

(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
16. Mai 2013 (16.05.2013)



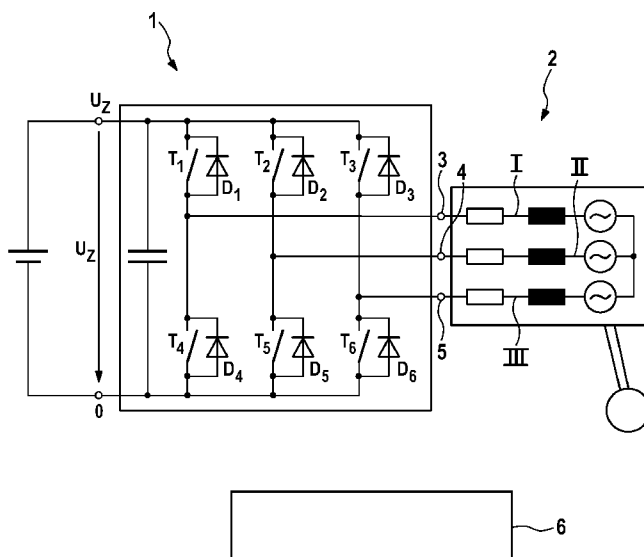
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/068156 A2

- (51) **Internationale Patentklassifikation:** Nicht klassifiziert
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2012/067960
- (22) **Internationales Anmeldedatum:** 13. September 2012 (13.09.2012)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:** 10 2011 086 177.7
11. November 2011 (11.11.2011) DE
- (71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US):** ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder (nur für US):** DAMSON, Mark [DE/DE]; Heimerdinger Weg 12 A, 70499 Stuttgart (DE). RAICHLE, Daniel [DE/DE]; Furtbergstrasse 72, 71665 Vaihingen (DE).
- (74) **Gemeinsamer Vertreter:** ROBERT BOSCH GMBH; Postfach 30 02 20, 70442 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD FOR CALIBRATING A MULTIPHASE INVERTER, OPERATING APPARATUS, COMPUTER PROGRAM, AND COMPUTER PROGRAM PRODUCT

(54) **Bezeichnung :** VERFAHREN ZUM KALIBRIEREN EINES MEHRPHASIGEN WECHSELRICHTERS, VORRICHTUNG ZUM BETREIBEN, COMPUTERPROGRAMM, COMPUTER-PROGRAMMPRODUKT



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for calibrating a multiphase, in particular three-phase, inverter (1) having a respective switching element (T_1, T_2, T_3) on the high-voltage side and a respective switching element (T_4, T_5, T_6) on the low-voltage side for each of the phases thereof as well as a respective current sensor for at least some of the phases (I, II, III). The following steps are proposed: (f) switching off all switching elements (T_1-T_6), (g) switching on a switching element (T_1) on the high-voltage side for a first phase (I) and a switching element (T_5) on the low-voltage side for a second phase (II), (h) measuring the currents flowing through the first phase (I) and the second phase (II), (i) forming an average value from the measured currents, and (j) calibrating the inverter (1) on the basis of the formed average value. The invention also relates to an apparatus, a computer program and a computer program product.

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

FIG.

WO 2013/068156 A2

**Veröffentlicht:**

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Kalibrieren eines mehrphasigen, insbesondere dreiphasigen Wechselrichters (1), der für jede seiner Phasen jeweils ein hochspannungsseitiges Schaltelement (T_1, T_2, T_3) und jeweils ein niederspannungsseitiges Schaltelement (T_4, T_5, T_6) sowie für zumindest einige der Phasen (I, II, III) jeweils einen Stromsensor aufweist. Es werden folgende Schritte vorgeschlagen: (f) Ausschalten aller Schaltelemente (T_1-T_6) (g) Einschalten eines hochspannungsseitigen Schaltelements (T_1) einer ersten Phase (I) und eines niederspannungsseitigen Schaltelements (T_5) einer zweiten Phase (II), (h) Messen der durch die erste (I) und die zweite Phase (II) fließenden Ströme, (i) Bilden eines Mittelwertes aus den gemessenen Strömen und (j) Kalibrieren des Wechselrichters (1) in Abhängigkeit des gebildeten Mittelwertes. Ferner betrifft die Erfindung eine Vorrichtung, ein Computerprogramm sowie ein Computer-Programmprodukt.

5 Beschreibung

Titel

Verfahren zum Kalibrieren eines mehrphasigen Wechselrichters, Vorrichtung zum Betreiben, Computerprogramm, Computer- Programmprodukt

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Kalibrieren eines mehrphasigen, insbesondere drei-phasigen Wechselrichters, insbesondere eines Pulswechselrichters, der für jede seiner Phasen jeweils ein hochspannungsseitiges Schaltelement und jeweils ein niederspannungsseitiges Schaltelement sowie für zumindest zwei der Phasen jeweils einen Stromsensor aufweist.

15

Ferner betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum Betreiben eines derartigen Wechselrichters, sowie ein Computerprogramm und ein Computer- Programmprodukt.

20

Stand der Technik

Zum Ansteuern elektrischer Maschinen, insbesondere zum Ansteuern von Drehfeldmaschinen, werden Wechselrichter vorgesehen, die drei insbesondere in einer Sternschaltung oder Dreieckschaltung geschaltete Phasen der elektrischen Maschine mit Strom versorgen. Üblicherweise weisen derartige Wechselrichter für jede der Phasen ein hochspannungsseitiges und ein niederspannungsseitiges Schaltelement auf, die unabhängig voneinander schaltbar sind und eine Brückenschaltung zum Ansteuern der elektrischen Maschine bilden.

25

30

Typischerweise ist zumindest zwei der Phasen ein Stromsensor zugeordnet, der dem Wechselrichter nachgeschaltet ist, um den durch den Wechselrichter bereitgestellten Strom zu erfassen. Fehler in den gemessenen Strömen führen zum einen zu Fehlern in den berechneten Drehmomenten der elektrischen Maschine und zum anderen auch zu Momentenschwingungen, die sich negativ auf ein Antriebsverhalten der elektrischen Maschine auswirken. Um die

35

Genauigkeit der Stromerfassung zu verbessern, wird häufig eine Kalibrierung des Wechselrichters beziehungsweise dessen Stromsensorik durchgeführt, wobei Offsetfehler der Stromsensorik üblicherweise im stromlosen Zustand erfasst werden, also wenn sämtliche Schaltelemente des Wechselrichters geöffnet sind und sich die elektrische Maschine nicht dreht. Dabei wird der Strom gemessen und dann mit dem gemessenen Wert ein Offset der Stromsensorik kompensiert.

Offenbarung der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 hat den Vorteil, dass Verstärkungsfehler der Strommessung auf einen Mittelwert reduziert und insbesondere die Unterschiede in den Verstärkungsfehlern, die sich für die Stromregelung negativ auswirken können, kompensiert werden. Dazu ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass (a) zunächst alle Schaltelemente des Wechselrichters ausgeschaltet beziehungsweise deaktiviert werden, (b) anschließend ein hochspannungsseitiges Schaltelement einer ersten Phase und ein Niederspannungsseitiges Schaltelement einer zweiten Phase eingeschaltet werden, (c) die durch die ersten und zweiten Phase fließenden Ströme mittels entsprechender Stromsensoren jeweils gemessen werden, (d) aus den gemessenen Strömen ein Mittelwert gebildet und (e) in Abhängigkeit des so bestimmten Mittelwertes der Wechselrichter und insbesondere dessen Stromsensorik kalibriert werden. Durch das Ausschalten aller Schaltelemente werden zunächst alle Phasen deaktiviert, so dass in keiner Phase ein Strom fließen sollte. Anschließend wird bei zwei Phasen jeweils ein Schaltelement, nämlich bei einer Phase ein hochspannungsseitiges und bei einer anderen Phase ein niederspannungsseitiges Schaltelement aktiviert, so dass die mindestens eine weitere, dritte Phase stromfrei bleibt. Die in den Phasen gemessenen Ströme, in welchen das jeweilige Schaltelement aktiviert wurde, werden zum Bilden eines Mittelwertes verwendet und in Abhängigkeit dieses Mittelwertes der Wechselrichter kalibriert. Insbesondere werden dadurch, wie bereits erwähnt, Verstärkungsfehler reduziert. Darüber hinaus wird dafür gesorgt, dass der verbleibende Verstärkungsfehler bei allen Stromsensoren gleich ist, wozu das Verfahren vorzugsweise für die übrigen Stromsensoren und Phasen wiederholt wird.

Vorzugsweise wird zur Kalibrierung davon ausgegangen, dass der Betrag eines realen Stroms des Wechselrichters, insbesondere der reale Strom der gemessenen Phasen, dem gebildeten Mittelwert der Beträge der gemessenen Ströme entspricht.

5

Weiterhin wird bevorzugt vor Schritt (b) zunächst geprüft, ob der Strom in allen Phasen gleich Null ist. Ist dies nicht der Fall, wird solange abgewartet, bis der gewünschte Zustand erreicht ist. Dies erfolgt insbesondere bei Wechselrichtern mit nur zwei Phasen.

10

Gemäß einer alternativen Ausführungsform, insbesondere bei Wechselrichtern mit drei oder mehr Phasen, ist bevorzugt vorgesehen, dass vor Schritt (b) zunächst geprüft wird, ob der Strom in zumindest der Phase gleich Null ist, die in Schritt (b) nicht bestromt wird beziehungsweise nicht bestromt werden soll. Damit ist sichergestellt, dass bei der folgenden Bestromung von zwei Phasen beziehungsweise Stängen kein Strom durch die dritte Phase beziehungsweise den dritten Strang fließt.

15

Zu einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Verfahren wiederholt wird bis alle möglichen Mittelwerte des Wechselstromrichters erfasst wurden beziehungsweise alle möglichen Kombinationen von Schaltelementeinschaltungen gemäß Schritt (b) durchgeführt wurden. Damit lassen sich die Unterschiede der Verstärkungsfehler, die sich auf die Regelung besonders negativ auswirken können, insgesamt kompensieren.

25

Besonders bevorzugt werden die jeweiligen Schaltelemente nur derart kurz angesteuert, dass eine durch den Wechselrichter angesteuerte elektrische Maschine kein Drehmoment erzeugt. Hierdurch wird gewährleistet, dass bei der Durchführung der Kalibrierung die elektrische Maschine kein Drehmoment erzeugt, welches sich beispielsweise als Antriebsdrehmoment an Antriebsrädern eines Kraftfahrzeugs auswirken könnte, sofern die elektrische Maschine als eine Antriebseinheit eines Fahrzeugs beziehungsweise Kraftfahrzeugs vorgesehen ist. Alternativ kann während der Kalibrierung auch ein Signal ausgegeben werden, das bewirkt, dass eine zwischen der elektrischen Maschine und einem Antriebsstrang befindliche Kupplung geöffnet wird, so dass eine Drehung der

35

elektrischen Maschine keine Auswirkung auf die Umwelt, insbesondere das Antriebssystem, hat.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens weist ein
5 speziell hergerichtetes Steuergerät auf, das Mittel zur Durchführung des Verfahrens enthält. Vorzugsweise weist das Steuergerät einen elektrischen Speicher auf, in welchem die Verfahrensschritte als Steuergerätprogramm abgelegt sind.

10 Das erfindungsgemäße Computerprogramm sieht vor, dass alle Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgeführt werden, wenn es auf einem Computer abläuft.

Das erfindungsgemäße Computer-Programmprodukt mit einem auf einem
15 maschinelesbaren Träger gespeicherten Programmcode führt das erfindungsgemäße Verfahren aus, wenn das Programm auf einem Computer abläuft.

Im Folgenden soll die Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert
20 werden. Dazu zeigt die einzige

Figur: einen drei-phasigen Wechselrichter zum Ansteuern einer Drehfeldmaschine.

25 Die Figur zeigt in einer schematischen Darstellung einen Wechselrichter 1, der an einer Drehfeldmaschine 2 zu deren Betrieb angeschlossen ist. Die Drehfeldmaschine 2, die beispielsweise als Asynchronmaschine ausgebildet ist, weist drei Stränge beziehungsweise Phasen I, II und III auf. Die Phasen I, II und III sind beispielsweise in einer Sternschaltung miteinander verbunden. Der
30 Wechselrichter 1 weist zur Ansteuerung der Phase I, II und III eine Brückenschaltung auf. Diese weist für die Phase I ein hochspannungsseitiges Schaltelement T_1 sowie ein niederspannungsseitiges Schaltelement T_4 auf. Dem hochspannungsseitigen Schaltelement T_1 ist dabei eine Freilaufdiode D_1 und dem Schaltelement T_4 eine Freilaufdiode D_4 jeweils parallel zugeordnet. Weiterhin
35 weist die Brückenschaltung ein hochspannungsseitiges Schaltelement T_2 und ein niederspannungsseitiges Schaltelement T_5 für die Phase II auf. Dem

Schaltelement T_2 ist dabei eine Freilaufdiode D_2 und dem Schaltelement T_5 eine Freilaufdiode D_5 jeweils parallel zugeordnet. Entsprechend verhält es sich mit der Ansteuerung der Phase III. Dieser sind ein hochspannungsseitiges Schaltelement T_3 sowie eine parallel dazu geschaltete Freilaufdiode D_3 und ein niederspannungsseitiges Schaltelement T_6 sowie eine parallel dazu geschaltete Freilaufdiode D_6 zugeordnet. Der Aufbau des Wechselrichters 1 ist grundsätzlich bekannt, so dass hierauf nicht näher eingegangen werden soll.

Jeder Phase I, II und III ist weiterhin ein Stromsensor 3, 4 beziehungsweise 5 zugeordnet, der den durch den jeweiligen Strang beziehungsweise durch die jeweilige Phase I, II und III fließenden Strom erfasst. Einem Steuergerät 6 werden die erfassten Werte zugespielt, wobei das Steuergerät 6 die Schaltelemente T_1 bis T_6 ansteuert, um die elektrische Maschine beziehungsweise Drehfeldmaschine 2 zu betreiben.

Im Idealfall sieht der Zusammenhang zwischen einem berechneten Strom I und einem gemessenen Stromwert x eines Analog-Digital-Wandlers, der als Stromsensor dient, so aus: $I(x)=bx$, wobei b eine Verstärkung darstellt.

In der Realität wird dieser Zusammenhang noch durch Offsetfehler, Verstärkungsfehler und nicht Linearitäten der Stromsensorik, also insbesondere der Stromsensoren 3, 4 und 5, verfälscht, so dass der berechnete Strom I sich wie folgt bestimmt: $I(x) = a+b_{\text{real}}x+cx^2+dx^3$, wobei x der Digitalwert des Analog-Digital-Wandlers ist, a ein Offset(fehler) ist, b_{real} die reale Verstärkung bedeutet, die nicht der theoretischen Verstärkung b entspricht, und c und d Nichtlinearitäten der Sensorik bedeuten. Wenn die Nichtlinearität nicht berücksichtigt wird, dann gilt: $c = d = 0$. Natürlich ist es aber auch denkbar, noch weitere Nichtlinearitäten zu berücksichtigen.

Durch das im Folgenden beschriebene Verfahren wird eine vorteilhafte Kalibrierung des Wechselrichters 1 durchgeführt, die insbesondere zu einer Korrektur von Verstärkungsfehlern dient. Dazu wird zunächst geprüft, ob der Strom in allen drei Phasen I, II und III gleich Null ist. Hierzu werden zunächst alle Schaltelemente $T_1 - T_6$ geöffnet beziehungsweise deaktiviert. Fließt in einer der Phasen I, II und III weiterhin ein Strom, dann wird solange abgewartet bis auch hier der Strom gleich Null ist.

Anschließend wird in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel jeweils ein
hochspannungsseitiger Schalter T_1 einer Phase und ein niederspannungsseitiges
Schaltelement T_5 einer andere Phase III eingeschaltet, während die vier anderen
5 Schalter T_2 , T_3 , T_4 und T_6 und ausgeschaltet beziehungsweise deaktiviert bleiben.
Dadurch muss über zwei der Stromsensoren 3 und 4 der gleiche Strom (in
unterschiedliche Richtung) fließen. Zur Korrektur wird nun davon ausgegangen,
dass der Betrag des realen Stroms dem Mittelwert der Beträge der beiden
gemessenen Ströme entspricht.

10 Damit kann zum einen der Verstärkungsfehler auf den Mittelwert der
Verstärkungsfehler der einzelnen Sensoren 3, 4 reduziert werden. Außerdem
können die Unterschiede in den Verstärkungsfehlern, die sich für die Regelung
besonders negativ auswirken, kompensiert werden. Es kann also in einfacher
15 Weise die Verstärkung korrigiert werden. Mit weiteren Messungen wäre jedoch
auch die Korrektur der Nichtlinearität möglich, wobei dann vorzugsweise für
jeden weiteren Koeffizienten mindestens eine weitere Messung bei einem
anderen Stromniveau durchgeführt wird. Im Folgenden wird beispielhaft nur die
Korrektur der Verstärkung beschrieben.

20 Bezugnehmend auf das oben stehende Beispiel werden mittels der Sensoren 3
und 4 die Ströme I_1 und I_2 der Phasen I und II gemessen, wobei $I_1 = -100\text{A}$ und $I_2 = 110\text{A}$
ist. Hieraus ergeben sich die Korrekturfaktoren $m_{1\text{posKor}}$ und $m_{2\text{negKor}}$ wie
folgt:

$$m_{1\text{posKor}} = (I_1 - I_2) / (2 \cdot I_1) \approx 1,05 \text{ und}$$

$$m_{2\text{negKor}} = (I_2 - I_1) / (2 \cdot I_2) \approx 0,95$$

30 Anschließend werden die Schaltelemente T_2 und T_4 geschlossen, während die
übrigen vier Schaltelemente T_1 , T_5 , T_3 und T_6 geöffnet werden beziehungsweise
bleiben. Als gemessene Ströme ergeben sich hierbei $I_1 = -96\text{A}$ und $I_2 = 100\text{A}$,
wobei sich daraus Korrekturwerte wie folgt ergeben:

$$35 m_{1\text{negKor}} = (I_1 - I_2) / (2 \cdot I_1) \approx 1,03 \text{ und}$$

$$m_{2\text{posKor}} = (I_1 - I_1) / (2 \cdot I_2) \approx 0,97$$

Es kann nun zum Beispiel entweder ein gemittelter Korrekturfaktor ermittelt werden:

5

$$m_{1\text{Kor}} = (m_{1\text{posKor}} + m_{1\text{negKor}}) / 2$$

$$m_{2\text{Kor}} = (m_{2\text{posKor}} + m_{2\text{negKor}}) / 2$$

10

oder es kann die jeweilige Übertragungskennlinie aus zwei Geraden zusammengesetzt werden.

$$I = a + m_{1\text{posKor}} \cdot b \cdot x \quad \text{für } x \geq 0$$

I

15

$$I = a + m_{1\text{negKor}} \cdot b \cdot x \quad \text{für } x < 0$$

Während das oben beschriebene Verfahren mit nur zwei Stromsensoren 3, 4 durchführbar ist, kann bei Verwendung von drei Stromsensoren 3, 4 und 5 jeder Sensor 3, 4 und 5 immer mit beiden anderen Sensoren 3, 4 und 5 verglichen werden. Dabei ergibt sich beispielsweise folgendes Schema:

20

Geschlossene Schaltelemente	Gemessene Ströme
T ₁ , T ₅	I _{1A} , -I _{2A}
T ₁ , T ₆	I _{2B} , -I _{3B}
T ₂ , T ₄	I _{2C} , -I _{1C}
T ₂ , T ₆	I _{2D} , -I _{3D}
T ₃ , T ₄	I _{3E} , -I _{1E}
T ₃ , T ₅	I _{3F} , -I _{2F}

Der erste Index bei den gemessenen Strömen steht für den jeweiligen Stromsensor beziehungsweise für die jeweilige Phase I, II oder III und der zweite Index für die jeweilige Messung. Damit kann zum Beispiel der Korrekturfaktor $m_{1\text{posKor}}$ wie folgt berechnet werden:

25

$$m_{1\text{posKor}} = \frac{1}{4} \cdot \left(\frac{I_{1A} - I_{2A}}{I_{1A}} + \frac{I_{1B} - I_{3B}}{I_{1B}} \right)$$

5 Die Berechnung für die anderen Korrekturfaktoren ergibt sich entsprechend. Die Möglichkeit entweder die positiven oder negativen Korrekturfaktoren zu einem mittleren Korrekturfaktor zu ermitteln oder die Kennlinien in zwei Teilbereiche unterschiedlicher Steigung zu unterteilen besteht ebenso wie bei zwei Sensoren.

10 Durch die Bestromung wird in der Regel auch ein Drehmoment der Drehfeldmaschine 2 erzeugt. Daher ist vorgesehen, dass entweder eine Kupplung zwischen der Drehfeldmaschine 2 und einem darauf folgenden Antriebsstrang geöffnet wird, so dass eine Drehung der Drehfeldmaschine 2 keine Auswirkungen auf den Antriebsstrang hat, oder die Stromimpulse werden durch entsprechendes Ansteuern der Schaltelemente T_1 bis T_6 durch das Steuergerät 6 derart kurz gewählt, dass dadurch das aufgebrachte Drehmoment keine Auswirkungen, insbesondere keine ungewollte Beschleunigung, auf das
15 Gesamtsystem, insbesondere eines die Drehfeldmaschine 2 aufweisenden Fahrzeugs entstehen.

5 Ansprüche

1. Verfahren zum Kalibrieren eines mehrphasigen, insbesondere dreiphasigen Wechselrichters (1), der für jede seiner Phasen (I, II, III) jeweils ein hochspannungsseitiges Schaltelement (T_1, T_2, T_3) und jeweils ein niederspannungsseitiges Schaltelement (T_4, T_5, T_6) sowie für zumindest einige der Phasen jeweils einen Stromsensor (3, 4, 5) aufweist, **gekennzeichnet durch** folgende Schritte:
 - (a) Ausschalten aller Schaltelemente (T_1 - T_6),
 - 15 (b) Einschalten eines hochspannungsseitigen Schaltelements (T_1) einer ersten Phase (I) und eines niederspannungsseitigen Schaltelements (T_5) einer zweiten Phase (II),
 - (c) Messen der durch die erste (I) und die zweite Phase (II) fließenden Ströme,
 - 20 (d) Bilden eines Mittelwertes aus den gemessenen Strömen und
 - (e) Kalibrieren des Wechselrichters (1) in Abhängigkeit des gebildeten Mittelwertes.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Kalibrierung angenommen wird, dass der Betrag eines realen Stroms des Wechselrichters (1) dem gebildeten Mittelwert der Beträge der gemessenen Ströme entspricht.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch**
30 **gekennzeichnet**, dass vor Schritt (b) zunächst geprüft wird, ob der Strom in allen Phasen gleich Null ist.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch**
35 **gekennzeichnet**, dass vor Schritt (b) zunächst geprüft wird, ob der Strom in zumindest der Phase gleich Null ist, die in Schritt (b) nicht bestromt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren wiederholt wird, bis alle möglichen Mittelwerte des Wechselrichters (1) erfasst wurden.
- 5 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die jeweiligen Schaltelemente (T_1 - T_6) nur derart kurz angesteuert werden, dass eine durch den Wechselrichter (1) angesteuerte elektrische Maschine (2) kein Drehmoment erzeugt.
- 10 7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **gekennzeichnet durch** ein speziell hergerichtetes Steuergerät (6), das Mittel zur Durchführung des Verfahrens enthält.
- 15 8. Computerprogramm, das alle Schritte eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6 ausführt, wenn das Programm auf einem Computer läuft.
- 20 9. Computer-Programmprodukt mit einem auf einem maschinenlesbaren Träger gespeicherten Programmcode zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wenn das Programm auf einem Computer ausgeführt wird.

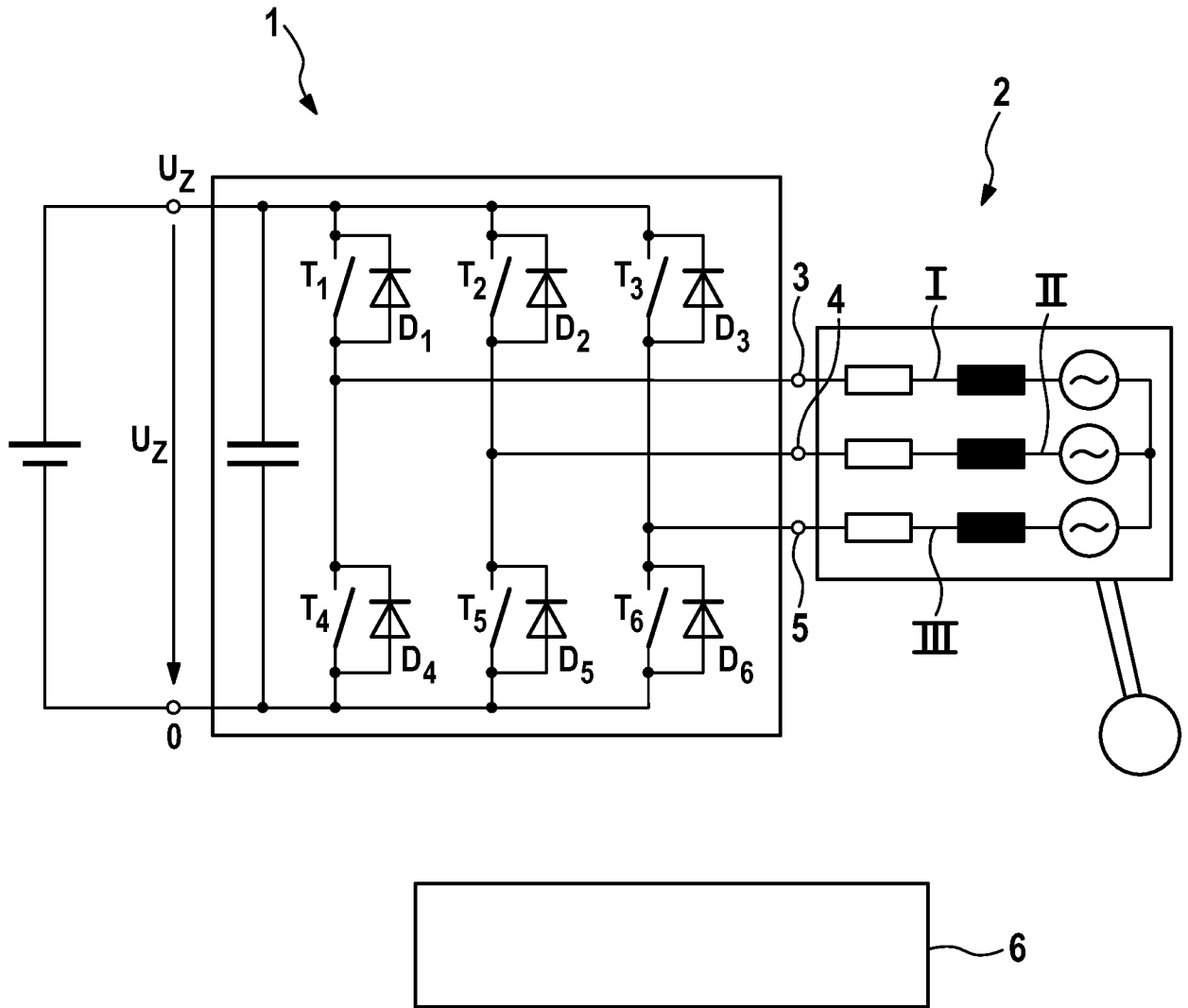


FIG.