windings (111, 112, 113) and a second group (210) of stator windings (211, 212, 213). In a first circuit configuration, equiphase stator windings (111, 211; 112, 212; 113, 213) of the first and second groups (110, 210) of stator windings (111, 112, 113, 211, 212, 213) are switched in series between a first pair (410) of subnet terminals (411, 412); in a second circuit configuration, the equiphase stator windings (111, 211; 112, 212; 113, 313) of the first and second groups (110, 210) of stator windings (111, 112, 113, 211, 212, 213) are switched in parallel between a second pair (420) of subnet terminals (421, 422); and, in a third circuit configuration, the stator windings (111, 112, 113) of the first group (110) of stator windings are switched between the first pair (410) of subnet terminals (411, 412) and the stator windings (211, 212, 213) of the second group (220) of stator windings are switched between the second pair (420) of subnet terminals (421, 422). The invention also relates to a correspondingly arranged electric machine (100).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2016/012300 A1

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer elektrischen Maschine (100) mit einer ersten Gruppe (110) von Statorwicklungen (111, 112, 113) und einer zweiten Gruppe (210) von Statorwicklungen (211, 212, 213), wobei in einer ersten Schaltungskonfiguration gleichphasige Statorwicklungen (111, 211; 112, 212; 113, 213) der ersten und der zweiten Gruppe (110, 210) von Statorwicklungen (111, 112, 113, 211, 212, 213) seriell zwischen ein erstes Paar (410) von Teilnetzanschlusspolen (411, 412) geschaltet werden, wobei in einer zweiten Schaltungskonfiguration die gleichphasigen Statorwicklungen (111, 211; 112, 212; 113, 213) der ersten und der zweiten Gruppe (110, 210) von Statorwicklungen (111, 112, 113, 211, 212, 213) parallel zwischen ein zweites Paar (420) von Teilnetzanschlusspolen (421, 422) geschaltet werden und wobei in einer dritten Schaltungskonfiguration die Statorwicklungen (111, 112, 113) der ersten Gruppe (110) von Statorwicklungen zwischen das erste Paar (410) von Teilnetzanschlusspolen (411, 412) und die Statorwicklungen (211, 212, 213) der zweiten Gruppe (220) von Statorwicklungen zwischen das zweite Paar (420) von Teilnetzanschlusspolen (421, 422) geschaltet werden, und eine entsprechen eingerichtete elektrischen Maschine (100).

5 Beschreibung

Titel

Elektrische Maschine zur Energieversorgung eines Kraftfahrzeugbordnetzes

10 Die vorliegende Erfindung betrifft eine elektrische Maschine zur Energieversorgung eines Kraftfahrzeugbordnetzes mit zwei Teilnetzen, ein entsprechendes Kraftfahrzeugbordnetz und ein Verfahren zum Betreiben einer elektrischen Maschine.

15 Stand der Technik

Kraftfahrzeugbordnetze können in Form sogenannter Zwei- oder Mehrspannungsbordnetze mit wenigstens zwei Teilnetzen ausgebildet sein. Derartige Teilnetze kommen beispielsweise dann zum Einsatz, wenn in einem
20 betreffenden Kraftfahrzeug Verbraucher mit unterschiedlichen Leistungsanforderungen vorhanden sind. In diesem Fall weisen wenigstens zwei der Teilnetze unterschiedliche Spannungsniveaus auf, z.B. 12 V (sogenanntes Niedervoltteilnetz) und 48 V (sogenanntes Hochvoltteilnetz). Elektrische Maschinen wie Generatoren können für eine Energieversorgung der Teilnetze
25 verwendet werden. Eine derartige elektrische Maschine erzeugt einen mehrphasigen Drehstrom, der mittels einer Gleichrichterschaltung für die Teilnetze gleichgerichtet werden kann.

In der DE 28 10 201 C2 wird eine Möglichkeit zur Energieversorgung eines
30 Bordnetzes eines Kraftfahrzeugs offenbart. Im Zuge eines Heizbetriebs sollen elektrische Verbraucher mit einer großen Stromaufnahme, beispielsweise elektrische Heizungen, mit Energie versorgt werden. Im Fall der DE 28 10 201 C2 sind derartige Verbraucher wegen des hohen Energieverbrauchs nicht unmittelbar an das Bordnetz angeschlossen. Ein

Drehstromgenerator weist zwei Ständerwicklungen auf. Eine Hauptständerwicklung und eine Zusatzständerwicklung verfügen über jeweils eigene Gleichrichtersätze. Um die entsprechenden Verbraucher im Zuge des Heizbetriebs mit Energie zu versorgen, werden die Spannungen der beiden Ständerwicklungen nach Gleichrichtung, also auf der Gleichspannungsseite, addiert. Zu diesem Zweck werden mittels einer Schalteinrichtung in einer Reihenschaltungsposition die Plus- und Minusdiodenanschlüsse beider Ständerwicklungen in Reihe geschaltet und mit dem entsprechenden Verbraucher verbunden. Nach Abschalten dieses Heizbetriebs werden die Spannungen der beiden Ständerwicklungen nach Gleichrichtung parallel geschaltet.

Eine derartige Energieversorgung ist nicht für moderne Zwei- oder Mehrspannungsbordnetze geeignet. Durch eine derartige Energieversorgung kann nicht gewährleistet werden, dass sowohl ein Niederspannungsteilnetz als auch ein Hochspannungsteilnetz permanent mit der jeweiligen Spannung versorgt werden.

Es ist daher wünschenswert, eine Möglichkeit bereitzustellen, um Teilnetze eines Kraftfahrzeugbordnetzes effektiv mit Energie zu versorgen.

Offenbarung der Erfindung

Erfindungsgemäß werden eine elektrische Maschine zur Energieversorgung eines Kraftfahrzeugbordnetzes mit zwei Teilnetzen, ein entsprechendes Kraftfahrzeugbordnetz und ein Verfahren zum Betreiben einer elektrischen Maschine mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche vorgeschlagen. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung.

Eine erfindungsgemäße elektrische Maschine weist eine erste Gruppe von Statorwicklungen und eine zweite Gruppe von Statorwicklungen auf. Die elektrische Maschine kann mit jeder dieser Gruppen von Statorwicklungen für sich alleine genommen regulär betrieben werden. An dem Stator bzw. Ständer der elektrischen Maschine sind somit zwei separate, unabhängige

Statorwicklungsgruppen angeordnet. Eine Statorwicklung der ersten Gruppe und eine Statorwicklung der zweiten Gruppe, die sich hinsichtlich der Magnetfelddurchdringung bzw. der elektrischen Phase entsprechen (insbesondere weil sie bspw. in derselben Statornut gewickelt sind), werden im Folgenden als gleichphasige Statorwicklungen bezeichnet.

Die elektrische Maschine kann als eine m-phasige bzw. m-strängige elektrische Maschine mit $2 \times m$ Statorwicklungen (Phasen) ausgebildet sein. Zweckmäßige Werte für diese Phasenanzahl m sind beispielsweise 3, 5, 6, 7 oder 9. Spannungen zweier benachbarter Statorwicklungen einer Gruppe sind jeweils um eine Phasenverschiebung von $360^\circ/m$ verschoben.

Die elektrische Maschine kann insbesondere als ein Generator ausgebildet sein. Die elektrische Maschine kann weiter insbesondere derart ausgebildet sein, dass sie in einem generatorischen Betriebsmodus als Generator und in einem motorischen Betriebsmodus als Motor betrieben werden kann. Wird die elektrische Maschine als Generator betrieben, erzeugt die elektrische Maschine elektrische Energie zur Energieversorgung des Kraftfahrzeugbordnetzes.

Über ein erstes Paar von Teilnetzanschlusspolen kann die elektrische Maschine mit einem ersten Teilnetz des Kraftfahrzeugbordnetzes verbunden werden. Über ein zweites Paar von Teilnetzanschlusspolen kann die elektrische Maschine mit einem zweiten Teilnetz des Kraftfahrzeugbordnetzes verbunden werden. Diese beiden Teilnetze weisen insbesondere unterschiedliche Spannungsniveaus auf.

Im Folgenden wird das erste Teilnetz beispielhaft als ein Hochvoltteilnetz angenommen, das mit einer ersten Teilnetzgleichspannung (beispielsweise 48 V) betrieben wird, und das zweite Teilnetz als ein Niedervoltteilnetz, das mit einer zweiten Teilnetzgleichspannung (beispielsweise 12 V) betrieben wird, wobei die erste Teilnetzgleichspannung einen größeren Spannungswert besitzt als die zweite Teilnetzgleichspannung.

Der ersten Gruppe von Statorwicklungen ist eine erste Gleichrichterschaltung zugeordnet und der zweiten Gruppe von Statorwicklungen eine zweite

Gleichrichterschaltung. Mittels der jeweiligen Gleichrichterschaltungen kann eine in der jeweiligen Gruppe von Statorwicklungen erzeugte mehrphasige Wechselspannung in eine Gleichspannung gleichgerichtet werden. Die Gleichrichterschaltungen weisen jeweils insbesondere Halbbrücken mit Schaltern, insbesondere MOSFETs, auf.

Erfindungsgemäß ist zwischen gleichphasigen Statorwicklungen der ersten und der zweite Gruppe von Statorwicklungen eine Verbindungsschaltung mit einzelnen Schaltelementen angeordnet. Insbesondere ist zwischen gleichphasigen Statorwicklungen der ersten und der zweite Gruppe von Statorwicklungen jeweils ein Schaltelement der Verbindungsschaltung angeordnet. Insbesondere sind somit m dieser Schaltelemente vorgesehen. Insbesondere sind die Schaltelemente der Verbindungsschaltung derart ausgebildet, dass sie den Strom beim Durchschalten in beiden Richtungen leiten können. Diese Schaltelemente können beispielsweise als Zweirichtungsthyristoren (TRIAC) oder als gegensinnig parallele MOSFETs ausgebildet sein.

Insbesondere sind die Schaltelemente der Verbindungsschaltung jeweils derart angeordnet, dass jeweils die gleichphasigen Statorwicklungen der beiden Gruppen von Statorwicklungen beim Durchschalten der Schaltelemente der Verbindungsschaltung in Reihe geschaltet sind. Somit wird insbesondere schon bei niedrigen Drehzahlen im generatorischen Betriebsmodus eine hohe Spannung erzeugt.

Erfindungsgemäß können die Verbindungsschaltung und die Gleichrichterschaltungen in unterschiedlichen Schaltungskonfigurationen betrieben werden. Somit ergeben sich unterschiedliche Betriebsmodi, in welchen die elektrische Maschine betrieben werden kann. Insbesondere werden die Verbindungsschaltung und die Gleichrichterschaltungen durch eine zweckmäßige Recheneinheit, beispielsweise ein Steuergerät, zur Bereitstellung der unterschiedlichen Schaltungskonfigurationen angesteuert.

In einer ersten Schaltungskonfiguration sind die gleichphasigen Statorwicklungen der ersten und der zweiten Gruppe von Statorwicklungen seriell zwischen das erste Paar von Teilnetzanschlusspolen geschaltet. Sämtliche gleichphasigen Statorwicklungen sind somit paarweise in Reihe geschaltet. In dieser ersten Schaltungskonfiguration wird das erste Teilnetz des Kraftfahrzeugbordnetzes mit Energie versorgt.

In einer zweiten Schaltungskonfiguration sind die gleichphasigen Statorwicklungen der ersten und der zweiten Gruppe von Statorwicklungen parallel zwischen das zweite Paar von Teilnetzanschlusspolen geschaltet. In dieser zweiten Schaltungskonfiguration wird das zweite Teilnetz des Kraftfahrzeugbordnetzes mit Energie versorgt.

In einer dritten Schaltungskonfiguration sind die Statorwicklungen der ersten Gruppe von Statorwicklungen zwischen das erste Paar von Teilnetzanschlusspolen geschaltet, wodurch das erste Teilnetz mit Energie versorgt wird. Gleichzeitig sind die Statorwicklungen der zweiten Gruppe von Statorwicklungen zwischen das zweite Paar von Teilnetzanschlusspolen geschaltet, wodurch das zweite Teilnetz mit Energie versorgt wird. Die gleichphasigen Statorwicklungen der ersten und der zweiten Gruppe von Statorwicklungen sind in dieser dritten Schaltungskonfiguration nicht direkt elektrisch miteinander verbunden.

Vorteile der Erfindung

Durch die Reihenschaltung der gleichphasigen Statorwicklungen in der ersten Schaltungskonfiguration werden die Statorwicklungen der ersten und der zweiten Gruppe kombiniert. Somit ergibt sich für jede elektrische Phase eine kombinierte Statorwicklung aus den jeweiligen gleichphasigen Statorwicklungen. Eine Windungszahl der Wicklungen der einzelnen elektrischen Phasen wird erhöht. Diese erhöhte Windungszahl ergibt sich als Summe der Windungszahlen der jeweiligen gleichphasigen Statorwicklungen. Durch diese Reihenschaltung der gleichphasigen Statorwicklungen wird eine Spannung erhöht, welche in der als Generator betriebenen elektrischen Maschine erzeugt wird. Somit kann die zur

Energieversorgung des Kraftfahrzeugbordnetzes bereitgestellte Energie insbesondere bei niedriger Generatordrehzahl erhöht werden.

5 Die in Reihe geschalteten gleichphasigen Statorwicklungen werden in der ersten Schaltungskonfiguration mit dem ersten Teilnetz verbunden. Insbesondere werden die erste und die zweite Gleichrichterschaltung im Zuge dessen derart angesteuert, dass eine Gleichrichtung der in den kombinierten gleichphasigen Statorwicklungen erzeugten m-phasigen Wechselspannung durchgeführt wird. Die von der elektrischen Maschine erzeugte Energie wird demgemäß in das
10 erste Teilnetz eingespeist.

Diese erste Schaltungskonfiguration bietet sich insbesondere für das Hochvoltteilnetz an. Durch die erhöhte Spannung bzw. die erhöhte Energie, die von der elektrischen Maschine in dieser Schaltungskonfiguration bereitgestellt
15 werden kann, wird gewährleistet werden, dass das Hochvoltteilnetz mit der vergleichsweise hohen ersten Teilnetzgleichspannung versorgt wird.

Im Gegensatz zu der eingangs erwähnten DE 28 10 201 C2 wird es durch die Erfindung ermöglicht, die gleichphasigen Statorwicklungen direkt in Reihe zu
20 schalten. Gemäß der DE 28 10 201 C2 wird lediglich ermöglicht, Ständerwicklungen nach der Gleichrichtung, also auf der Gleichspannungsseite, zu addieren. Gemäß der DE 28 10 201 C2 kann die elektrische Maschine mit zwei Ständerwicklungen als zwei Gleichspannungsquellen angesehen werden, also als zwei unabhängige elektrische Maschinen, die unabhängig voneinander
25 zwei Gleichspannungen bereitstellen. Diese bereitgestellten Gleichspannungen können letztendlich addiert werden.

Im Gegensatz dazu ergibt sich durch die Erfindung eine sehr viel höhere Flexibilität. Zum einen ist die Spannungserzeugung in der ersten
30 Schaltungskonfiguration durch seriell geschaltete, kombinierte gleichphasige Statorwicklungen sehr viel effektiver als in der DE 28 10 201 C2. Weiterhin müssen in der ersten Schaltungskonfiguration nicht sämtliche Schalter der Gleichrichterschaltungen angesteuert werden, wohingegen in der

DE 28 10 201 C2 stets sämtliche Schalter beider Gleichrichtersätze angesteuert werden müssen.

Weiterhin wird es durch die Erfindung ermöglicht, die beiden Gruppen von Statorwicklungen auch einzeln und unabhängig voneinander mit den einzelnen Teilnetzen zu verbinden. Im Zuge der dritten Schaltungskonfiguration können die Statorwicklungen der ersten Gruppe mit dem ersten Teilnetz verbunden werden und dieses mit Energie versorgen. Gleichzeitig können unabhängig davon die Statorwicklungen der zweiten Gruppe mit dem zweiten Teilnetz verbunden werden und dieses mit Energie versorgen. Somit wird gewährleistet, dass beide Teilnetze permanent mit der jeweiligen Spannung versorgt werden. Die erste bzw. die zweite Gleichrichterschaltung wird im Zuge dessen insbesondere derart betrieben, dass eine Gleichrichtung der in der ersten bzw. zweiten Gruppe von Statorwicklungen erzeugten m-phasigen Wechselspannung durchgeführt wird.

Darüber hinaus können die gleichphasigen Statorwicklungen in der zweiten Schaltungskonfiguration auch parallel mit dem zweiten Teilnetz verbunden werden. Auch in dieser Schaltungskonfiguration wird die erste bzw. die zweite Gleichrichterschaltung insbesondere derart betrieben, dass eine Gleichrichtung der in der ersten bzw. zweiten Gruppe von Statorwicklungen erzeugten m-phasigen Wechselspannung durchgeführt wird.

In der zweiten Schaltungskonfiguration kann das zweite Teilnetz mit einem vergleichsweise hohen Strom versorgt werden. Beispielsweise kann in dieser zweiten Schaltungskonfiguration eine Batterie in dem zweiten Teilnetz schnell aufgeladen werden.

Bevorzugt wird die elektrische Maschine in der zweiten Schaltungskonfiguration betrieben, wenn die elektrische Maschine bzw. das Bordnetz in einem Rekuperationsmodus betrieben wird. Im Zuge eines derartigen Rekuperationsmodus wird beispielsweise während Bremsphasen Energie rückgewonnen und ein Energiespeicher, beispielsweise eine Batterie, wird aufgeladen. Ein derartiger Rekuperationsmodus kann beispielsweise im Rahmen

eines Boost-Rekuperations-Systems (BRS) in der elektrischen Maschine (Boost-Rekuperations-Maschine) eingesetzt werden.

5 Vorteilhafterweise wird die elektrische Maschine in der ersten Schaltungskonfiguration betrieben, wenn ein Antrieb der elektrischen Maschine in einem Leerlauf betrieben wird. Als Antrieb der elektrischen Maschine ist im Folgenden ein Antrieb zu verstehen, der mechanische Energie bzw. kinetische Energie erzeugt. Insbesondere wandelt die als Generator betriebene elektrische Maschine diese mechanische bzw. kinetische Energie in elektrische Energie um.
10 Ein derartiger Antrieb ist insbesondere als Antrieb des Kraftfahrzeugs ausgebildet, beispielsweise als Verbrennungsmotor. Unter Leerlauf ist insbesondere zu verstehen, dass der Antrieb mit einer vergleichsweise geringen Drehzahl betrieben wird, beispielsweise bei Drehzahlen geringer als 1.000 U/min, insbesondere bei Drehzahlen zwischen 600 U/min und 1.000 U/min. Wenn die
15 elektrische Maschine bei Leerlauf des Antriebs in der dritten Schaltungskonfiguration betrieben wird, kann gegebenenfalls keine ausreichende Energieversorgung des Hochvoltteilnetzes gewährleistet werden, beispielsweise weil die Windungszahlen der einzelnen gleichphasigen Statorwicklungen zu gering sind. Durch die Kombination der gleichphasigen Statorwicklungen in der
20 ersten Schaltungskonfiguration kann eine ausreichende Energieversorgung des Hochvoltteilnetzes gewährleistet werden, auch im Leerlauf des Antriebes.

25 Vorzugsweise wird die elektrische Maschine in der dritten Schaltungskonfiguration betrieben, wenn der Antrieb der elektrischen Maschine in einem Arbeitsbetriebsmodus betrieben wird. Wird der Antrieb im Arbeitsbetriebsmodus betrieben, also nicht im Leerlauf, kann auch durch die einzelnen Gruppen von Statorwicklungen eine ausreichende Energieversorgung der Teilnetze gewährleistet werden. In einem derartigen regulären Betriebsmodus wird die elektrische Maschine insbesondere bei vergleichsweise
30 normalen oder hohen Drehzahlen betrieben, insbesondere bei Drehzahlen größer als 1.000 U/min.

Insbesondere wenn der Läufer der hier beschriebenen elektrischen Maschine sich nicht dreht, können vorteilhafterweise die Verbindungsschaltung und die

Gleichrichterschaltungen in einer weiteren vierten Schaltungskonfiguration derart betrieben werden, dass die gleichphasigen Statorwicklungen der ersten und der zweiten Gruppe von Statorwicklungen als ein Gleichspannungswandler zur Gleichspannungswandlung zwischen das erste und das zweite Paar von Teilnetzanschlusspolen geschaltet sind. Im Zuge dieser vierten Schaltungskonfiguration wird eine Gleichspannungswandlung zwischen den zwei Teilnetzen des Kraftfahrzeugbordnetzes durchgeführt. Je nach Bedarf wird die erste Teilnetzgleichspannung des Hochvoltteilnetzes abwärts gewandelt und in das Niedervoltteilnetz übertragen oder die zweite Teilnetzgleichspannung des Niedervoltteilnetzes wird aufwärts gewandelt und in das Hochvoltteilnetz übertragen.

Bevorzugt fungieren die erste und die zweite Gruppe von Statorwicklungen als ein Transformator zwischen den beiden Teilnetzen. Je nach Bedarf wird eine der beiden Gleichrichterschaltungen als ein Wechselrichter betrieben, um die Teilnetzgleichspannung des entsprechenden Teilnetzes in eine Wechselspannung umzuwandeln. Diese Wechselspannung erzeugt in der zugehörigen der beiden Gruppen von Statorwicklungen einen Stromfluss, welcher wiederum eine Wechselspannung in der anderen der beiden Gruppen von Statorwicklungen induziert. Die andere der beiden Gleichrichterschaltungen wird als ein Gleichrichter betrieben, um diese induzierte Wechselspannung gleichzurichten und in das andere Teilnetz einzuspeisen. Insbesondere sind die gleichphasigen Statorwicklungen der ersten und der zweiten Gruppe von Statorwicklungen in diesem Fall nicht elektrisch miteinander verbunden.

Weiter bevorzugt können die beiden Statorwicklungsgruppen und die beiden Gleichrichterschaltungen auch als Aufwärtswandler oder Abwärtswandler zur Gleichspannungswandlung betrieben werden. Die gleichphasigen Statorwicklungen der ersten und der zweiten Gruppe von Statorwicklungen sind in diesem Fall über die Verbindungsschaltung elektrisch miteinander verbunden.

Die bereits vorhandenen Bauteile und Komponenten der Gleichrichterschaltungen werden im Zuge der Gleichspannungswandlung entsprechend für die Gleichrichtung, die Wechselrichtung, die Aufwärtswandlung,

die Abwärtswandlung und/oder die Transformation genutzt, wodurch letztendlich die Gleichspannungswandlung ermöglicht wird. Somit werden keine zusätzlichen Komponenten und Bauteile benötigt und der Kostenaufwand kann reduziert werden.

5

Vorzugsweise wird die elektrische Maschine in der vierten Schaltungskonfiguration betrieben, wenn der Antrieb der elektrischen Maschine in einem Start-Stopp-Betriebsmodus betrieben wird. Im Zuge eines derartigen Start-Stopp-Betriebsmodus wird der Antrieb des Kraftfahrzeugs beispielsweise in Standphasen (z.B. an roten Ampeln) automatisch abgeschaltet. In derartigen Phasen mit abgeschaltetem Antrieb werden die Teilnetze aus entsprechenden Energiespeichern (z.B. Batterien) versorgt. Während längerer Standphasen kann es vorkommen, dass ein Ladezustand der Energiespeicher so stark abnimmt, dass ein Nachladen des Energiespeichers erforderlich ist. Dies kann insbesondere in dem Niederspannteilnetz der Fall sein. In herkömmlichen Kraftfahrzeugen wird zu diesem Zweck der Antrieb wieder gestartet, um mit der elektrischen Maschine den entsprechenden Energiespeicher zu laden und das entsprechende Teilnetz mit Energie zu versorgen. Durch die vierte Schaltungskonfiguration kann in einem derartigen Fall Energie zwischen den Teilnetzen transferiert werden und es ist nicht notwendig, den Antrieb zu starten. Somit kann insbesondere Energie von dem Hochspannteilnetz in das Niederspannteilnetz transferiert werden. Das Niederspannteilnetz kann aus dem Energiespeicher des Hochspannteilnetzes versorgt werden.

10

15

20

25

Eine erfindungsgemäße Recheneinheit, z.B. ein Steuergerät eines Kraftfahrzeugs, ist, insbesondere programmtechnisch, dazu eingerichtet, ein erfindungsgemäßes Verfahren durchzuführen.

30

Auch die Implementierung des Verfahrens in Form von Software ist vorteilhaft, da dies besonders geringe Kosten verursacht, insbesondere wenn ein ausführendes Steuergerät noch für weitere Aufgaben genutzt wird und daher ohnehin vorhanden ist. Geeignete Datenträger zur Bereitstellung des Computerprogramms sind insbesondere Disketten, Festplatten, Flash-Speicher,

- 11 -

EEPROMs, CD-ROMs, DVDs u.a.m. Auch ein Download eines Programms über Computernetze (Internet, Intranet usw.) ist möglich.

5 Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der beiliegenden Zeichnung.

Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachfolgend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind,
10 ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Die Erfindung ist anhand von Ausführungsbeispielen in der Zeichnung schematisch dargestellt und wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnung ausführlich beschrieben.

15 Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Figur 1 zeigt schematisch eine bevorzugte Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine.

20 Ausführungsform(en) der Erfindung

In Figur 1 ist eine bevorzugte Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine schematisch dargestellt und mit 100 bezeichnet.

25 Die elektrische Maschine 100 ist in diesem Beispiel als eine 2 x dreiphasige elektrische Maschine ausgeführt. Die elektrische Maschine 100 weist eine erste Gruppe von Statorwicklung 110 und eine zweite Gruppe von Statorwicklung 210 auf. Jede der Gruppen von Statorwicklungen 110 bzw. 210 weist je drei
30 Statorwicklungen bzw. Phasen 111, 112, 113 bzw. 211, 212, 213 auf. Die Statorwicklungen der Gruppen von Statorwicklungen 110 und 210 sind in diesem Beispiel jeweils zu einer Dreiecksschaltung verbunden. Die elektrische Maschine 100 weist des Weiteren eine Erregerwicklung 105 auf.

- 12 -

Für jede elektrische Phase der elektrischen Maschine 100 sind jeweils eine Statorwicklung der ersten Gruppe 110 und eine Statorwicklung der zweiten Gruppe 210 vorgesehen. Diese Statorwicklungen der ersten Gruppe 110 und der zweiten Gruppe 210, welche derselben elektrischen Phase zugeordnet sind, werden als gleichphasige Statorwicklungen bezeichnet. Für die dreiphasige elektrische Maschine 100 ergeben sich somit drei Paare von gleichphasigen Statorwicklungen. In diesem Beispiel sind die Statorwicklungen 111 und 211, 112 und 212 sowie 113 und 213 jeweils als Paare von gleichphasigen Statorwicklungen ausgebildet.

Der ersten Gruppe von Statorwicklungen 110 und der zweiten Gruppe von Statorwicklungen 210 ist jeweils eine erste Gleichrichterschaltung 120 bzw. eine zweite Gleichrichterschaltung 220 zugeordnet.

Die elektrische Maschine 100 weist ein erstes Paar 410 von Teilnetzanschlusspolen 411 und 412 auf. Über diese Teilnetzanschlusspole 411 und 412 kann die elektrische Maschine 100 mit einem ersten Teilnetz eines Kraftfahrzeugbordnetzes verbunden werden. Weiterhin weist die elektrische Maschine 100 ein zweites Paar 420 von Teilnetzanschlusspolen 421 und 422 auf. Über diese Teilnetzanschlusspole 421 und 422 kann die elektrische Maschine 100 mit einem zweiten Teilnetz des Kraftfahrzeugbordnetzes verbunden werden.

Das erste Teilnetz ist in diesem Beispiel als ein Hochvoltteilnetz ausgebildet und das zweite Teilnetz als ein Niedervoltteilnetz. Zwischen dem ersten Paar 410 von Teilnetzanschlusspolen 411 und 412 liegt eine erste Teilnetzgleichspannung von beispielsweise 48 V an. Zwischen dem zweiten Paar 420 von Teilnetzanschlusspolen 421 und 422 liegt eine zweite Teilnetzgleichspannung von beispielsweise 12 V an.

Jede der Gleichrichterschaltungen 120 bzw. 220 weist jeweils drei Halbbrücken 121, 122, 123 bzw. 221, 222, 223 auf. Jede der Halbbrücken weist jeweils zwei Schalter 11 bis 16 bzw. 21 bis 26 auf. Die erste Gleichrichterschaltung 120 weist zusätzlich zur zweiten Gleichrichterschaltung 220 noch drei weitere Schalter 31,

33 und 35 auf. Die Schalter 11 bis 16, 21 bis 26 und 31 bis 35 sind in diesem Beispiel als Dioden dargestellt, sind jedoch als ansteuerbare bzw. schaltbare Schaltelemente ausgebildet, beispielsweise als MOSFETs.

5 Jede der Halbbrücken 121, 122, 123 der ersten Gleichrichterschaltung 120 ist über jeweils einen Mittelabgriff mit jeweils einem Phasenanschluss der ersten Gruppe von Statorwicklungen 110 verbunden. Analoges gilt für Mittelabgriffe der zweiten Gleichrichterschaltung 220 und Phasenanschlüsse der zweiten Gruppe von Statorwicklungen 210.

10 Zwischen den Statorwicklungen der ersten Gruppe 110 und der zweiten Gruppe 210 ist eine Verbindungsschaltung 300 angeordnet. Diese Verbindungsschaltung 300 umfasst drei Schaltelemente 301, 302 und 303. Im Speziellen ist zwischen den gleichphasigen Statorwicklungen 111 und 211 das Schaltelement 301
15 angeordnet, zwischen den gleichphasigen Statorwicklungen 112 und 212 das Schaltelement 302 und zwischen den gleichphasigen Statorwicklungen 113 und 213 das Schaltelement 303. Die Schaltelemente 301, 302 und 303 sind in diesem Beispiel als Dioden dargestellt, sind jedoch als ansteuerbare bzw. schaltbare Schaltelemente, die den Strom in beiden Richtungen leiten können,
20 ausgebildet, beispielsweise als Zweirichtungsthyristoren (TRIAC) oder als gegensinnig parallele MOSFETs.

Neben der elektrischen Maschine 100 ist eine Recheneinheit dargestellt, die insbesondere als ein Steuergerät 500 eines Kraftfahrzeugs ausgebildet ist. Das
25 Steuergerät 500 ist dazu eingerichtet, die elektrische Maschine 100 anzusteuern und weiterhin das Kraftfahrzeugbordnetz mit den zwei Teilnetzen zu betreiben. Im Zuge dessen steuert das Steuergerät 500 die Verbindungsschaltung 300 und die Gleichrichterschaltungen 120 und 220 zweckmäßig an. Zu diesem Zweck ist das Steuergerät 500 insbesondere programmtechnisch dazu eingerichtet, eine
30 bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens durchzuführen.

Im Folgenden wird beispielhaft anhand des Paares von gleichphasigen Statorwicklungen 111 und 211 die Ansteuerung der Verbindungsschaltung 300

und der Gleichrichterschaltungen 120 und 220 im Speziellen beschrieben. Die nachfolgenden Ausführungen gelten in analoger Weise für die übrigen gleichphasigen Statorwicklungen im Allgemeinen.

5 In einer ersten Schaltungskonfiguration steuert das Steuergerät 500 die Verbindungsschaltung 300 und die Gleichrichterschaltungen 120 und 220 derart an, dass die gleichphasigen Statorwicklungen der ersten Gruppe 110 und der zweiten Gruppe 210 über das jeweilige Schaltelement (hier 301) seriell zwischen das erste Paar 410 von Teilnetzanschlusspolen 411 und 412 geschaltet sind.

10

Zu diesem Zweck steuert das Steuergerät 500 die Schalter 24, 23, 301, 11 und 12 an. Durch Ansteuern des Schalters 301 werden die gleichphasigen Statorwicklungen 111 und 211 in Reihe geschaltet. Die beiden Statorwicklungen 111 und 211 werden somit zu einer gemeinsamen Statorwicklung kombiniert. Die kombinierten Statorwicklungen 111 und 211 werden somit seriell in das erste Teilnetz geschaltet.

15

Die Schalter 24, 23, 11 und 12 werden zeitlich derart angesteuert, dass eine Gleichrichtung der dreiphasigen Wechselspannung durchgeführt wird, die in der kombinierten Statorwicklung erzeugt wird. Im Zuge dieser ersten Schaltungskonfiguration wird das erste Teilnetz mit Energie versorgt.

20

In einer zweiten Schaltungskonfiguration steuert das Steuergerät 500 die Verbindungsschaltung 300 und die Gleichrichterschaltungen 120 und 220 derart an, dass die gleichphasigen Statorwicklungen der ersten Gruppe 110 und der zweiten Gruppe 210 parallel zwischen das zweite Paar 420 von Teilnetzanschlusspolen 421 und 422 geschaltet sind.

25

Zu diesem Zweck steuert das Steuergerät 500 die Schalter 23, 24, 25, 26, 12, 31, 16 und 35 an. Die beiden Statorwicklungen 111 und 211 werden somit parallel in das zweite Teilnetz geschaltet. Die Schalter 23 bis 26 werden zeitlich derart angesteuert, dass eine Gleichrichtung der dreiphasigen Wechselspannung, die in der Statorwicklung 211 erzeugt wird, durchgeführt wird. Die Schalter 12, 31, 16 und 35 werden zeitlich derart angesteuert, dass eine

30

- 15 -

Gleichrichtung der dreiphasigen Wechselspannung, die in der Statorwicklung 111 erzeugt wird, durchgeführt wird. Im Zuge dieser zweiten Schaltungskonfiguration wird das zweite Teilnetz mit Energie versorgt.

5 In einer dritten Schaltungskonfiguration steuert das Steuergerät 500 die Verbindungsschaltung 300 und die Gleichrichterschaltungen 120 und 220 derart an, dass die Statorwicklungen der ersten Gruppe 110 zwischen das erste Paar 410 von Teilnetzanschlusspolen 411 und 412 geschaltet sind und dass gleichzeitig die Statorwicklungen der zweiten Gruppe 210 zwischen das zweite
10 Paar 420 von Teilnetzanschlusspolen 421 und 422 geschaltet sind. Die Schaltelemente 301, 302, 303 sind nicht leitend, d.h. die Statorwicklungen der ersten Gruppe 110 und die Statorwicklungen der zweiten Gruppe 210 sind nicht direkt elektrisch verbunden.

15 Zu diesem Zweck steuert das Steuergerät 500 die Schalter 23, 24, 25, 26, 11, 12, 15 und 16 an. Die Statorwicklung 111 wird in das erste Teilnetz geschaltet und die Statorwicklung 211 wird in das zweite Teilnetz geschaltet. Die Schalter 23 bis 26 werden zeitlich derart angesteuert, dass eine Gleichrichtung der dreiphasigen Wechselspannung, die in der Statorwicklung 211 erzeugt wird, durchgeführt wird. Die Schalter 11, 12, 15 und 16 werden zeitlich derart
20 angesteuert, dass eine Gleichrichtung der dreiphasigen Wechselspannung, die in der Statorwicklung 111 erzeugt wird, durchgeführt wird. Im Zuge dieser dritten Schaltungskonfiguration werden das erste und das zweite Teilnetz gleichzeitig mit Energie versorgt.

25 Weiterhin kann das Steuergerät 500 die Verbindungsschaltung 300 und die Gleichrichterschaltungen 120 und 220 in einer vierten Schaltungskonfiguration derart ansteuern, dass die gleichphasigen Statorwicklungen der ersten Gruppe 110 und der zweiten Gruppe 210 als Gleichspannungswandler, hier z.B. als
30 Transformator zur Gleichspannungswandlung geschaltet werden. Im Zuge dieser vierten Schaltungskonfiguration wird eine Gleichspannungswandlung zwischen den zwei Teilnetzen durchgeführt.

Im Folgenden wird beispielhaft die Übertragung elektrischer Leistung von dem ersten Teilnetz in das zweite Teilnetz beschrieben. Analoges gilt für die Übertragung elektrischer Leistung in die andere Richtung. Die erste Teilnetzgleichspannung von 48 V wird mittels der ersten Gleichrichterschaltung 120, die als ein Wechselrichter betrieben wird, in eine dreiphasige Wechsellspannung umgewandelt. Das Steuergerät 500 steuert zu diesem Zweck die Schalter 11 bis 16 der ersten Gleichrichterschaltung 120 zweckmäßig an. Diese dreiphasige Wechsellspannung erzeugt in der ersten Gruppe 110 von Statorwicklungen einen Stromfluss, welcher wiederum eine dreiphasige Wechsellspannung in der zweiten Gruppe 210 von Statorwicklungen induziert. Diese induzierte dreiphasige Wechsellspannung wird mittels der zweiten Gleichrichterschaltung 220, die als ein Gleichrichter betrieben wird, gleichgerichtet und in das zweite Teilnetz eingespeist. Das Steuergerät 500 steuert zu diesem Zweck die Schalter 21 bis 26 der zweiten Gleichrichterschaltung 220 zweckmäßig an. Durch getaktetes, zweckmäßiges Ansteuern der einzelnen Schalter der ersten und der zweiten Gleichrichterschaltung 120 und 220 kann die zweite Teilnetzgleichspannung eingestellt werden.

Ein Erregerstrom der Erregerwicklung 105 der elektrischen Maschine 100 ist dabei zweckmäßigerweise gleich Null, so dass keine Polradspannung in der ersten Gruppe 110 von Statorwicklungen und in der zweiten Gruppe 210 von Statorwicklungen induziert wird. Die Übertragung elektrischer Energie von einem Teilbordnetz in das andere wird vorzugsweise bei stehender elektrischer Maschine 100 durchgeführt.

5 Ansprüche

1. Elektrische Maschine (100) zur Energieversorgung eines Kraftfahrzeugbordnetzes mit zwei Teilnetzen,

- 10 - aufweisend eine erste Gruppe (110) von Statorwicklungen (111, 112, 113), eine zweite Gruppe (210) von Statorwicklungen (211, 212, 213), ein erstes Paar (410) von Teilnetzanschlusspolen (411, 412) und ein zweites Paar (420) von Teilnetzanschlusspolen (421, 422),
- 15 - wobei der ersten Gruppe (110) von Statorwicklungen (111, 112, 113) eine erste Gleichrichterschaltung (120) zugeordnet ist und wobei der zweiten Gruppe (210) von Statorwicklungen (211, 212, 213) eine zweite Gleichrichterschaltung (220) zugeordnet ist,
- 20 - wobei zwischen gleichphasigen Statorwicklungen (111, 211; 112, 212; 113, 213) der ersten und der zweiten Gruppe (110, 210) von Statorwicklungen (111, 112, 113, 211, 212, 213) eine Verbindungsschaltung (300) angeordnet ist,
- 25 - wobei die Verbindungsschaltung (300) und die Gleichrichterschaltungen (120, 220) in eine erste Schaltungskonfiguration schaltbar sind, in der die gleichphasigen Statorwicklungen (111, 211; 112, 212; 113, 213) der ersten und der zweiten Gruppe (110, 210) von Statorwicklungen (111, 112, 113, 211, 212, 213) über die Verbindungsschaltung (300) seriell zwischen das erste Paar (410) von Teilnetzanschlusspolen (411, 412) geschaltet sind,
- 30 - wobei die Verbindungsschaltung (300) und die Gleichrichterschaltungen (120, 220) in eine zweite Schaltungskonfiguration schaltbar sind, in der die gleichphasigen Statorwicklungen (111, 211; 112, 212; 113, 213) der ersten und der zweiten Gruppe (110, 210) von Statorwicklungen (111, 112, 113, 211, 212, 213) parallel zwischen das zweite Paar (420) von Teilnetzanschlusspolen (421, 422) geschaltet sind und

- 18 -

- wobei die Verbindungsschaltung (300) und die Gleichrichterschaltungen (120, 220) in eine dritte Schaltungskonfiguration schaltbar sind, in der die Statorwicklungen (111, 112, 113) der ersten Gruppe (110) von
5 Teilnetzanschlusspolen (411, 412) geschaltet sind und in der die Statorwicklungen (211, 212, 213) der zweiten Gruppe (220) von Statorwicklungen zwischen das zweite Paar (420) von Teilnetzanschlusspolen (421, 422) geschaltet sind.
- 10 2. Elektrische Maschine (100) nach Anspruch 1, wobei die Verbindungsschaltung (300) und die Gleichrichterschaltungen (120, 220) in eine vierte Schaltungskonfiguration schaltbar sind, in der die gleichphasigen Statorwicklungen (111, 211; 112, 212; 113, 213) der ersten und der zweite
15 Gruppe (110, 210) von Statorwicklungen (111, 112, 113, 211, 212, 213) als Gleichspannungswandler zur Gleichspannungswandlung zwischen das erste und das zweite Paar (410; 420) von Teilnetzanschlusspolen (411, 412; 421, 422) geschaltet sind.
- 20 3. Elektrische Maschine (100) nach Anspruch 2, wobei die Verbindungsschaltung (300) und die Gleichrichterschaltungen (120, 220) in der vierten Schaltungskonfiguration derart schaltbar sind, dass die gleichphasigen Statorwicklungen (111, 211; 112, 212; 113, 213) der ersten und der zweite Gruppe (110, 210) von Statorwicklungen (111, 112, 113, 211, 212, 213) als Transformator, als Aufwärtswandler oder als Abwärtswandler
25 zur Gleichspannungswandlung zwischen das erste und das zweite Paar (410; 420) von Teilnetzanschlusspolen (411, 412; 421, 422) geschaltet sind.
- 30 4. Verfahren zum Betreiben einer elektrischen Maschine (100) mit einer ersten Gruppe (110) von Statorwicklungen (111, 112, 113) und einer zweiten Gruppe (210) von Statorwicklungen (211, 212, 213),
 - wobei in einer ersten Schaltungskonfiguration gleichphasige Statorwicklungen (111, 211; 112, 212; 113, 213) der ersten und der zweiten Gruppe (110, 210) von Statorwicklungen (111, 112, 113, 211, 212,

- 19 -

- 213) seriell zwischen ein erstes Paar (410) von Teilnetzanschlusspolen (411, 412) geschaltet werden,
- 5 - wobei in einer zweiten Schaltungskonfiguration die gleichphasigen Statorwicklungen (111, 211; 112, 212; 113, 213) der ersten und der zweite Gruppe (110, 210) von Statorwicklungen (111, 112, 113, 211, 212, 213) parallel zwischen ein zweites Paar (420) von Teilnetzanschlusspolen (421, 422) geschaltet werden und
- 10 - wobei in einer dritten Schaltungskonfiguration die Statorwicklungen (111, 112, 113) der ersten Gruppe (110) von Statorwicklungen zwischen das erste Paar (410) von Teilnetzanschlusspolen (411, 412) und die Statorwicklungen (211, 212, 213) der zweiten Gruppe (220) von Statorwicklungen zwischen das zweite Paar (420) von Teilnetzanschlusspolen (421, 422) geschaltet werden.
- 15 5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei in einer vierten Schaltungskonfiguration die gleichphasigen Statorwicklungen (111, 211; 112, 212; 113, 213) der ersten und der zweite Gruppe (110, 210) von Statorwicklungen (111, 112, 113, 211, 212, 213) als Gleichspannungswandler zur Gleichspannungswandlung zwischen das erste und das zweite Paar (410; 20 420) von Teilnetzanschlusspolen (411, 412; 421, 422) geschaltet werden.
- 25 6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei in der vierten Schaltungskonfiguration die gleichphasigen Statorwicklungen (111, 211; 112, 212; 113, 213) der ersten und der zweite Gruppe (110, 210) von Statorwicklungen (111, 112, 113, 211, 212, 213) als Transformator, als Aufwärtswandler oder als Abwärtswandler zur Gleichspannungswandlung zwischen das erste und das zweite Paar (410; 420) von Teilnetzanschlusspolen (411, 412; 421, 422) geschaltet werden.
- 30 7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, wobei die elektrische Maschine (100) in der vierten Schaltungskonfiguration betrieben wird, wenn ein Antrieb der elektrischen Maschine (100) in einem Start-Stopp-Betriebsmodus betrieben wird.

- 20 -

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 7, wobei die elektrische Maschine (100) in der ersten Schaltungskonfiguration betrieben wird, wenn ein Antrieb der elektrischen Maschine (100) in einem Leerlauf betrieben wird.
- 5 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 8, wobei die elektrische Maschine (100) in der zweiten Schaltungskonfiguration betrieben wird, wenn die elektrische Maschine (100) in einem Rekuperationsmodus betrieben wird.
- 10 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 9, wobei die elektrische Maschine (100) in der dritten Schaltungskonfiguration betrieben wird, wenn ein Antrieb der elektrischen Maschine (100) in einem Arbeitsbetriebsmodus betrieben wird.
- 15 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 10, wobei eine elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3 betrieben wird.
12. Steuergerät (500), das dazu eingerichtet ist, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 11 durchzuführen.
- 20 13. Kraftfahrzeugbordnetz mit zwei Teilnetzen, mit einer elektrischen Maschine (100) zur Energieversorgung des Kraftfahrzeugbordnetzes nach einem der Ansprüche 1 bis 3 und mit einem Steuergerät (500) nach Anspruch 12.
- 25 14. Computerprogramm, das ein Steuergerät dazu veranlasst, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 11 durchzuführen, wenn es auf dem Steuergerät ausgeführt wird.
- 30 15. Maschinenlesbares Speichermedium mit einem darauf gespeicherten Computerprogramm nach Anspruch 14.

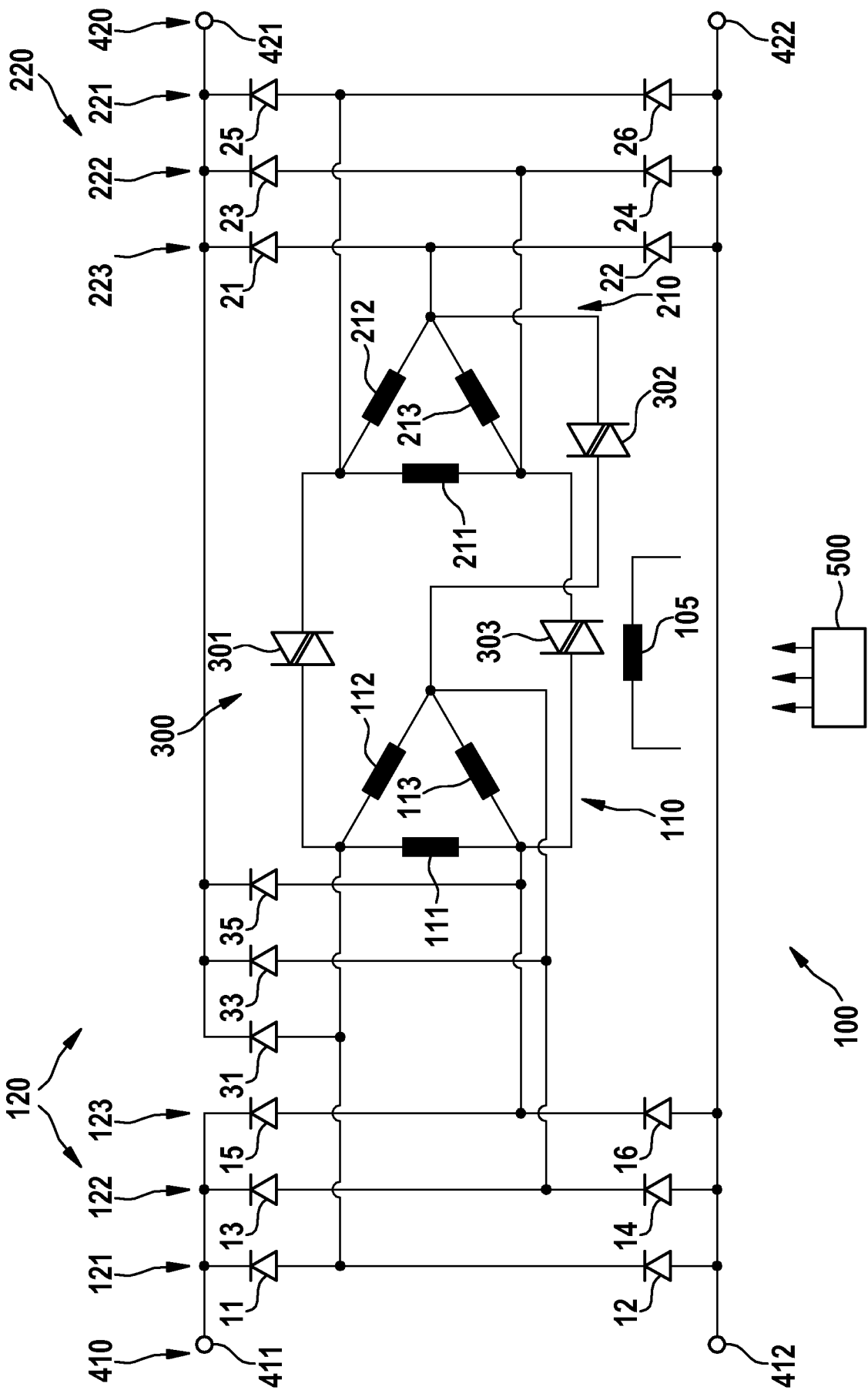


Fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/066020

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H02P9/48 H02P25/22
ADD. H02M1/00 B60L11/18 B60R16/03

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)

H02P H02M B60L 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.
X	DE 10 2013 103017 A1 (DENSO CORP [JP]) 10 October 2013 (2013-10-10)	1,4
Y	paragraph [0019] - paragraph [0028]; figures 1,6 paragraph [0047] - paragraph [0062] -----	2,3,5-15
Y	EP 2 062 801 A1 (DENSO CORP [JP]) 27 May 2009 (2009-05-27) claim 1; figure 1A -----	2,5,7-15
Y	DE 10 2008 034663 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 26 February 2009 (2009-02-26) claim 1; figure 2 -----	3,6-15



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

7 December 2015

Date of mailing of the international search report

15/12/2015

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

Kruip, Stephan

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/066020

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102013103017 A1	10-10-2013	CN 103368478 A	23-10-2013
		DE 102013103017 A1	10-10-2013
		US 2013264981 A1	10-10-2013

EP 2062801 A1	27-05-2009	CN 101459344 A	17-06-2009
		EP 2062801 A1	27-05-2009
		JP 4441920 B2	31-03-2010
		JP 2009131057 A	11-06-2009
		US 2009134700 A1	28-05-2009

DE 102008034663 A1	26-02-2009	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H02P9/48 H02P25/22 ADD. H02M1/00 B60L11/18 B60R16/03		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) H02P H02M B60L 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.
X	DE 10 2013 103017 A1 (DENSO CORP [JP]) 10. Oktober 2013 (2013-10-10)	1,4
Y	Absatz [0019] - Absatz [0028]; Abbildungen 1,6 Absatz [0047] - Absatz [0062] -----	2,3,5-15
Y	EP 2 062 801 A1 (DENSO CORP [JP]) 27. Mai 2009 (2009-05-27) Anspruch 1; Abbildung 1A -----	2,5,7-15
Y	DE 10 2008 034663 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 26. Februar 2009 (2009-02-26) Anspruch 1; Abbildung 2 -----	3,6-15
☐ 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		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
7. Dezember 2015		15/12/2015
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 Kruip, Stephan

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/066020

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102013103017 A1	10-10-2013	CN 103368478 A	23-10-2013
		DE 102013103017 A1	10-10-2013
		US 2013264981 A1	10-10-2013

EP 2062801 A1	27-05-2009	CN 101459344 A	17-06-2009
		EP 2062801 A1	27-05-2009
		JP 4441920 B2	31-03-2010
		JP 2009131057 A	11-06-2009
		US 2009134700 A1	28-05-2009

DE 102008034663 A1	26-02-2009	KEINE	
