

(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
18. August 2016 (18.08.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/128165 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02J 7/14 (2006.01) H02P 9/48 (2006.01)
H02H 7/12 (2006.01) H02P 29/024 (2016.01)
H02P 9/10 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/050647

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. Januar 2016 (14.01.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 202 437.7
11. Februar 2015 (11.02.2015) DE

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

(72) Erfinder: MEHRINGER, Paul; Brandenkopfweg 9,
70569 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).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: METHOD FOR OPERATING AN ACTIVE CONVERTER CONNECTED TO AN ELECTRICAL MACHINE AND MEANS FOR THE IMPLEMENTATION THEREOF

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES AN EINE ELEKTRISCHE MASCHINE ANGESCHLOSSENEN AKTIVEN UMRICHTERS UND MITTEL ZU DESSEN IMPLEMENTIERUNG

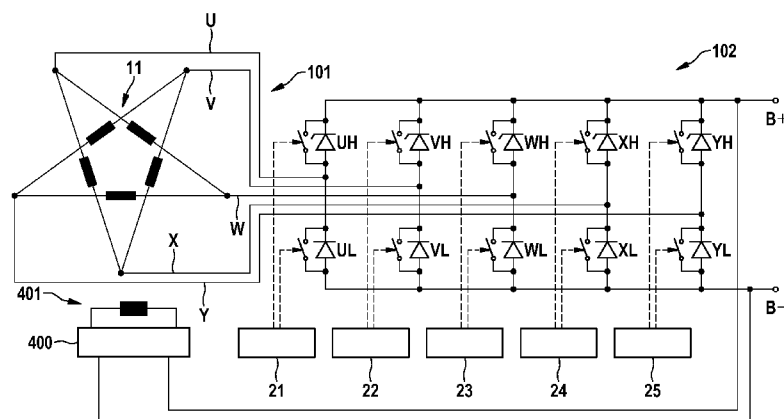


Fig. 8

(57) Abstract: In an active converter (102) which is connected to an electrical machine (101), in which clamping circuits for activating voltage clamping after a first time are provided, and which is also set up to activate a load shedding reaction only if activation conditions are present after a second time, the activation conditions comprise the fact that it is determined that the voltage clamping is still activated at the second time and/or a voltage potential has not yet fallen below the first threshold value and/or a value which indicates a current flowing through at least one phase connection (U-Y) is above a third threshold value.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2016/128165 A1



In einem an eine elektrische Maschine (101) angeschlossenen aktiven Umrichters (102), in der Klammerschaltungen zur Aktivierung einer Spannungsklammerung ab einem ersten Zeitpunkt vorgesehen sind, und der ferner dafür eingerichtet ist, nur bei einem Vorliegen von Aktivierungsbedingungen ab einem zweiten Zeitpunkt eine Lastabwurfsreaktion zu aktivieren, umfassen die Aktivierungsbedingungen, dass festgestellt wird, dass zu dem zweiten Zeitpunkt die Spannungsklammerung noch aktiviert ist und/oder ein Spannungspotential noch nicht unter den ersten Schwellwert abgesunken ist und/oder ein Wert, der einen durch wenigstens einen Phasenanschluss (U-Y) fließenden Strom kennzeichnet, oberhalb eines dritten Schwellwerts liegt.

5 Beschreibung

Titel

Verfahren zum Betreiben eines an eine elektrische Maschine angeschlossenen
10 aktiven Umrichters und Mittel zu dessen Implementierung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines an eine elektrische Maschine angeschlossenen aktiven Umrichters und Mittel zur Implementierung dieses Verfahrens gemäß den jeweiligen Oberbegriffen der unabhängigen Patentansprüche.

15

Stand der Technik

Zur Speisung von Gleichstromnetzen aus Drehstromquellen, insbesondere von Kraftfahrzeugbordnetzen durch Drehstromgeneratoren, können als Gleichrichter betriebene Umrichter unterschiedlicher Bauart eingesetzt werden. In Kraftfahrzeugbordnetzen werden in Entsprechung zu den hier üblicherweise verbauten drei-, vier- oder fünfphasigen Drehstromgeneratoren üblicherweise Umrichter in sechs-, acht- oder zehnpulsiger Ausführung verwendet. Die Erfindung eignet sich jedoch auch für Umrichter für andere Phasen- bzw. Pulszahlen.

25

Ist nachfolgend vereinfacht von einem Generator die Rede, kann es sich hierbei auch um eine generatorisch und motorisch betreibbare elektrische Maschine handeln, beispielsweise um einen sogenannten Startergenerator. Unter einem Umrichter wird nachfolgend eine Brückenschaltung bekannter Art verstanden, die bei einem generatorischen Betrieb der elektrischen Maschine als Gleichrichter arbeitet. Vereinfacht wird nachfolgend auch von einem Gleichrichter gesprochen. Eine Anordnung aus einer zumindest generatorisch betreibbaren elektrischen Maschine und einem entsprechenden, als Gleichrichter arbeitenden Umrichter wird nachfolgend auch als Stromversorgungseinrichtung bezeichnet.

30

Ein kritischer Betriebsfall bei entsprechenden Stromversorgungseinrichtungen ist der sogenannte Lastabwurf (engl. Load Dump). Dieser tritt auf, wenn sich bei hoch erregter elektrischer Maschine und einem entsprechend hohen abgegebenen Strom die Last an der elektrischen Maschine bzw. dem Umrichter schlagartig verringert. Ein Lastabwurf kann aus einer Abschaltung von Verbrauchern im angeschlossenen Kraftfahrzeugbordnetz oder aus einem Kabelabriss resultieren.

Werden, insbesondere in einem batterielosen Betrieb, in einem Kraftfahrzeugbordnetz Verbraucher schlagartig abgeschaltet, kann die elektrische Maschine aufgrund der Induktivität der Erregerwicklung und des sich daher nur langsam abbauenden Erregerfelds noch bis zu einer Sekunde lang mehr Energie liefern, als das Kraftfahrzeugbordnetz aufnehmen kann. Kann diese Energie nicht oder nicht vollständig durch kapazitive Elemente im Kraftfahrzeugbordnetz oder im Umrichter abgefangen werden, kann es zu Überspannungen und Überspannungsschäden bei Komponenten im Kraftfahrzeugbordnetz kommen.

Bei einem Kabelabriss, durch den das Kraftfahrzeugbordnetz vom Umrichter getrennt wird, liefert die elektrische Maschine ebenfalls weiter Energie, es ist jedoch kein Verbraucher mehr angeschlossen. Im Vergleich zu dem soeben erläuterten Fall der Abschaltung von Verbrauchern sind damit keine Verbraucher mehr gefährdet. Die Verbraucher können auch weiterhin durch die Batterie versorgt werden. Durch Überspannungen kann aber in solchen Fällen die Leistungselektronik der elektrischen Maschine oder des Umrichters geschädigt werden.

In herkömmlichen (passiven) Umrichtern erfolgt jeweils ein gewisser Schutz des Bordnetzes bzw. der Leistungselektronik der elektrischen Maschine und des Umrichters durch den Umrichter selbst, nämlich mittels der dort klassischerweise verbauten Zenerdioden, in denen die Überspannung geklammert und überschüssige Energie in Wärme umgesetzt wird. Auch die Verwendung zusätzlicher Klammerelemente ist in diesem Zusammenhang bekannt.

In Kraftfahrzeugen ist jedoch der Einsatz von aktiven bzw. gesteuerten Umrichtern wünschenswert, unter anderem deshalb, weil aktive Umrichter im Gegensatz

zu passiven bzw. ungesteuerten Umrichtern geringere Verlustleistungen im Normalbetrieb aufweisen. Derzeit erhältliche ansteuerbare bzw. aktive Stromventile für aktive Umrichter, beispielsweise Feldeffekttransistoren, besitzen jedoch keine integrierte Klammerfunktion mit einer ausreichenden Robustheit wie herkömmliche Zenerdioden und können daher die Überspannung nicht abfangen. Daher sind in aktiven Umrichtern zwingend zusätzliche Schutzstrategien erforderlich.

Bei einem Lastabwurf können beispielsweise die Generatorphasen kurzgeschlossen werden, indem einige oder alle Stromventile des oberen oder unteren Zweigs eines entsprechenden Umrichters kurzzeitig leitend geschaltet werden. Dies erfolgt insbesondere auf Grundlage einer Auswertung der an den Gleichspannungsanschlüssen des Umrichters anliegenden Bordnetzspannung. Überschreitet diese einen vorgegebenen oberen Schwellwert, wird ein entsprechender Kurzschluss eingeleitet und die Bordnetzspannung sinkt. Unterschreitet die Bordnetzspannung danach einen vorgegebenen unteren Schwellwert, wird der Kurzschluss aufgehoben und die Bordnetzspannung steigt erneut an. Die Bordnetzspannung pendelt daher zwischen dem oberen und dem unteren Schwellwert, bis das Erregerfeld abgeklungen ist.

Eine elektrische Maschine mit (zumindest weitgehend) abgeklungenem Erregerfeld wird nachfolgend auch als "entregt", eine elektrische Maschine mit nicht oder nur kaum abgeklungenem Erregerfeld als "erregt" bezeichnet. Ist nachfolgend davon die Rede, dass ein "Phasenkurzschluss eingeleitet" wird, sei hierunter verstanden, dass, wie erläutert, die Stromventile des oberen oder des unteren Zweigs eines Umrichters leitend geschaltet werden. Ein entsprechender Phasenkurzschluss wird "aufgehoben", wenn die reguläre aktive Gleichrichtung, beispielsweise unter Verwendung der bekannten Pulsweitenmodulations- oder Blockansteuerung, wieder aufgenommen wird.

Bei den erläuterten Verfahren kann es zu einem kontinuierlichen und nicht mehr auf herkömmliche Weise beendbaren Wechsel zwischen aktiver Gleichrichtung und Phasenkurzschlüssen kommen. Da bei einem Kabelabriss kapazitiv wirkende Elemente im Bordnetz nicht mehr zur Verfügung stehen und die im Umrichter vorhandenen kapazitiven Elemente vergleichsweise klein sind, reichen geringe

Energien aus, um die Bordnetzspannung (des verbleibenden, nicht durch den Kabelabriss getrennten Netzes) wieder derart anzuheben, dass der zur Einleitung der Phasenkurzschlüsse verwendete Schwellwert überschritten wird. Das Verfahren kommt daher nicht mehr "zur Ruhe", geht also nicht oder nur sehr verspätet wieder in die dauerhafte aktive Gleichrichtung über. Diese Problematik ist auch unten unter Bezugnahme auf die Figuren erläutert.

Umrichter, in denen neben Mitteln zum Aktivieren einer entsprechenden Lastabwurfsreaktion in Form von Phasenkurzschlüssen eine Spannungsklammerung vorgesehen ist, sind ebenfalls von dieser Problematik betroffen. Entsprechende Klammerschaltungen sind dazu eingerichtet, Spannungsspitzen abzufangen, bevor eine Lastabwurfsreaktion in Form von Phasenkurzschlüssen greifen kann. Eine durch die Klammerschaltungen herbeigeführte Spannungsklammerung wird ab einem Zeitpunkt aktiviert, ab dem die Bordnetzspannung bzw. ein entsprechendes Spannungspotential bis auf einen vorgegebenen Schwellwert ansteigt, und so lange aktiviert gehalten, so lange das Spannungspotential nicht unter den Schwellwert absinkt. Durch die Klammerung steigt die Bordnetzspannung nicht mehr über den als zumindest kurzzeitig sicher definierten Schwellwert an. Typischerweise umfasst eine derartige Spannungsklammerung in Umrichtern, in denen auch Phasenkurzschlüsse eingesetzt werden, die Stromventile in dem nicht für die Phasenkurzschlüsse verwendeten Zweig des Umrichters anzusteuern und damit eine leitende Verbindung zwischen den mit diesen Stromventilen verbundenen Phasenanschlüssen und dem entsprechenden Gleichspannungsanschluss herzustellen.

Die aus dem Stand der Technik bekannten Lösungen erweisen sich, wie erwähnt, insbesondere bei Kabelabrissen nicht immer als günstig, so dass für solche Fälle der Bedarf nach verbesserten Schutzstrategien besteht.

Offenbarung der Erfindung

Erfindungsgemäß werden ein Verfahren zum Betreiben eines an eine elektrische Maschine angeschlossenen aktiven Umrichters und Mittel zur Implementierung dieses Verfahrens gemäß den jeweiligen Oberbegriffen der unabhängigen Pa-

tentansprüche vorgeschlagen. Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung.

Vorteile der Erfindung

5

Kern der vorliegenden Erfindung ist es, festzustellen, ob in den eingangs erläuterten Fällen eines Lastabwurfs aufgrund eines Kabelabrisses eine weitere Aktivierung einer Lastabwurfsreaktion in Form von Phasenkurzschlüssen erforderlich ist oder ob diese beendet werden kann. Wie erwähnt, kann es in den erläuterten Verfahren zu einem kontinuierlichen und nicht mehr auf herkömmliche Weise beendbaren Wechsel zwischen aktiver Gleichrichtung und Phasenkurzschlüssen nur durch die Effekte der geringen verbliebenen Kapazitäten kommen, auch wenn die verwendete elektrische Maschine bereits (weitgehend) entregt ist.

10

15

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung werden Möglichkeiten aufgezeigt, die es ermöglichen, Fälle zu erkennen, in denen die elektrische Maschine bereits entregt oder weitgehend entregt ist und daher keine weitere Aktivierung von Phasenkurzschlüssen mehr erforderlich ist. Die Erfindung ermöglicht es auf diese Weise, schneller oder überhaupt wieder in die reguläre Gleichrichtung überzugehen und die wiederholten Zyklen von regulärer Gleichrichtung und Phasenkurzschlüssen zu beenden. Dies führt zu einem vorteilhaften Betrieb eines entsprechenden Bordnetzes auch nach einem Kabelabriss.

20

25

Die vorliegende Erfindung schlägt hierbei ein Verfahren zum Betreiben eines an eine elektrische Maschine angeschlossenen aktiven Umrichters vor. In dem Umrichter ist, wie insoweit bekannt, eine Anzahl von Phasenanschlüssen jeweils über ein ansteuerbares Stromventil in einem ersten Umrichterzweig mit einem ersten Gleichspannungsanschluss und über ein ansteuerbares Stromventil in einem zweiten Umrichterzweig mit einem zweiten Gleichspannungsanschluss verbunden. Ein "ansteuerbares Stromventil" ist im Rahmen der vorliegenden Anmeldung ein (Leistungs-)Transistor, insbesondere ein Metalloxid-Feldeffekttransistor, bekannter Bauart. Ein "erster Umrichterzweig" umfasst die Gesamtheit der mit dem ersten Gleichspannungsanschluss verbundenen Stromventile, ein "zweiter Umrichterzweig" die Gesamtheit der mit dem zweiten Gleich-

30

spannungsanschluss verbundenen Stromventile. Ist an den ersten Gleichspannungsanschluss beispielsweise ein positiver Batteriepol angeschlossen und der zweite Gleichspannungsanschluss mit einem negativen Batteriepol oder Masse verbunden, handelt es sich bei dem ersten Umrichterzweig um den "Highside-" oder "oberen" Zweig des Umrichters und bei dem zweiten Umrichterzweig um den "Lowside-" oder "unteren" Zweig des Umrichters.

Jedes der Stromventile eines der beiden Umrichterzweige ist mit einer Klammerschaltung versehen, die dazu eingerichtet ist, eine Spannungsklammerung ab einem ersten Zeitpunkt zu aktivieren, ab dem ein an dem ersten Gleichspannungsanschluss anliegendes Spannungspotential bzw. eine zwischen dem ersten und dem zweiten Gleichspannungsanschluss anliegende Spannung, also eine Bordnetzspannung, bis auf einen vorgegebenen ersten Schwellwert ansteigt, und die Spannungsklammerung aktiviert zu halten, so lange das Spannungspotential nicht unter den ersten Schwellwert absinkt. Die Spannungsklammerung umfasst, das mit der Klammerschaltung versehene Stromventil anzusteuern und damit eine leitende Verbindung zwischen dem mit diesem Stromventil verbundenen Phasenanschluss und dem jeweiligen Gleichspannungsanschluss herzustellen.

Der Umrichter ist ferner dafür eingerichtet, nur beim zusätzlichen Vorliegen von Aktivierungsbedingungen ab einem zweiten Zeitpunkt eine Lastabwurfsreaktion zu aktivieren, wenn zu dem zweiten Zeitpunkt das Spannungspotential oberhalb eines zweiten Schwellwerts liegt. Der zweite Zeitpunkt liegt nach dem ersten Zeitpunkt und der zweite Schwellwert liegt unterhalb des ersten Schwellwerts. Die Lastabwurfsreaktion umfasst, alle Stromventile des anderen der beiden Umrichterzweige anzusteuern und damit eine leitende Verbindung zwischen allen Phasenanschlüssen herzustellen. Der erste Zeitpunkt ist durch den Zeitpunkt des Erreichens des ersten Schwellwerts durch die Bordnetzspannung, also das erwähnte Spannungspotential, festgelegt und entspricht dem Zeitpunkt, zu dem eine Klammerfunktion aktiviert wird. Der zweite Zeitpunkt kann einen vorgegebenen Zeitraum (Totzeit) nach dem ersten Zeitpunkt liegen, beispielsweise 50 Mikrosekunden. Innerhalb dieses Zeitraums zwischen dem ersten und dem zweiten Zeitpunkt muss nicht dauerhaft eine Klammerfunktion aktiviert sein, insbesondere

dann nicht, wenn die Bordnetzspannung bereits nach sehr kurzer Zeit wieder unter den ersten Schwellwert absinkt.

5 Die Spannungsklammerung erfolgt also in dem Zweig des Umrichters, der nicht für die Phasenkurzschlüsse verwendet wird und umgekehrt. Werden also die Phasenkurzschlüsse im unteren Zweig des Umrichters ("Lowside") herbeigeführt, erfolgt die Spannungsklammerung im oberen Zweig des Umrichters ("Highside") und umgekehrt. Typischerweise entspricht dabei der "erste" Gleichspannungsanschluss einem positiven Batteriepol und der "zweite" Gleichspannungsanschluss
10 einem negativen Batteriepol oder Masse.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Aktivierungsbedingungen zur Aktivierung der Lastabwurfsreaktion umfassen, dass festgestellt wird, dass zu dem
15 zweiten Zeitpunkt die Spannungsklammerung noch aktiviert ist und/oder das Spannungspotential noch nicht unter den ersten Schwellwert abgesunken ist und/oder ein Wert, der einen durch wenigstens einen der Phasenanschlüsse fließenden Strom kennzeichnet, oberhalb eines dritten Schwellwerts liegt. Die drei genannten Kriterien, im Rahmen der vorliegenden Anmeldung als "Aktivierungsbedingungen" bezeichnet, eignen sich, wie erfindungsgemäß erkannt wurde, in
20 besonderer Weise, um festzustellen, ob die elektrische Maschine bereits ausreichend entregt ist. Ist zu dem zweiten Zeitpunkt die Spannungsklammerung noch aktiviert und/oder ist das Spannungspotential noch nicht unter den ersten Schwellwert abgesunken und/oder liegt der Wert, der den durch wenigstens einen der Phasenanschlüsse fließenden Strom kennzeichnet, oberhalb des dritten
25 Schwellwerts, ist die elektrische Maschine noch nicht ausreichend entregt. In anderen Fällen ist der Erregerstrom bereits so weit abgeklungen, dass eine weitere Einleitung von Phasenkurzschlüssen nicht mehr erforderlich ist. In diesen Fällen reicht eine Klammerfunktion aus, um Überspannungen zu begrenzen.

30 Sämtliche genannten Kriterien lassen sich in einem aktiven Umrichter selbst feststellen. Ein Rückgriff auf beispielsweise in einem Generatorregler der elektrischen Maschine ermittelte Werte ist nicht erforderlich.

In einem entsprechenden Verfahren werden vorteilhafterweise Klammerschaltungen verwendet, in denen der erste Gleichspannungsanschluss über eine Schwellwertschaltung mit einem Ansteueranschluss des mit der Klammerschaltung versehenen Stromventils verbunden ist, wobei die Schwellwertschaltung die Spannungsklammerung aktiviert, indem sie eine leitende Verbindung zwischen dem entsprechenden Phasenanschluss und dem Gleichspannungsanschluss herstellt, wenn das Spannungspotential auf den ersten Schwellwert ansteigt, und die Spannungsklammerung aktiviert hält, indem sie die leitende Verbindung so lange aufrechterhält, so lange das Spannungspotential nicht unter den ersten Schwellwert absinkt. Die Schwellwertschaltung ist insbesondere unter Verwendung einer oder mehrerer Zenerdioden als Schwellwertelemente realisiert, die kathodenseitig mit dem ersten Gleichspannungsanschluss und anodenseitig mit dem Ansteueranschluss, beispielsweise dem Gate eines Metalloxid-Feldeffekttransistors, verbunden sind. Auf diese Weise wird der Ansteueranschluss so lange angesteuert, so lange die Durchbruchspannung der Zenerdiode(n) überschritten wird.

Wie unten anhand Figur 5 erläutert, kann eine Zusatzbeschaltung an einer entsprechenden Schwellwertschaltung erfassen, ob Strom durch die Schwellwertschaltung fließt. Bei einer noch (weitgehend) erregten elektrischen Maschine ist dies so lange der Fall, bis die erwähnte Lastabwurfsreaktion zu dem zweiten Zeitpunkt eingeleitet wird. Zu dem zweiten Zeitpunkt fließt also noch ein entsprechender Strom. Bei einer (weitgehend) entregten elektrischen Maschine sinkt die Bordnetzspannung hingegen sehr bald nach der Aktivierung der Klammerfunktion ab und zu dem zweiten Zeitpunkt, zu dem herkömmlicherweise die erwähnte Lastabwurfsreaktion eingeleitet wird, fließt kein entsprechender Strom mehr. Dies ist auch unter Bezugnahme auf die Figuren 2 und 3 erläutert. Das Verfahren sieht also vorteilhafterweise vor, dass festgestellt wird, dass zu dem zweiten Zeitpunkt die Spannungsklammerung noch aktiviert ist, indem ermittelt wird, ob ein Strom über die Schwellwertschaltung fließt.

Alternativ dazu kann jedoch auch dadurch festgestellt werden, dass das Spannungspotential zu dem zweiten Zeitpunkt noch nicht unter den ersten Schwellwert abgesunken ist, indem das Spannungspotential zumindest zu dem zweiten

Zeitpunkt gemessen wird. Dies ermöglicht den Verzicht auf entsprechende Zusatzbeschaltungen, weil Mittel zur Spannungsmessung bereits zur Aktivierung der Lastabwurfsreaktion vorhanden sind und daher im einfachsten Fall lediglich ein oder mehrere weitere Messzeitpunkte definiert werden müssen. Wie erwähnt und unten erläutert, ist es ein Charakteristikum bei einer (weitgehend) entregten elektrischen Maschine, dass das Spannungspotential zu dem zweiten Zeitpunkt auf einen Wert abgesunken ist, der unterhalb des Werts zu dem ersten Zeitpunkt vorliegt. Hingegen bleibt das Spannungspotential bei noch (weitgehend) erregter elektrischer Maschine zwischen dem ersten und dem zweiten Zeitpunkt im Wesentlichen konstant. Es hat sich daher als besonders vorteilhaft erwiesen, das Spannungspotential zwischen dem ersten Zeitpunkt und dem zweiten Zeitpunkt zu messen, so dass dessen Verlauf erfasst werden kann.

Vorteilhafterweise wird gemäß der oben angegebenen dritten Alternative der Wert, der den zu dem zweiten Zeitpunkt durch den wenigstens einen Phasenanschluss fließenden Strom kennzeichnet, auf Grundlage einer Strommessung in dem wenigstens einen Phasenanschluss ermittelt. Es hat sich gezeigt, dass die Phasenströme bei (weitgehend) entregter elektrischer Maschine zu dem zweiten Zeitpunkt auf sehr geringe Werte (nahe 0 Ampere) absinken, bei (weitgehend) erregter elektrischer Maschine hingegen nicht. Daher ermöglicht eine Phasenstrommessung eine zuverlässige Bestimmung, ob die elektrische Maschine bereits ausreichend entregt ist, so dass auf eine weitere Einleitung von Lastabwurfsreaktionen verzichtet werden kann. Vorteilhafte Ausgestaltungen können umfassen, dass der Wert, der den zu dem zweiten Zeitpunkt durch den wenigstens einen Phasenanschluss fließenden Strom kennzeichnet, auf Grundlage eines Maximalwerts des durch den wenigstens einen Phasenanschluss fließenden Stroms oder auf Grundlage einer Summe positiver Stromanteile in wenigstens zwei Phasenanschlüssen ermittelt wird. Eine direkte Erfassung der Phasenströme, z.B. über Messshunts in den Phasenzweigen, kann vorgesehen sein. Sobald der maximal gemessene Phasenstrom oder die Summe der positiven Phasenstromanteile einen zu bestimmenden Wert, den erwähnten dritten Schwellwert, unterschreitet, kann auf das Setzen weiterer Phasenkurzschlüsse verzichtet werden. Die Bestimmung des dritten Schwellwerts wird vorteilhafterweise auf Grund-

lage der Drehzahl und der thermischen Eigenschaften der elektrischen Maschine ermittelt, wobei ein Wert von im Wesentlichen 0 Ampere immer möglich ist.

5 Eine erfindungsgemäße Recheneinheit, z.B. ein Steuergerät einer Stromversorgungseinrichtung oder eines aktiven Umrichters ist, insbesondere programmtechnisch, dazu eingerichtet, ein erfindungsgemäßes Verfahren durchzuführen.

10 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.

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

20 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.

25 Kurze Beschreibung der Zeichnungen

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

30 Figur 1 veranschaulicht Lastabwurfereignisse anhand eines vereinfachten Ersatzschaltbilds eines Kraftfahrzeugbordnetzes.

Figur 2 veranschaulicht Strom- und Spannungsverläufe bei einer Lastabwurfreaktion bei Kabelabriss und entregter elektrischer Maschine.

Figur 3 veranschaulicht Strom- und Spannungsverläufe bei einer Lastabwurfsreaktion bei Kabelabriss und erregter elektrischer Maschine.

5 Figur 4 veranschaulicht den prinzipiellen Aufbau eines Spannungsreglers einer elektrischen Maschine in schematischer Darstellung.

Figur 5 veranschaulicht eine Zusatzbeschaltung eines Stromventils eines aktiven Umrichters in schematischer Darstellung.

10

Figur 6 veranschaulicht einen Spannungsverlauf einer Bordnetzspannung während und nach der Aktivierung einer Klammerfunktion in Detailansicht.

15 Figur 7 veranschaulicht ein Verfahren gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in Form eines schematischen Ablaufplans.

Figur 8 veranschaulicht eine elektrische Maschine mit einem an diese angeschlossenen aktiven Umrichter in schematischer Darstellung.

20 Ausführungsform(en) der Erfindung

In Figur 1 werden unterschiedliche Lastabwurfereignisse anhand eines Ersatzschaltbilds 100 eines Kraftfahrzeugbordnetzes veranschaulicht.

25 Das Ersatzschaltbild 100 stellt eine als Generator arbeitende elektrische Maschine 101 mit einem zugeordneten aktiven Umrichter 102 dar. Zu Details sei auf die Figur 6 verwiesen. Die elektrische Maschine 101 und der Umrichter 102 sind jeweils über Kabel 103 mit beispielsweise jeweils 1,5 Metern Länge und einem Querschnitt von beispielsweise jeweils 25 Quadratmillimetern an Schaltpunkte 30 104 angebunden. Zwischen den Schaltpunkten 104 ist ein Kondensator 105 angeschlossen, wie er beispielsweise an einem Fremdstartstützpunkt eines Fahrzeugs vorhanden ist. Die Schaltpunkte 104 sind in einem realen Bordnetz zum Fremdstarten des Kraftfahrzeugs vorgesehen. Zwischen weiteren Schaltpunkten 106 ist symbolisch eine resistive Last 107 veranschaulicht. Ein weiterer Kondensator

sator 109, der eine Bordnetzkapazität veranschaulicht, ist zwischen nochmals weiteren Schaltpunkten 108 eingebunden, zwischen denen auch eine weitere resistive Last 110 symbolisch veranschaulicht ist.

5 Die Schalter 111 und 112 sind in einem realen Bordnetz nicht vorhanden und veranschaulichen die bei einem Lastabwurf eintretenden Zustände, wie unten erläutert. Der Normalbetrieb eines entsprechenden Bordnetzes, d.h. ohne Lastabwurf, entspricht einem geschlossenen (leitenden) Zustand der Schalter 111 und 112. An der elektrischen Maschine 101 und dem Umrichter 102 liegt eine Spannung UB an, wie durch einen entsprechend beschrifteten Pfeil veranschaulicht.
10 Die Spannung UB wird nachfolgend als Bordnetzspannung bezeichnet. Die Bordnetzspannung liegt an den gleichspannungsseitigen Ausgängen des Umrichters 102 an, wobei einer dieser Ausgänge auch auf Masse liegen kann. In diesem Fall ergibt sich die Bordnetzspannung als Potentialdifferenz zwischen
15 Masse und dem anderen gleichspannungsseitigen Ausgang des Umrichters 102. Die über den Kondensator 107 abfallende Spannung ist ebenfalls mit einem Pfeil veranschaulicht und mit UF bezeichnet.

Der Zustand ohne Lastabwurf entspricht, wie erwähnt, einem geschlossenen Zustand der Schalter 111 und 112. Die elektrische Maschine 101 gibt über den Umrichter 102 einen Strom an das in Figur 1 veranschaulichte Bordnetz ab, der sich aus den Lastwiderständen der resistiven Lasten 107 und 110 ergibt. Ein Lastabwurf kann nun durch das Öffnen eines der Schalter 111 und 112 veranschaulicht werden. Das Öffnen des Schalters 111 entspricht dabei einem Kabelabriss am Umrichter 102. Das Öffnen des Schalters 112 bildet dagegen einen Lastabwurf ab, wie er durch die Abschaltung der resistiven Last 110 im Bordnetz verursacht wird. Die Höhe des abgeworfenen Laststroms richtet sich im letzteren Fall, d.h. einer Lastabschaltung, nach dem Lastwiderstand der abgeworfenen resistiven Last 110, die Höhe des verbleibenden Bordnetzstroms nach dem Lastwiderstand der resistiven Last 107.
20
25
30

In Figur 2 sind Strom- und Spannungsverläufe in vier Diagrammen 210 bis 240 in Volt bzw. Ampere oder Milliampere auf der jeweiligen Ordinate über eine gemeinsame Zeitachse in Millisekunden auf der Abszisse veranschaulicht. Drei

- charakteristische Zeitpunkte in den Diagrammen 210 bis 240 sind diagramm-
übergreifend mit 1 bis 4 bezeichnet. Die Diagramme 210 bis 240 betreffen dabei
jeweils den Fall eines Kabelabrisses (entsprechend einem Öffnen des Schalters
111 gemäß der voranstehenden Figur 1) bei (weitgehend) abgeklungenem Erre-
gerstrom in einer generatorisch arbeitenden elektrischen Maschine, beispielswei-
se der elektrischen Maschine 101 gemäß Figur 1. Diese wird nachfolgend als
5 fünfphasige elektrische Maschine angenommen. Wie erwähnt, eignet sich die Er-
findung aber auch für elektrische Maschinen anderer Phasenzahlen.
- 10 Diagramm 210 veranschaulicht den Verlauf 211 der Bordnetzspannung, bei-
spielsweise der Spannung UB gemäß Figur 1. Diagramm 220 veranschaulicht
Verläufe 221 bis 225 der Phasenströme der, wie erwähnt, hier als fünfphasig an-
genommenen elektrischen Maschine. In Diagramm 230 ist der (sich hier im Milli-
amperebereich) bewegende Verlauf 231 des Erregerstroms durch die Erreger-
wicklung der elektrischen Maschine gezeigt, Diagramm 240 zeigt einen Verlauf
15 241 einer an der Erregerwicklung anliegenden Spannung. Zur weiteren Erläute-
rung der Diagramme 230 und 240 bzw. der Verläufe 231 und 241 sei ergänzend
auch auf die unten erläuterte Figur 4 verwiesen.
- 20 Während des gesamten Zeitraums, der in den Diagrammen 210 bis 240 veran-
schaulicht ist, liegt ein Lastabwurf aufgrund eines Kabelabrisses vor. Zum Zeit-
punkt 1 wird, beispielsweise aufgrund eines als ausreichend angesehenen Ab-
sinkens der Bordnetzspannung, veranschaulicht durch den Verlauf 211 in Dia-
gramm 210, entschieden, dass ein Phasenkurzschluss beendet werden kann.
25 Vor dem Zeitpunkt 1 liegt also noch ein Phasenkurzschluss vor.
- Ab dem Zeitpunkt 1 wird in eine reguläre Gleichrichtung übergegangen. Es wird
nun zunächst eine entsprechende Kapazität von beispielsweise 1 bis 100 Mikro-
farad, beispielsweise ein Kondensator, der sich im Gleichrichter 102 oder im
30 Regler 400 gemäß Figur 1 zwischen den Anschlüssen B+ und B- befindet, auf-
geladen. Aufgrund der vergleichsweise niedrigen Kapazität und der hohen Gene-
ratorströme erfolgt die Aufladung sehr schnell. Zum Zeitpunkt 2, bei dem die
Bordnetzspannung, veranschaulicht durch den Verlauf 211 in Diagramm 210, ei-
nen Schwellwert (Auslöseschwelle) überschreitet (im Rahmen dieser Anmeldung

5 zuvor und in den Patentansprüchen als "erster" Zeitpunkt bezeichnet), wird daher eine Klammerung dieser Spannung im Umrichter aktiv. Zu Details einer solchen Klammerung wird auf die unten erläuterte Figur 5 verwiesen. Man erkennt, dass zwischen den Zeitpunkten 2 und 3 aufgrund dieser Maßnahme die Phasenströme, veranschaulicht durch die Verläufe 221 bis 225 in Diagramm 220 und der Erregerstrom, veranschaulicht durch den Verlauf 231 in Diagramm 230, bereits auf den Wert Null zurückgehen. Dies stellt, wie im Vergleich zu Figur 3 ersichtlich, ein Charakteristikum bei einer (weitgehend) entregten elektrischen Maschine dar.

10 Auch die Bordnetzspannung, veranschaulicht durch den Verlauf 211 in Diagramm 210, sinkt ab, was ein weiteres Charakteristikum bei einer (weitgehend) entregten elektrischen Maschine darstellt, wie im Vergleich zu Figur 3 ersichtlich. Weil die Bordnetzspannung jedoch weiter oberhalb eines zur Einleitung von Phasenkurzschlüssen definierten Schwellwerts (im Rahmen dieser Anmeldung zuvor und in den Patentansprüchen als "zweiter" Schwellwert bezeichnet) liegt, wird zum Zeitpunkt 3 (im Rahmen dieser Anmeldung zuvor und in den Patentansprüchen als "zweiter" Zeitpunkt bezeichnet) ein Phasenkurzschluss ausgelöst. In dem Zeitraum zwischen den Zeitpunkten 3 und 4 (nach dem "zweiten" Zeitpunkt) wird während des Phasenkurzschlusses die Bordnetzspannung aufgrund des Stromverbrauchs des Umrichters und dessen Reglers abgebaut. Da die elektrische Maschine während des Phasenkurzschlusses keine Gegenspannung erfährt, reichen die dabei induzierten Spannungen aufgrund der Restremanenz aus, um Phasenströme zu induzieren, wie anhand der Verläufe 221 bis 225 des Diagramms 220 ersichtlich. Diese Phasenströme koppeln dabei sogar über auf den Erregerkreis, wie in Diagramm 230 anhand des Verlaufs 231 des Erregerstroms erkennbar ist.

30 Zum Zeitpunkt 4 wird der Phasenkurzschluss wieder gelöst. Die in den Phasenströmen zwischengespeicherte Energie reicht aus, um bei der geringen vorhandenen Kapazität die Bordnetzspannung, ersichtlich in dem Verlauf 211 des Diagramms 210, wieder auf einen Wert anzuheben, der oberhalb der Auslöseschwelle liegt, die wiederum zur Aktivierung des Phasenkurzschlusses

führt. Der Kreislauf gemäß Figur 2 beginnt von neuem. Es ist erkennbar, dass auch bei (weitgehend) entregter elektrischer Maschine ein entsprechender Kreislauf herkömmlicherweise nicht verlassen werden kann.

5 In Figur 3 sind Strom- und Spannungsverläufe in fünf Diagrammen 310 bis 350 in Volt bzw. Ampere oder Milliampere auf der jeweiligen Ordinate über eine gemeinsame Zeitachse in Millisekunden (Abszisse) veranschaulicht. Die charakteristischen Zeitpunkte in den Diagrammen 310 bis 350 sind auch hier diagrammübergreifend mit 1 bis 4 bezeichnet. Die Diagramme 310 bis 350 betreffen dabei
10 jeweils den Fall eines Kabelabrisses (entsprechend einem Öffnen des Schalters 111 gemäß der voranstehenden Figur 1) bei (kaum) abgeklungenem Erregerstrom in einer generatorisch arbeitenden elektrischen Maschine, beispielsweise der elektrischen Maschine 101 gemäß Figur 1. Diese wird auch hier als fünfphasige elektrische Maschine angenommen. Wie erwähnt, eignet sich die Erfindung
15 aber auch für elektrische Maschinen anderer Phasenzahlen.

Die in den Diagrammen 310 bis 340 der Figur 3 dargestellten Verläufe 311 bis 341 entsprechen ihrer Herkunft nach jeweils den in den Diagrammen 210 bis 240 dargestellten Verläufen 211 bis 241 und sind entsprechend mit um 100 inkrementierten Bezugszeichen angegeben. Zusätzlich sind in dem Diagramm 350
20 Verläufe 351 bis 355 von Phasenspannungen der elektrischen Maschine gezeigt.

Während des gesamten Zeitraums, der in den Diagrammen 310 bis 350 veranschaulicht ist, liegt, wie bereits bezüglich Figur 2 erläutert, ein Lastabwurf aufgrund eines Kabelabrisses vor. Auch die Zeitpunkte 1 bis 4 entsprechen einander,
25 so dass die Erläuterungen zu Figur 2 auch hier gelten.

Man erkennt in der Zusammenschau der Figuren 2 und 3, dass bei noch nicht weitreichender Entregung der elektrischen Maschine (gemäß Figur 3) die Bordnetzspannung (siehe Verläufe 211 und 311 im Vergleich zueinander) zu dem
30 Zeitpunkt 3 ("zweiter" Zeitpunkt) noch im Wesentlichen dem Wert zum Zeitpunkt 2 ("erster" Zeitpunkt) entspricht, und dass die Phasenströme (siehe Verläufe 221 und 321 im Vergleich zueinander) noch deutlich höher sind und insbesondere zum Zeitpunkt 3 ("zweiter" Zeitpunkt) nicht deutlich auf einen Wert von im We-

sentlichen 0 Ampere absinken. Ferner bleibt auch die an der Erregerwicklung anliegende Spannung (siehe Verläufe 241 und 341 im Vergleich zueinander) bei noch nicht weitreichender Entregung (gemäß Figur 3) der elektrischen Maschine stabil auf einem Wert von weniger als 0 V. Die Beobachtung des Signals 241 bzw. 341 eignet sich damit ebenfalls zur Unterscheidung der Fälle aus den Figuren 2 und 3, d.h. zur Beantwortung der Frage, ob die elektrische Maschine bereits ausreichend entregt ist und damit wieder dauerhaft in einen regulären Gleichrichterbetrieb übergegangen werden könnte.

5

10

15

Neben den in der vorliegenden Erfindung verwendeten Kriterien kann daher auch ein Augenmerk auf dem Spannungsverlauf 241 bzw. 341 in den Diagrammen 240 bzw. 340 der Figuren 2 und 3 gelegt werden. Daher wird die Entstehung entsprechender Spannungen anhand Figur 4 weiter erläutert, die, insgesamt mit 400 bezeichnet, den prinzipiellen Aufbau eines Spannungsreglers einer elektrischen Maschine, wie beispielsweise der elektrischen Maschine 101 aus Figur 1, in schematischer Ansicht zeigt.

20

25

30

Ein entsprechender Spannungsregler 400 umfasst eine Erregerwicklung 401 mit einer Induktivität von beispielsweise 400 Millihenry, durch welche ein Stromfluss (Erregerstrom) typischerweise mittels eines Zweipunktreglers auf Grundlage der Bordnetzspannung geregelt wird. Sobald die an einem Anschluss 402 anliegende Bordnetzspannung zu niedrig wird bzw. unterhalb einer bestimmten Schwelle liegt, wird ein Stromventil 403, beispielsweise ein Metalloxid-Feldeffekttransistor, angesteuert und damit leitend geschaltet. Es ergibt sich, wie mit Pfeil 404 veranschaulicht, ein Stromfluss durch die Erregerwicklung 401. Sobald die Spannung an dem Anschluss zu hoch wird bzw. oberhalb einer bestimmten Schwelle liegt, die Ansteuerung des Stromventils 403 beendet und die Erregerwicklung 401 von dem Anschluss 402 getrennt. Wie mit einem Pfeil 405 veranschaulicht, resultiert daraus ein Freilaufstrom von einem Masseanschluss 406 über eine Diode 407. Der Erregerstrom verringert sich hierdurch.

An einem Schaltpunkt 408, der den Verbindungspunkt zwischen Läufer und Regler bezeichnet, pendelt die anliegende Spannung (deren Verläufe 241 und 341 in den Diagrammen 240 und 340 in den Figuren 2 und 3 gezeigt sind) im regulären

Gleichrichterbetrieb zwischen zwei Werten. Im Freilauf entsprechend Pfeil 405 (d.h. bei fehlender Verbindung der Erregerwicklung 410 zum Anschluss 402) liegt die Spannung beim negativen Wert der Diodenspannung der Diode 407. Hingegen liegt die Spannung bei dem am Anschluss 402 anliegenden Wert, also bei der Bordnetzspannung, wenn das Stromventil 403 angesteuert ist und damit eine leitende Verbindung des Schaltpunkts 408 zu dem Anschluss 402 besteht.

Wendet man sich nun erneut dem in Diagramm 240 der Figur 3 veranschaulichten Verlauf 241 zu, ist hieraus erkennbar, dass jeweils vor und nach dem Zeitpunkt 3 ("zweiter" Zeitpunkt) die Spannungswerte an dem Schaltpunkt 408 (denn diese gibt der Verlauf 241 an) von den erläuterten Werten abweichen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass bei einem Erregerstrom von 0 Ampere durch die Erregerwicklung 401 der Schaltpunkt 408 nicht niederohmig an ein Spannungspotential, sondern nur über die große Induktivität der Erregerwicklung 401 (wie erwähnt beispielsweise 400 Millihenry) an Masse angebunden ist. Damit lassen sich Spannungen leicht auf die Erregerwicklung induzieren. Die Zeiten, bei denen der Verlauf 241 von den regulären Werten abweicht, korrelieren genau mit den Zeiten, in denen der Erregerstrom bei 0 Ampere liegt.

Im Gegensatz dazu erkennt man aus Figur 3, in der, wie erwähnt, ein Fall dargestellt ist, in dem die Entregung der elektrischen Maschine noch nicht erreicht ist, dass die Spannung, ersichtlich aus dem Verlauf 341 in Diagramm 340, stabil auf weniger als 0 Volt (der erwähnten negativen Diodenspannung) liegt. Die Beobachtung eines entsprechenden Verlaufs, d.h. der an dem Anschluss 402 anliegenden Spannung, eignet sich damit zur Unterscheidung der Fälle aus den Figuren 2 und 3, d.h., wie erwähnt, zur Beantwortung der Frage, ob die elektrische Maschine bereits entregt ist.

Unter Bezugnahme auf Figur 5 wird nun ein Verfahren gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erläutert, das sich ebenfalls zur Unterscheidung dieser beiden Fälle eignet. Dargestellt ist, insgesamt mit 500 bezeichnet, eine bekannte Zusatzbeschaltung eines Stromventils 501, beispielsweise eines Feldeffekttransistors, im Highside-Zweig eines aktiven Umrichters (zu Details sei auf die nachfolgende Figur 8 verwiesen), mit welcher man das Klammerver-

halten zwischen den Zeitpunkten 2 und 3 gemäß den Figuren 2 und 3 ("erster" und "zweiter" Zeitpunkt) bewirken kann. Die Zusatzbeschaltung 500 umfasst eine antiparallele Diode 502 und eine Zenerdiode 503, die zwischen Gate G und Drain D des Stromventils 501 angeordnet sind. Die Durchbruchspannung der Zenerdiode 503 ist so gewählt, dass sie bei Überschreiten eines definierten Spannungswerts einer an einem Anschluss 510 anliegenden Bordnetzspannung durchbricht und damit das Gate G des Stromventils 501 angesteuert und das Stromventil 501 leitend geschaltet wird. Durch eine komparatorische Auswertung der an der antiparallelen Diode 502 anliegenden Spannung mittels eines Komparators 504 und Erfassen von dessen Ausgangssignal an einem Anschluss 505 kann damit erkannt werden, ob die antiparallele Diode 502 Strom führt und damit die Klammerung aktiv ist.

Alternativ dazu kann auch eine komparatorische Auswertung der Gate-Source-Spannung unter Verwendung zweier Komparatoren bzw. Verstärker 506 und 507 und eines Entkopplungswiderstands 508 (und eine Auswertung eines Ausgangssignals an Anschluss 509) vorgenommen werden. Es werde im Folgenden von Verstärkern ausgegangen, die nur positive Eingangsspannungen verstärken können und im Fall von negativen Eingangsspannungen 0 Volt als Ausgangsspannung liefern. Derartige Verstärker sind als Verstärker 506 und 507 im dargestellten Beispiel vorgesehen.

Im Fall einer aktiven Gleichrichtung im oberen Umrichterzweig ist das Phasenspannungssignal 520 größer als das Spannungssignal des positiven Gleichspannungsanschlusses 510 und der Verstärker 506 liefert am Ausgang ein positives Signal. Sobald der Vorgang eingeschwungen ist, fließt kein Strom mehr in den Ansteueranschluss G des Stromventils 501 und der Verstärker 507 sieht am Eingang keine Differenzspannung, was zu einem Ausgangssignal von ca. 0 Volt führt. Im Fall einer aktiven Gleichrichtung im unteren Umrichterzweig liegt das an dem Anschluss 520 anliegende Phasenspannungssignal nahe 0 Volt, der Verstärker 506 liefert ein Ausgangssignal bei ca. 0 Volt, ebenso der Verstärker 507. Im Fall einer Klammerung, also einer Spannung zwischen den Anschlüssen 520 und 510, die die Klammerspannung an dem Anschluss 503 und die Threshold-Spannung an dem Stromventil 501 übersteigt, liefert der Verstärker 506 eine

Ausgangsspannung von 0 Volt, während über den Klammerpfad am Ansteueranschluss G des Stromventils 501 eine Spannung nahe der Threshold-Spannung eingestellt wird. Diese Spannungsdifferenz wird am Eingang des Verstärkers 507 erkennbar und am Ausgang 509 erkennbar. Damit kann am Ausgang 509 eindeutig erkannt werden, ob die Schaltung sich in Klammerung befindet.

Eine weitere gemäß einer Ausführungsform der Erfindung mögliche Überprüfung wird anhand Figur 6 veranschaulicht, in der Verläufe 601 und 602 einer Bordnetzspannung bei (weitgehend) entregter elektrischer Maschine (Verlauf 601) und bei noch nicht oder nur kaum entregter elektrischer Maschine (Verlauf 602) veranschaulicht sind. Die Verläufe 601 und 602 sind in Volt auf der Ordinate gegenüber einer Zeit in Mikrosekunden auf der Abszisse in einem Diagramm 600 aufgetragen. Die Verläufe 601 und 602 können als Detailansichten der Verläufe 211 und 311 gemäß den Figuren 2 und 3 angesehen werden, auch die Zeitpunkte 2 und 3 sind entsprechend bezeichnet.

Man erkennt, dass zu dem Zeitpunkt 3 im Fall der (weitgehend) entregten elektrischen Maschine (Verlauf 601) die Bordnetzspannung deutlich unter den Wert zu dem Zeitpunkt 2 abgesunken ist. Im Fall der noch nicht oder nur kaum entregten elektrischen Maschine (Verlauf 602) ist hingegen der Wert zu dem Zeitpunkt 3 noch im Wesentlichen derselbe wie zu dem Zeitpunkt 2. Somit lässt sich auch auf Grundlage einer Auswertung der Bordnetzspannung, wie erwähnt, eine Unterscheidung zwischen den beiden Fällen vornehmen.

In Figur 7 ist ein Verfahren gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in Form eines schematischen Ablaufplans veranschaulicht. Das Verfahren beginnt in einem mit 701 veranschaulichten Zustand, in dem ein aktiver Umrichter eine reguläre Gleichrichtung vornimmt. Wird in einem Überprüfungsschritt 702 erkannt, dass eine Bordnetzspannung einen vorgegebenen Wert zur Aktivierung einer Klammerfunktion liegt erreicht hat (+), beispielsweise 24 Volt (im Rahmen der vorliegenden Anmeldung als "erster" Schwellwert bezeichnet), wird zunächst in einem Schritt 703 eine Totzeit von beispielsweise 50 Mikrosekunden abgewartet. Der Beginn dieser Totzeit entspricht dem im Rahmen der vorliegenden Anmeldung so bezeichneten "ersten" Zeitpunkt, das Ende dieser Totzeit ent-

sprechend dem "zweiten" Zeitpunkt. Zwischen dem "ersten" und dem "zweiten" Zeitpunkt (Zeitpunkte 2 und 3 der zuvor erläuterten Figuren) kann beispielsweise eine Klammerfunktion aktiviert werden. Nach dem Ende der Totzeit, also zum zweiten Zeitpunkt, werden nun, (teilweise) alternativ und/oder (teilweise) kumulativ, Überprüfungsschritte 704 bis 710 durchgeführt. Wird in dem Überprüfungsschritt hingegen 702 erkannt, dass eine Bordnetzspannung nicht oberhalb eines vorgegebenen Werts zur Einleitung eines Phasenkurzschlusses, also zur Aktivierung einer Lastabwurfsreaktion liegt (–), beispielsweise oberhalb von 24 Volt, wird das Verfahren mit Zustand 701 fortgesetzt.

Im Gegensatz zur Darstellung der Figur 7 können mehr oder weniger der Überprüfungsschritte 704 bis 710 vorgesehen sein. Im Rahmen einer Ausführungsform der Erfindung umfassen Überprüfungsschritte 704 bis 710 die Feststellung, ob zu dem zweiten Zeitpunkt, also zum Ende der Totzeit gemäß Schritt 703, die mehrfach erläuterte Spannungsklammerung noch aktiviert ist und/oder das Spannungspotential noch nicht unter den ersten Schwellwert abgesunken ist und/oder ein Wert, der einen durch wenigstens einen der Phasenanschlüsse fließenden Strom kennzeichnet, oberhalb eines dritten Schwellwerts liegt. Ferner können die Überprüfungsschritte 704 bis 710 die Feststellung umfassen, ob ein versorgungsseitig einer Erregerwicklung der elektrischen Maschine (Erregerwicklung 401 gemäß Figur 4, Anschluss 408) anliegendes Spannungspotential zwischen dem Spannungspotential der Bordnetzspannung und einem Massepotential liegt, wenn die Erregerwicklung von dem Spannungspotential der Bordnetzspannung getrennt ist und/oder ein durch die Erregerwicklung fließender Strom unterhalb eines entsprechenden Stromschwellwerts liegt und/oder nach einem erstmaligen Aktivieren einer Lastabwurfsreaktion, nach der weitere Lastabwurfsreaktionen aktiviert wurden, mehr als ein vorgegebener Zeitraum verstrichen ist und/oder mehr als eine vorgegebene Anzahl an Lastabwurfsreaktionen aktiviert wurden. Sind eine oder mehrere dieser Bedingungen erfüllt, wird in einem Schritt 711 eine Lastabwurfsreaktion in Form eines Phasenkurzschlusses eingeleitet.

So lange in einem Überprüfungsschritt 712 festgestellt wird, dass die Bordnetzspannung noch nicht auf einen vorgegebenen Wert zur Deaktivierung der Lastabwurfsreaktion, der hier als "zweiter" Schwellwert bezeichnet wird, abge-

sunken ist (+), wird in einem Schritt 713 eine weitere Totzeit von beispielsweise 50 Mikrosekunden abgewartet, ehe das Verfahren in den Zustand 701 zurückkehrt. Anderenfalls (-) kehrt das Verfahren direkt in den Zustand 701 zurück. Ebenso kehrt das Verfahren direkt in den Zustand 701 zurück, jedoch ohne dass

5 zuvor eine Lastabwurfsreaktion gemäß Schritt 711 eingeleitet wird, wenn in einem oder in mehreren der Überprüfungsschritte 704 bis 710 eine negative Feststellung (-) getroffen wird.

10 In Figur 8 ist zur weiteren Erläuterung eine elektrische Maschine, wie in Figur 1 mit 101 bezeichnet, mit einem an diese angeschlossenen aktiven Umrichter 102 schematisch veranschaulicht.

Die elektrische Maschine 101 umfasst einen fünfphasig und in Drudenfußschaltung ausgebildeten Stator 11 und einen Rotor mit einer Erregerwicklung 401. Die

15 einzelnen Wicklungen des Stators 11 und des Rotors 12 sind nicht gesondert bezeichnet. Ein Generatorregler, wie in Figur 4 mit 400 bezeichnet, wertet eine Bordnetzspannung zwischen einem ersten Gleichspannungsanschluss B+ und einem zweiten Gleichspannungsanschluss B- (der zweite Gleichspannungsanschluss B- kann auf Masse liegen) aus und regelt, wie zu Figur 4 erläutert, die

20 Ausgangsleistung der elektrischen Maschine 101. Der erste Gleichspannungsanschluss B+ entspricht daher dem Anschluss 402 gemäß Figur 4, der zweite Gleichspannungsanschluss dem Anschluss 406.

Die elektrische Maschine 101 ist über fünf Phasenanschlüsse U bis Y jeweils

25 über ein- und ausschaltbare, steuerbare Stromventile, hier mit UL bis YL und UH bis YH bezeichnet, an den ersten Gleichspannungsanschluss B+ und den zweiten Gleichspannungsanschluss B- angebunden. Die Stromventile UH bis YH bilden einen oberen Gleichrichterzweig ("Highside"), die Stromventile UL bis YL einen unteren Gleichrichterzweig ("Lowside"). Jedes der Stromventile UH bis YH

30 kann daher eine Zusatzbeschaltung 500 aufweisen, wie sie in Figur 5 veranschaulicht ist, und daher das in Figur 5 veranschaulichte Stromventil 501 bilden. In diesem Fall bildet jeder der Phasenanschlüsse U bis Y einen Anschluss 520 gemäß Figur 5 und der erste Gleichspannungsanschluss B+ den in Figur 5 veranschaulichten Anschluss 510.

Die ein- und ausschaltbaren, steuerbaren Stromventile UH bis YH sind in der Figur 6 vereinfacht als Schalter mit parallel geschalteten Zenerdioden veranschaulicht. Die Zenerdioden symbolisieren dabei sowohl die typische Durchbruchseigenschaft ab einer bestimmten Drain-Source-Spannung aufgrund einer Schaltung wie beispielsweise in Figur 5 gezeigt oder aber der Avalanche-Spannung, als auch die typischerweise vorhandene Inversdiode. Im unteren Zweig UL bis YL ist jeweils eine einfache Diode dargestellt, da hier im dargestellten Beispiel der Klammerbetrieb nicht vorgehalten ist. Wie erwähnt, kann stattdessen eine Klammerfunktion auch in dem anderen Zweig des Umrichters vorgesehen sein, die Einleitung von Phasenkurzschlüssen erfolgt jeweils mittels der nicht mit der Klammerfunktion versehenen Stromventile.

Die Stromventile UH bis YH und UL bis YL sind durch jeweilige dezentrale Steuereinrichtungen 21 bis 25, wie hier mit gestrichelten Ansteuerpfeilen veranschaulicht, ansteuerbar. Die in Figur 5 veranschaulichte Zusatzbeschaltung 500 kann in die Steuereinrichtungen 21 bis 25 integriert sein. Auch eine zentrale Ansteuerung aller Stromventile UH bis YH und UL bis YL kann vorgesehen sein.

20

5 Ansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines an eine elektrische Maschine (101) angeschlossenen aktiven Umrichters (102), in dem eine Anzahl von Phasenanschlüssen (U–Y) jeweils über ein ansteuerbares Stromventil (UH–YH) in einem ersten Umrichterzweig mit einem ersten Gleichspannungsanschluss (B+) und über ein ansteuerbares Stromventil (UL–YL) in einem zweiten Umrichterzweig mit einem zweiten Gleichspannungsanschluss (B–) verbunden sind, wobei jedes der Stromventile (UH–YH) eines der beiden Umrichterzweige mit einer Klammerschaltung (500) versehen ist, die dazu eingerichtet ist, eine Spannungsklammerung ab einem ersten Zeitpunkt (2) zu aktivieren, ab dem ein an dem ersten Gleichspannungsanschluss (B+) anliegendes Spannungspotential bis auf einen vorgegebenen ersten Schwellwert ansteigt, und die Spannungsklammerung so lange aktiviert zu halten, so lange das Spannungspotential nicht unter den ersten Schwellwert absinkt, wobei die Spannungsklammerung umfasst, das mit der Klammerschaltung (500) versehene Stromventil (UH–YH) anzusteuern und damit eine leitende Verbindung zwischen dem mit diesem Stromventil (UH–YH) verbundenen Phasenanschluss (U–Y) und dem jeweiligen Gleichspannungsanschluss (B+) herzustellen, und wobei der Umrichter (102) ferner dafür eingerichtet ist, nur beim Vorliegen von Aktivierungsbedingungen ab einem zweiten Zeitpunkt (3) eine Lastabwurfsreaktion zu aktivieren, wenn zu dem zweiten Zeitpunkt (3) das Spannungspotential oberhalb eines zweiten Schwellwerts liegt, wobei der zweite Zeitpunkt (3) nach dem ersten Zeitpunkt (2) und der zweite Schwellwert unterhalb des ersten Schwellwerts liegt und die Lastabwurfsreaktion umfasst, alle Stromventile (UL–YL) des anderen der beiden Umrichterzweige anzusteuern und damit eine leitende Verbindung zwischen allen Phasenanschlüssen (U–Y) herzustellen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aktivierungsbedingungen umfassen, dass festgestellt wird, dass zu dem zweiten Zeitpunkt (3) die Spannungsklammerung noch

aktiviert ist und/oder das Spannungspotential noch nicht unter den ersten Schwellwert abgesunken ist und/oder ein Wert, der einen durch wenigstens einen der Phasenanschlüsse (U–Y) fließenden Strom kennzeichnet, oberhalb eines dritten Schwellwerts liegt.

5

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem Klammerschaltungen (500) verwendet werden, in denen der erste Gleichspannungsanschluss (B+) über eine Schwellwertschaltung mit einem Ansteueranschluss (G) des mit der Klammerschaltung (500) versehenen Stromventils (UH–YH) verbunden ist, wobei die Schwellwertschaltung die Spannungsklammerung aktiviert, indem sie den Ansteueranschluss (G) ansteuert, wenn das Spannungspotential auf den ersten Schwellwert ansteigt, und die Spannungsklammerung aktiviert hält, indem sie den Ansteueranschluss (G) so lange weiter ansteuert, so lange das Spannungspotential nicht unter den ersten Schwellwert absinkt.

10

15

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem festgestellt wird, dass zu dem zweiten Zeitpunkt (3) die Spannungsklammerung noch aktiviert ist, indem ermittelt wird, ob ein Strom über die Schwellwertschaltung fließt.

20

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem festgestellt wird, dass das Spannungspotential zu dem zweiten Zeitpunkt (3) noch nicht unter den ersten Schwellwert abgesunken ist, indem das Spannungspotential zumindest zu dem zweiten Zeitpunkt gemessen wird.

25

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem das Spannungspotential zwischen dem ersten Zeitpunkt (2) und dem zweiten Zeitpunkt (3) mehrfach gemessen wird.

30

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem der Wert, der den zu dem zweiten Zeitpunkt (3) durch den wenigstens einen Phasenanschluss (U–Y) fließenden Strom kennzeichnet, auf Grundlage einer Strommessung in dem wenigstens einen Phasenanschluss (U–Y) ermittelt wird.

- 25 -

- 5 7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem der Wert, der den zu dem zweiten Zeitpunkt (3) durch den wenigstens einen Phasenanschluss (U–Y) fließenden Strom kennzeichnet, auf Grundlage eines Maximalwert des durch den wenigstens einen Phasenanschluss (U–Y) fließenden Stroms oder auf Grundlage einer Summe positiver Stromanteile in wenigstens zwei Phasenanschlüssen (U–Y) ermittelt wird.
- 10 8. Recheneinheit, die dazu eingerichtet ist, ein Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche durchzuführen.
9. Computerprogramm, das eine Recheneinheit dazu veranlasst, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 durchzuführen, wenn es auf der Recheneinheit ausgeführt wird.
- 15 10. Maschinenlesbares Speichermedium mit einem darauf gespeicherten Computerprogramm nach Anspruch 9.

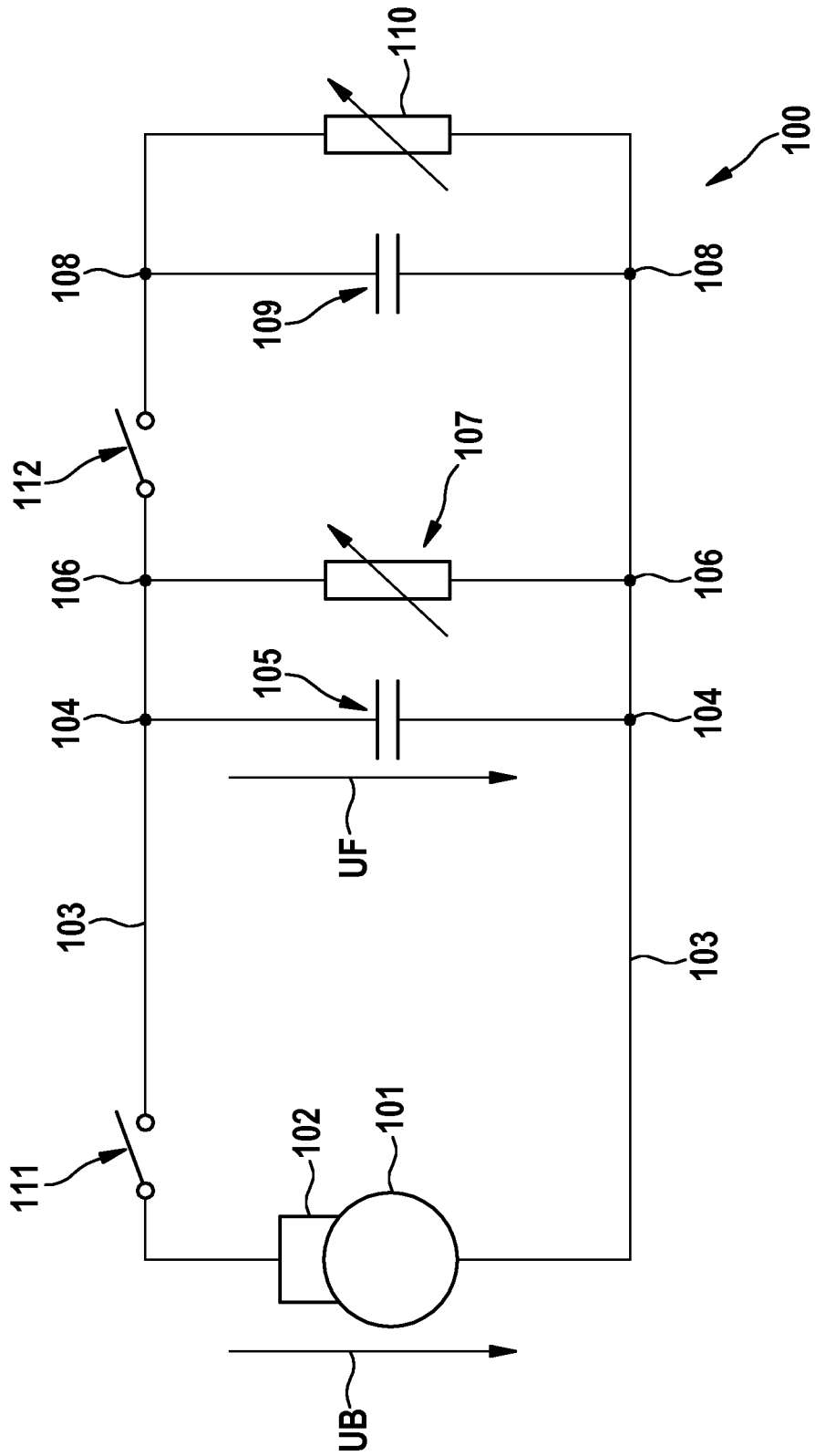


Fig. 1

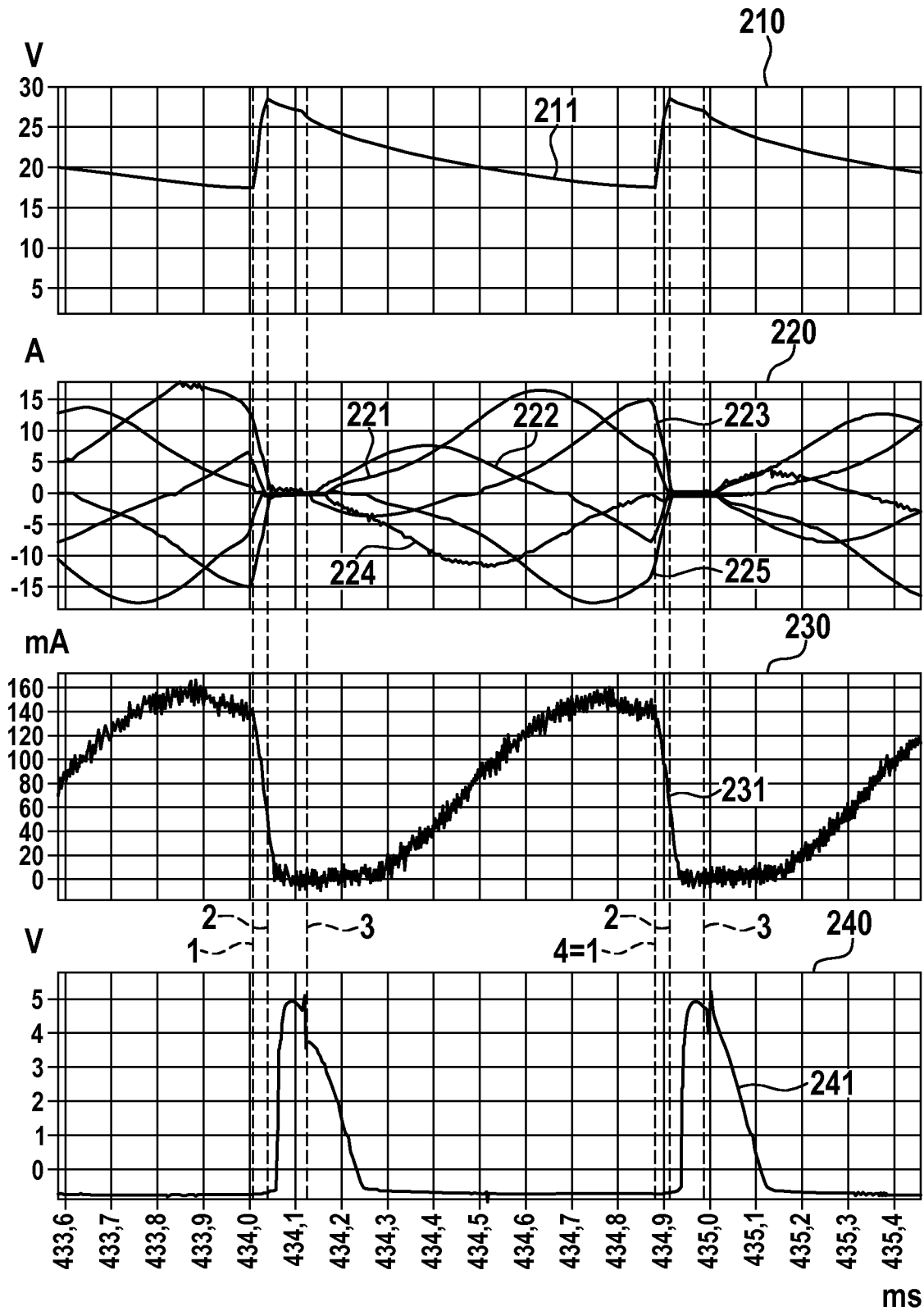


Fig. 2

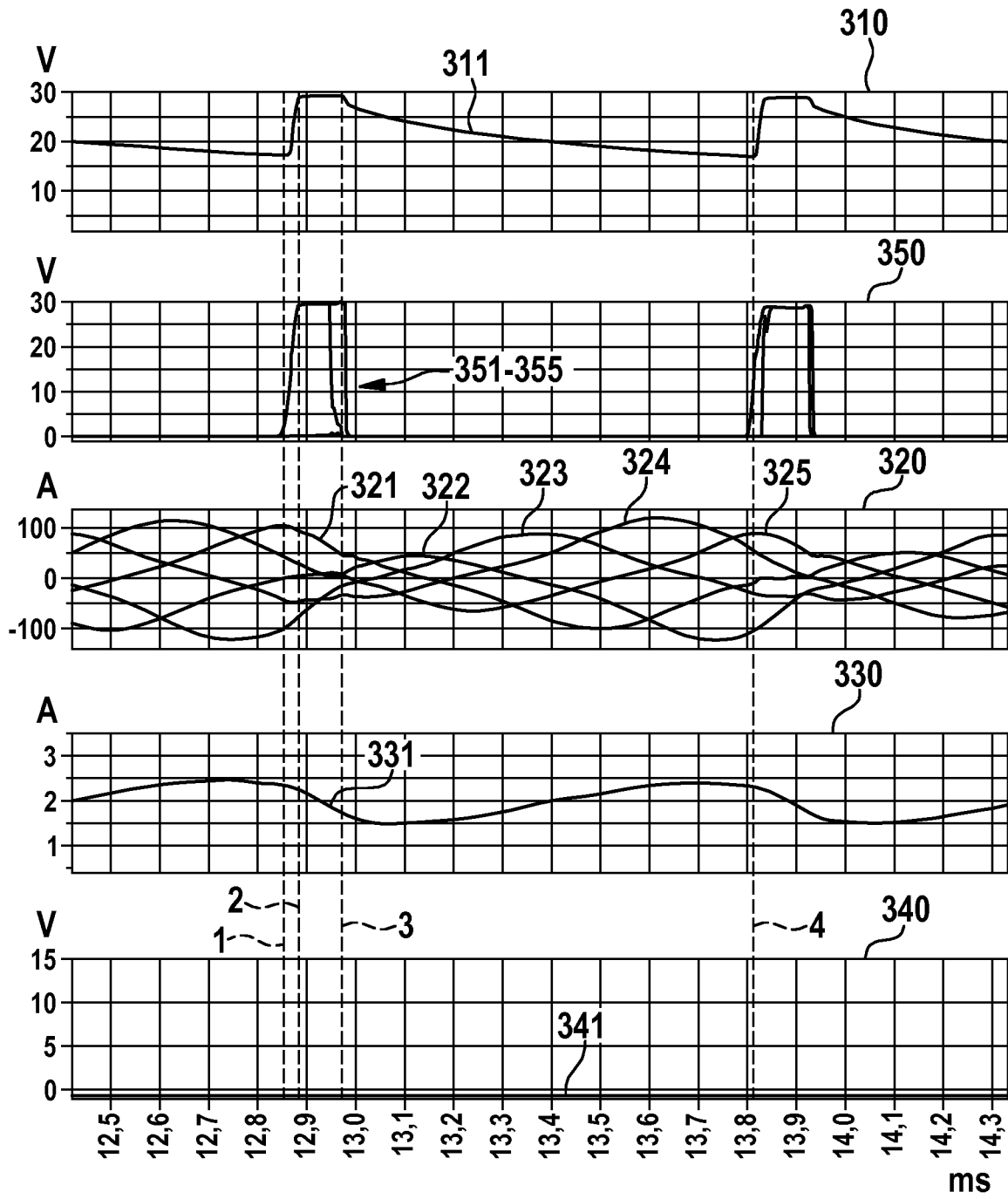


Fig. 3

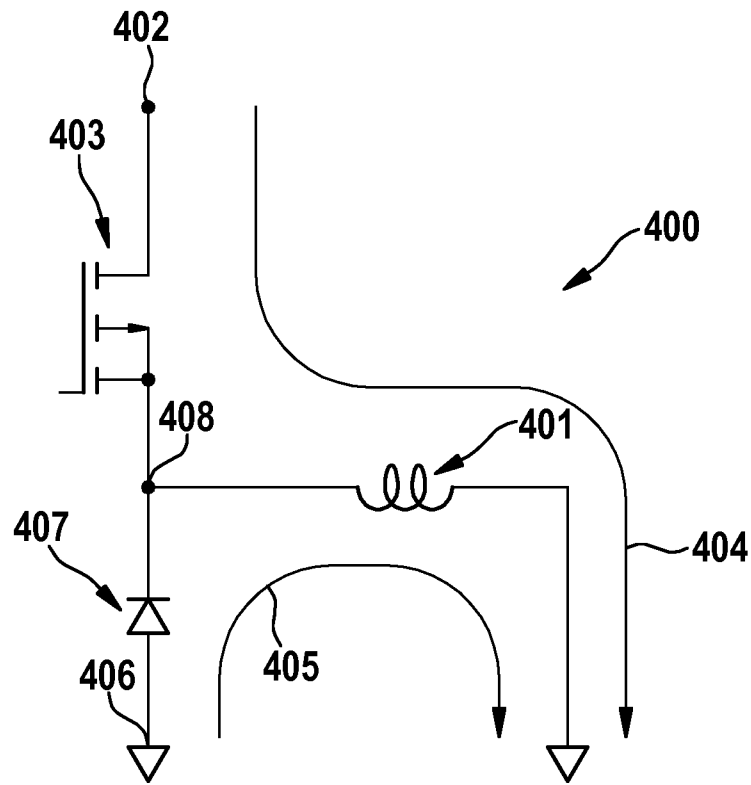


Fig. 4

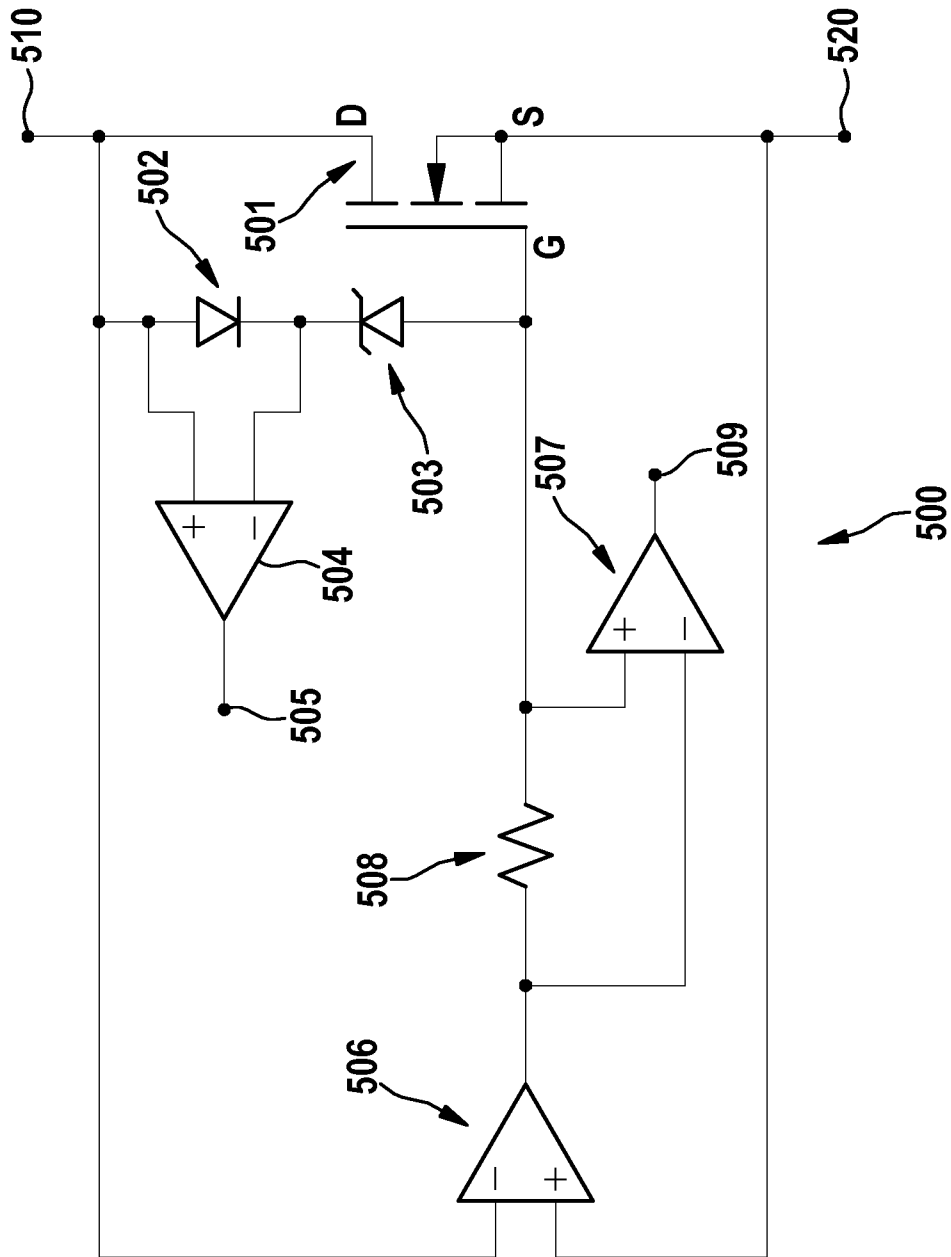


Fig. 5

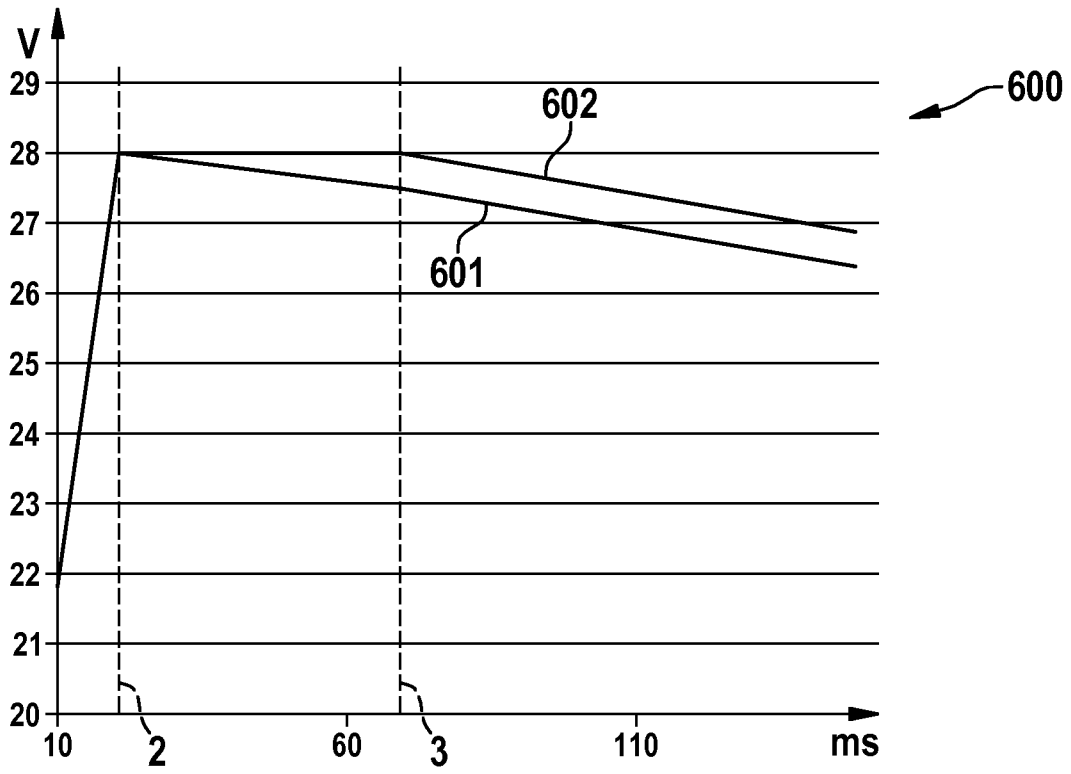


Fig. 6

7 / 8

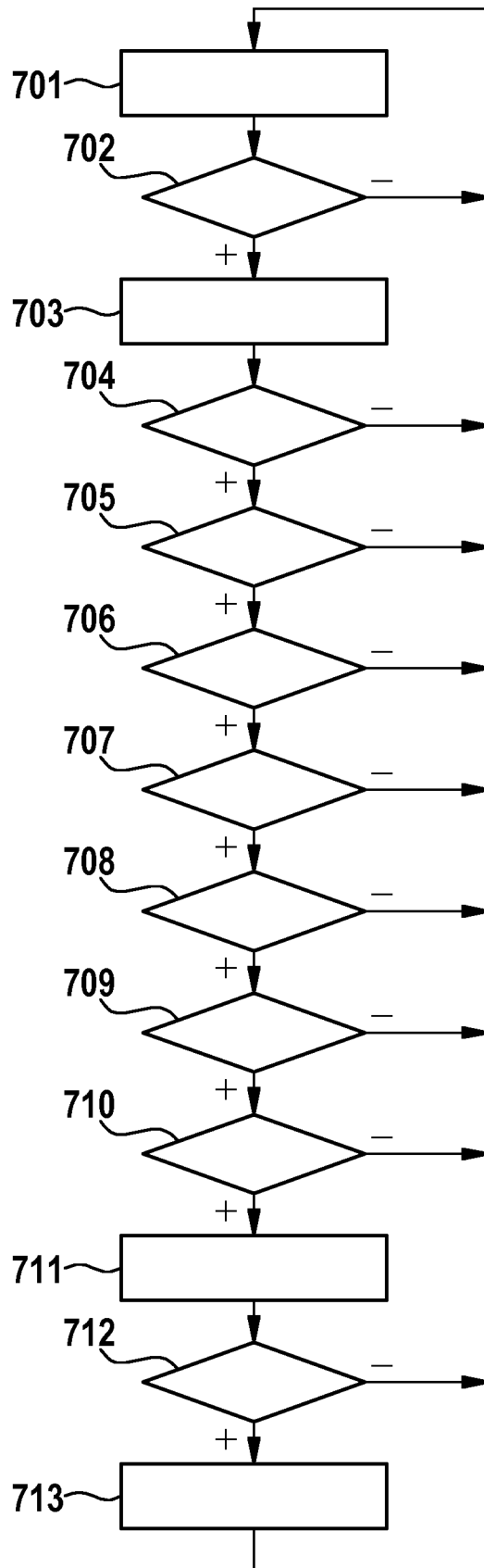


Fig. 7

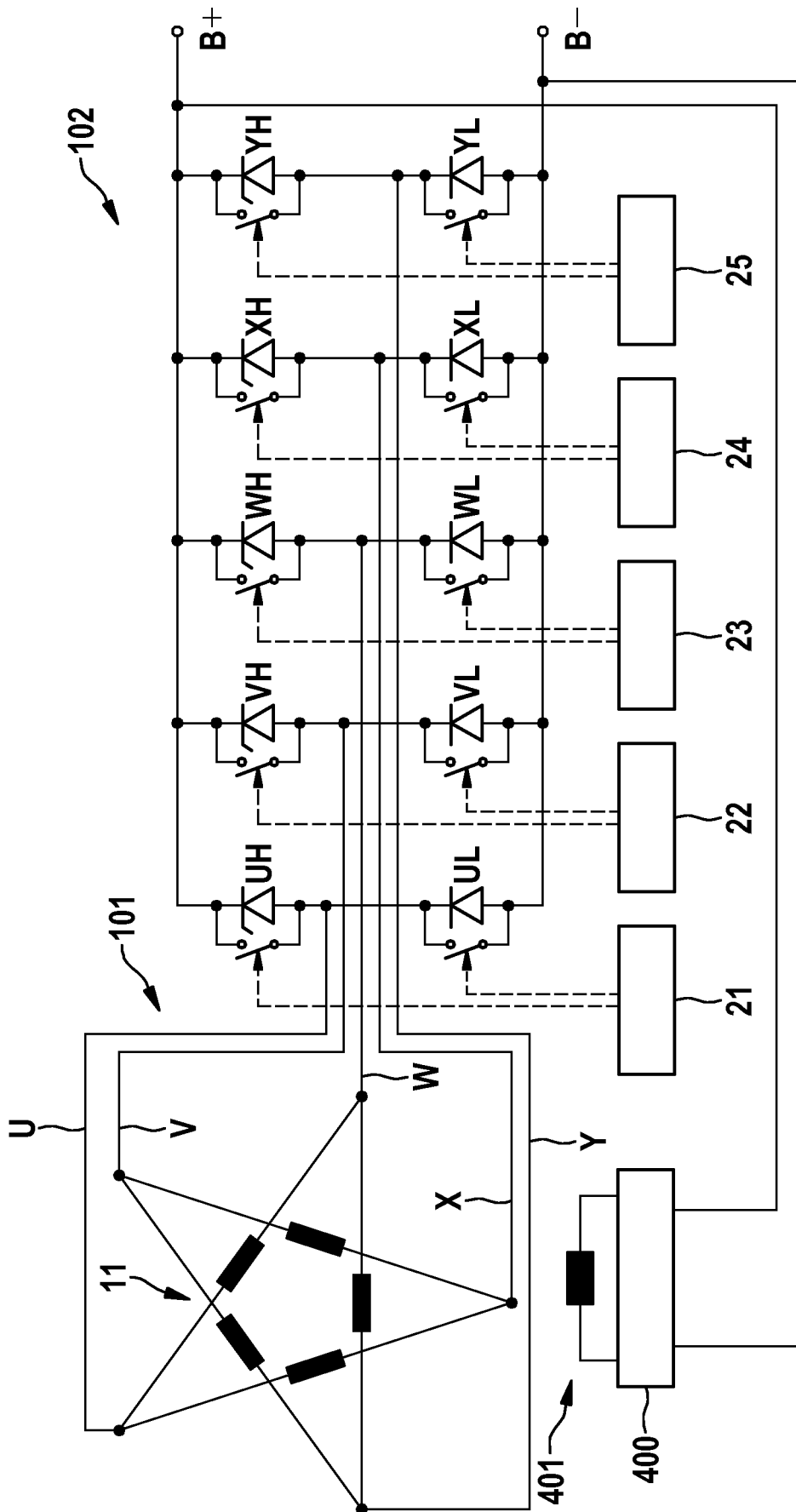


Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/050647

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. H02J7/14 H02H7/12 H02P9/10 H02P9/48 H02P29/024
 ADD.
 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 H02P H02J H02H
 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

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2013 213802 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 15 January 2015 (2015-01-15)	8-10
A	the whole document	1-7
Y	DE 10 2011 006316 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 4 October 2012 (2012-10-04)	1,2
A	the whole document	3-10
X	US 2014/343739 A1 (MASSON PHILIPPE [FR] ET AL) 20 November 2014 (2014-11-20)	8-10
Y	the whole document	1,2
X,P	WO 2015/078685 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 4 June 2015 (2015-06-04) abstract; figures 1-4	1,8-10
E	DE 10 2015 208302 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 28 January 2016 (2016-01-28) abstract; figures 1-3,7	1,8-10

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
 22 April 2016

Date of mailing of the international search report
 03/05/2016

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
 Zeng, Wenyan

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2016/050647

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102013213802 A1	15-01-2015	CN 105359396 A	24-02-2016
		DE 102013213802 A1	15-01-2015
		WO 2015007467 A1	22-01-2015

DE 102011006316 A1	04-10-2012	DE 102011006316 A1	04-10-2012
		EP 2692046 A2	05-02-2014
		JP 2014509827 A	21-04-2014
		US 2014104908 A1	17-04-2014
		WO 2012130479 A2	04-10-2012

US 2014343739 A1	20-11-2014	CN 103650328 A	19-03-2014
		EP 2707945 A1	19-03-2014
		FR 2975241 A1	16-11-2012
		JP 2014513518 A	29-05-2014
		KR 20140037078 A	26-03-2014
		RU 2013154557 A	20-06-2015
		US 2014343739 A1	20-11-2014
		WO 2012172216 A1	20-12-2012

WO 2015078685 A1	04-06-2015	DE 102013224106 A1	28-05-2015
		WO 2015078685 A1	04-06-2015

DE 102015208302 A1	28-01-2016	DE 102015208302 A1	28-01-2016
		WO 2016012360 A2	28-01-2016

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/050647

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H02J7/14 H02H7/12 H02P9/10 H02P9/48 H02P29/024
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 H02P H02J H02H

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

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 213802 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 15. Januar 2015 (2015-01-15)	8-10
A	das ganze Dokument	1-7
Y	DE 10 2011 006316 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 4. Oktober 2012 (2012-10-04)	1,2
A	das ganze Dokument	3-10
X	US 2014/343739 A1 (MASSON PHILIPPE [FR] ET AL) 20. November 2014 (2014-11-20)	8-10
Y	das ganze Dokument	1,2
X,P	WO 2015/078685 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 4. Juni 2015 (2015-06-04) Zusammenfassung; Abbildungen 1-4	1,8-10
E	DE 10 2015 208302 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 28. Januar 2016 (2016-01-28) Zusammenfassung; Abbildungen 1-3,7	1,8-10

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	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
22. April 2016	03/05/2016

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 Zeng, Wenyan
--	---

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/050647

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102013213802 A1	15-01-2015	CN 105359396 A	24-02-2016
		DE 102013213802 A1	15-01-2015
		WO 2015007467 A1	22-01-2015

DE 102011006316 A1	04-10-2012	DE 102011006316 A1	04-10-2012
		EP 2692046 A2	05-02-2014
		JP 2014509827 A	21-04-2014
		US 2014104908 A1	17-04-2014
		WO 2012130479 A2	04-10-2012

US 2014343739 A1	20-11-2014	CN 103650328 A	19-03-2014
		EP 2707945 A1	19-03-2014
		FR 2975241 A1	16-11-2012
		JP 2014513518 A	29-05-2014
		KR 20140037078 A	26-03-2014
		RU 2013154557 A	20-06-2015
		US 2014343739 A1	20-11-2014
		WO 2012172216 A1	20-12-2012

WO 2015078685 A1	04-06-2015	DE 102013224106 A1	28-05-2015
		WO 2015078685 A1	04-06-2015

DE 102015208302 A1	28-01-2016	DE 102015208302 A1	28-01-2016
		WO 2016012360 A2	28-01-2016
