



(10) **DE 10 2014 222 163 A1** 2016.01.28

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 222 163.3**

(22) Anmeldetag: **30.10.2014**

(43) Offenlegungstag: **28.01.2016**

(51) Int Cl.: **B60R 16/03 (2006.01)**

**H02K 3/28 (2006.01)**

(66) Innere Priorität:

**10 2014 214 717.4 25.07.2014**

(71) Anmelder:

**Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:

**Meyer, Reinhard, 74321 Bietigheim-Bissingen,  
DE; Retana Hernandez, Roberto Carlos, 70180  
Stuttgart, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>DE</b>	<b>28 10 201</b>	<b>C2</b>
<b>DE</b>	<b>10 2011 085 731</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>20 36 917</b>	<b>A</b>
<b>US</b>	<b>3 793 544</b>	<b>A</b>

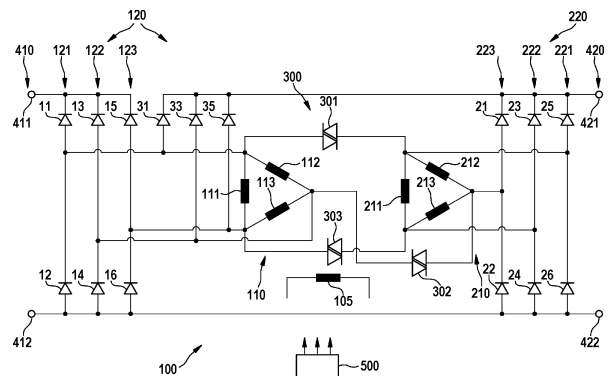
Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Elektrische Maschine zur Energieversorgung eines Kraftfahrzeugbordnetzes**

(57) Zusammenfassung: 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 eingereichte elektrische Maschine (100).



**Beschreibung**

**[0001]** 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.

## Stand der Technik

**[0002]** Kraftfahrzeugbordnetze können in Form sogenannter Zwei- oder Mehrspannungsbordnetze mit wenigstens zwei Teilnetzen ausgebildet sein. Derartige Teilnetze kommen beispielsweise dann zum Einsatz, wenn in einem 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 verwendet werden. Eine derartige elektrische Maschine erzeugt einen mehrphasigen Drehstrom, der mittels einer Gleichrichterschaltung für die Teilnetze gleichgerichtet werden kann.

**[0003]** In der DE 28 10 201 C2 wird eine Möglichkeit zur Energieversorgung eines 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.

**[0004]** Eine derartige Energieversorgung ist nicht für moderne Zwei- oder Mehrspannungsbordnetze geeignet. Durch eine derartige Energieversorgung kann nicht gewährleistet werden, dass sowohl ein Niedervoltteilnetz als auch ein Hochvoltteilnetz permanent mit der jeweiligen Spannung versorgt werden.

**[0005]** Es ist daher wünschenswert, eine Möglichkeit bereitzustellen, um Teilnetze eines Kraftfahrzeugbordnetzes effektiv mit Energie zu versorgen.

## Offenbarung der Erfindung

**[0006]** 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.

**[0007]** 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.

**[0008]** 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.

**[0009]** 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.

**[0010]** 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.

**[0011]** 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.

**[0012]** 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.

**[0013]** Erfindungsgemäß ist zwischen gleichphasigen Statorwicklungen der ersten und der zweiten Gruppe von Statorwicklungen eine Verbindungsschaltung mit einzelnen Schaltelementen angeordnet. Insbesondere ist zwischen gleichphasigen Statorwicklungen der ersten und der zweiten Gruppe von Statorwicklungen jeweils ein Schaltelement der Verbindungsschaltung angeordnet. Insbesondere sind somit in 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 gegenständig angeordnete MOSFETs ausgebildet sein.

**[0014]** 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.

**[0015]** 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.

**[0016]** 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.

**[0017]** 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.

**[0018]** 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

**[0019]** 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.

**[0020]** 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 erste Teilnetz eingespeist.

**[0021]** 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 werden kann, wird gewährleistet, dass das Hochvoltteilnetz mit der vergleichsweise hohen ersten Teilnetzgleichspannung versorgt wird.

**[0022]** Im Gegensatz zu der eingangs erwähnten DE 28 10 201 C2 wird es durch die Erfindung ermöglicht, die gleichphasigen Statorwicklungen direkt in Reihe zu 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 zwei Gleichspannungen bereitstellen. Diese bereitgestellten Gleichspannungen können letztendlich addiert werden.

**[0023]** Im Gegensatz dazu ergibt sich durch die Erfindung eine sehr viel höhere Flexibilität. Zum einen ist die Spannungserzeugung in der ersten 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.

**[0024]** 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.

**[0025]** Darüber hinaus können die gleichphasigen Statorwicklungen in der zweiten Schaltungskonfiguration auch parallel mit dem zweiten Teilnetz verbun-

den 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.

**[0026]** 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.

**[0027]** 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.

**[0028]** 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. 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 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 ersten Schaltungskonfiguration kann eine ausreichende Energieversorgung des Hochvoltteilnetzes gewährleistet werden, auch im Leerlauf des Antriebes.

**[0029]** 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 Grup-

pen von Statorwicklungen eine ausreichende Energieversorgung der Teilnetze gewährleistet werden. In einem derartigen regulären Betriebsmodus wird die elektrische Maschine insbesondere bei vergleichsweise normalen oder hohen Drehzahlen betrieben, insbesondere bei Drehzahlen größer als 1.000 U/min.

**[0030]** Insbesondere wenn der Läufer der hier beschrieben 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.

**[0031]** 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.

**[0032]** 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.

**[0033]** 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.

**[0034]** 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 Niedervoltteilnetz 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 Hochvoltteilnetz in das Niedervoltteilnetz transferiert werden. Das Niedervoltteilnetz kann aus dem Energiespeicher des Hochvoltteilnetzes versorgt werden.

**[0035]** Eine erfindungsgemäße Recheneinheit, z.B. ein Steuergerät eines Kraftfahrzeugs, ist, insbesondere programmtechnisch, dazu eingerichtet, ein erfindungsgemäßes Verfahren durchzuführen.

**[0036]** 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, EEPROMs, CD-ROMs, DVDs u.a.m. Auch ein Download eines Programms über Computernetze (Internet, Intranet usw.) ist möglich.

**[0037]** Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der beiliegenden Zeichnung.

**[0038]** 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, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

**[0039]** Die Erfindung ist anhand von Ausführungsbeispielen in der Zeichnung schematisch dargestellt und wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnung ausführlich beschrieben.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0040]** Fig. 1 zeigt schematisch eine bevorzugte Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine.

#### Ausführungsform(en) der Erfindung

**[0041]** In Fig. 1 ist eine bevorzugte Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine schematisch dargestellt und mit **100** bezeichnet.

**[0042]** 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 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.

**[0043]** 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.

**[0044]** Der ersten Gruppe von Statorwicklungen **110** und der zweiten Gruppe von Statorwicklungen **210** ist jeweils eine erste Gleichrichterschaltung **120** bzw. eine zweiten Gleichrichterschaltung **220** zugeordnet.

**[0045]** 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.

**[0046]** 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.

**[0047]** 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.

**[0048]** 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**.

**[0049]** 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** 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, ausgebildet, beispielsweise als Zweirichtungsthyristoren (TRIAC) oder als gegensinnig parallele MOSFETs.

**[0050]** Neben der elektrischen Maschine **100** ist eine Recheneinheit dargestellt, die insbesondere als ein Steuergerät **500** eines Kraftfahrzeugs ausgebildet ist. Das 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 bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens durchzuführen.

**[0051]** 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.

**[0052]** 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.

**[0053]** 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.

**[0054]** 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.

**[0055]** 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.

**[0056]** 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 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.

**[0057]** 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 Teilnetz-

schlusspolen **411** und **412** geschaltet sind und dass gleichzeitig die Statorwicklungen der zweiten Gruppe **210** zwischen das zweite 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.

**[0058]** 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 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.

**[0059]** 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 Transformator zur Gleichspannungswandlung geschaltet werden. Im Zuge dieser vierten Schaltungskonfiguration wird eine Gleichspannungswandlung zwischen den zwei Teilnetzen durchgeführt.

**[0060]** 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 Wechselspannung umgewandelt. Das Steuergerät **500** steuert zu diesem Zweck die Schalter **11** bis **16** der ersten Gleichrichterschaltung **120** zweckmäßig an. Diese dreiphasige Wechselspannung erzeugt in der ersten Gruppe **110** von Statorwicklungen einen Stromfluss, welcher wiederum eine dreiphasige Wechselspannung in der zweiten Gruppe **210** von Statorwicklungen induziert. Diese induzierte dreiphasige Wechselspannung 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.

**[0061]** 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.



**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 2810201 C2 [0003, 0003, 0022, 0022, 0022, 0023, 0023]

**Patentansprüche**

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

– 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**),

– 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,

– 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,

– 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,

– 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

– 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 Statorwicklungen zwischen das erste Paar (**410**) von 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.

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 zweiten Gruppe (**110, 210**) von Statorwicklungen (**111, 112, 113, 211, 212, 213**) als Gleichspannungswandler zur Gleichspannungswandlung zwischen das erste und das zwei-

te Paar (**410; 420**) von Teilnetzanschlusspolen (**411, 412; 421, 422**) geschaltet sind.

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 zweiten 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 sind.

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, 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.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei in einer vierten 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**) als Gleichspannungswandler zur Gleichspannungswandlung zwischen das erste und das zweite Paar (**410; 420**) von Teilnetzanschlusspolen (**411, 412; 421, 422**) geschaltet werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei in der vierten 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**) 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.

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.

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.

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. 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.

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.

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.

14. Computerprogramm, das ein Steuergerät dazu veranlasst, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 11 durchzuführen, wenn es auf dem Steuergerät ausgeführt wird.

15. Maschinenlesbares Speichermedium mit einem darauf gespeicherten Computerprogramm nach Anspruch 14.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

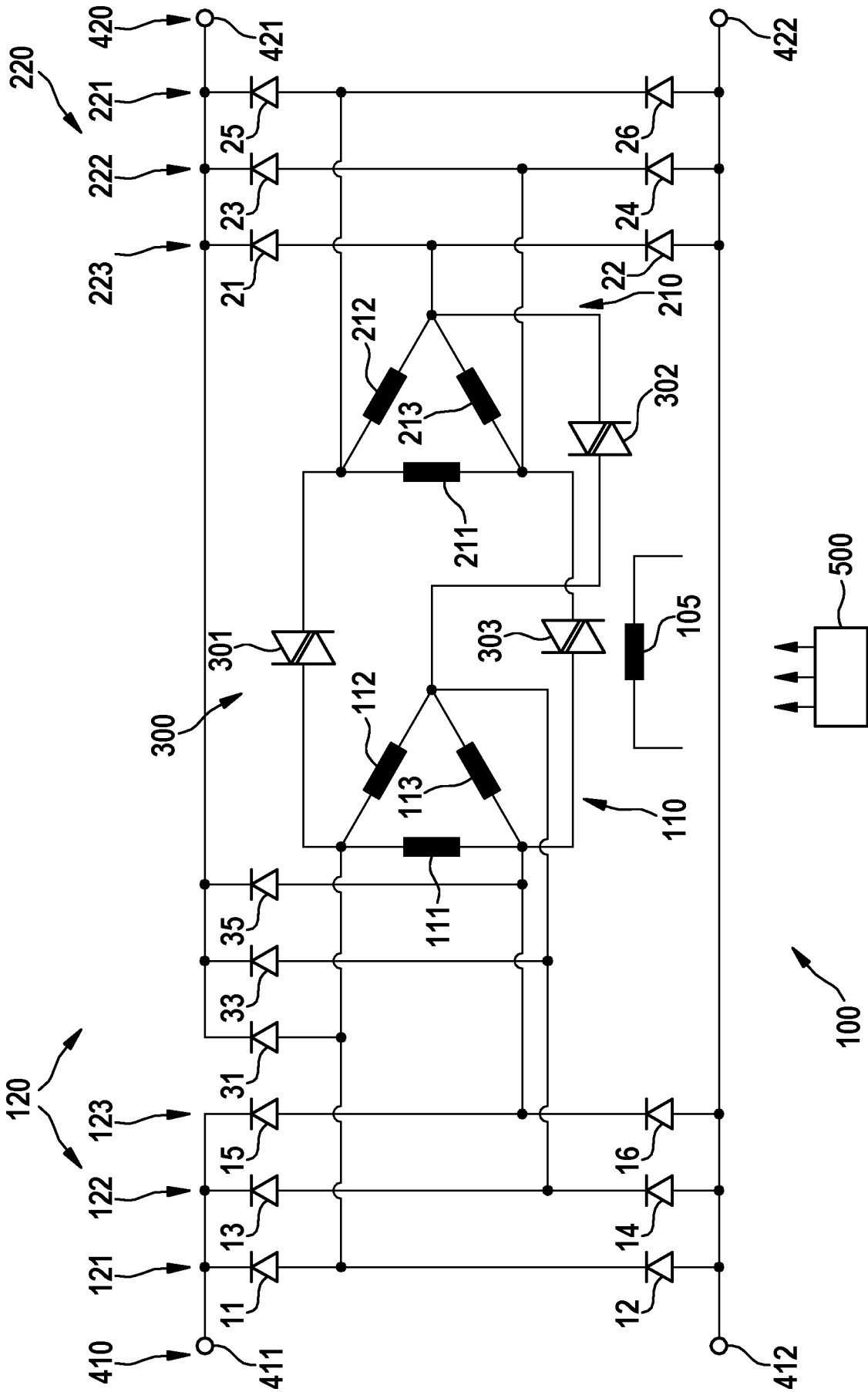


Fig. 1