

(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
02. Juli 2020 (02.07.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/136076 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01R 31/34 (2020.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/086301

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. Dezember 2019 (19.12.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 251 746.0
27. Dezember 2018 (27.12.2018) DE

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

(72) Erfinder: **CHEN, Yuping**; Auf Hart 6, 71706 Mark-
groeningen (DE). **GOETTING, Gunther**; Schuetzenhaus-
weg 39, 70499 Stuttgart (DE). **CHEN, Lei**; Max-Guten-
kunst-Weg 9, 70437 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, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING A GAIN ERROR OF A CURRENT MEASURING DEVICE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM ERMITTELN EINES VERSTÄRKUNGSFEHLERS EINER
STROMMESSEINRICHTUNG

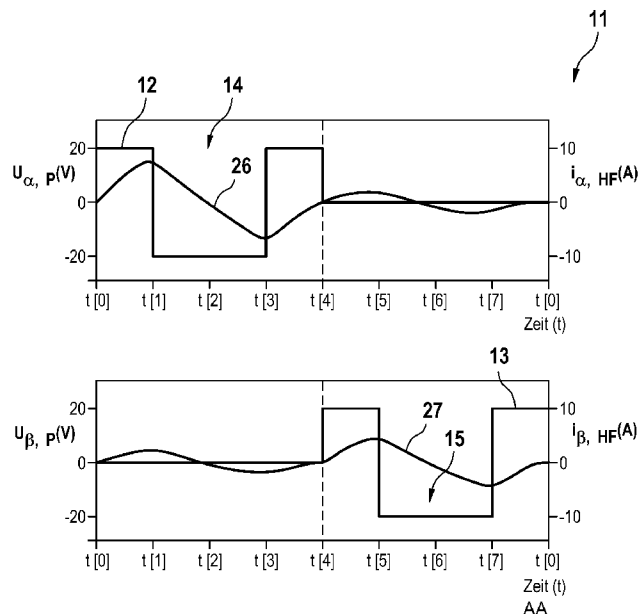


FIG. 3

AA Time (t)

(57) Abstract: The invention relates to a method for determining a gain error of at least one current measuring device (8, 9, 10) of a sensor unit (7) of an electric machine (1), wherein the machine (1) has a stator winding (2) having at least three phases (U, V, W) and a rotor (5) which is mounted so as to be rotatable about an axis of rotation (6). According to the invention, an electric sensor voltage (11) is applied to the phases (U, V, W), the sensor voltage (11) having at least a first voltage pulse (12) of a first voltage vector and a second voltage pulse (13) of a second voltage vector, the first voltage vector and the second voltage vector being oriented in different directions in each case perpendicularly to the axis of rotation (7), at least one first current value of a first of the phases (U), at least one second current value of a second of the phases (V) and at least one third current value of a third of the phases (W) are detected during

(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)

the application of the sensor voltage (11), a sum current vector is determined on the basis of the detected current values of all of the phases (U, V, W), and the sum current vector is compared with at least one determined or stored reference current vector, at least one gain error being determined on the basis of the comparison.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln eines Verstärkungsfehlers zumindest einer Strommess-einrichtung (8, 9, 10) einer Sensoreinheit (7) einer elektrischen Maschine (1), wobei die Maschine (1) eine Statorwicklung (2) mit zu-mindest drei Phasen (U, V, W) und einen Rotor (5) aufweist, der um eine Rotationsachse (6) drehbar gelagert ist. Es ist vorgesehen, dass eine elektrische Sensorspannung (11) an den Phasen (U, V, W) angelegt wird, wobei die Sensorspannung (11) zumindest einen ersten Spannungspuls (12) mit einem ersten Spannungsvektor und einen zweiten Spannungspuls (13) mit einem zweiten Spannungsvektor aufweist, wobei der erste Spannungsvektor und der zweite Spannungsvektor in unterschiedliche Richtungen jeweils senkrecht zu der Rotationachse (7) ausgerichtet sind, dass während des Anlegens der Sensorspannung (11) zumindest ein erster Stromwert einer ersten der Phasen (U), zumindest ein zweiter Stromwert einer zweiten der Phasen (V) und zumindest ein dritter Stromwert einer dritten der Phasen (W) erfasst werden, dass in Abhängigkeit von den erfassten Stromwerten aller der Phasen (U, V, W) ein Summen-Stromvektor ermittelt wird, und dass der Summen-Stromvektor mit zumindest einem ermittelten oder gespeicherten Referenz-Stromvektor vergli-chen wird, wobei in Abhängigkeit von dem Vergleich zumindest ein Verstärkungsfehler ermittelt wird.

5 Beschreibung

Titel

Verfahren zum Ermitteln eines Verstärkungsfehlers einer Strommesseinrichtung

10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln eines Verstärkungsfehlers einer Strommesseinrichtung einer Sensoreinheit einer elektrischen Maschine, wobei die Maschine eine Statorwicklung mit zumindest drei Phasen und einen Rotor aufweist, der um eine Rotationsachse drehbar gelagert ist.

15 Außerdem betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum Durchführen des eingangs genannten Verfahrens.

Stand der Technik

20 Elektrische Maschinen der eingangs genannten Art sind aus dem Stand der Technik bekannt. Elektrische Antriebsmaschinen von Elektrofahrzeugen oder Hybridfahrzeugen weisen in der Regel eine Statorwicklung mit zumindest drei Phasen sowie einen Rotor auf, der um eine Rotationsachse drehbar gelagert und durch eine geeignete Bestromung der Phasen zur Erzeugung eines
25 Drehmoments drehbar beziehungsweise antreibbar ist.

Um eine vorteilhafte Bestromung der Phasen zum Antreiben des Rotors zu gewährleisten, ist es notwendig, während der Bestromung der Phasen einen elektrischen Strom durch die Phasen zu erfassen. Dies wird beispielsweise durch
30 eine Sensoreinheit gewährleistet, die zumindest drei Strommesseinrichtungen aufweist, wobei jede der Strommesseinrichtungen zum Erfassen des Stroms durch die Phasen jeweils einer anderen der Phasen zugeordnet ist. Üblicherweise wird der erfasste Strom verstärkt. Dabei wird ein Wert des Stroms, also ein Eingangswert, gemäß einem insbesondere proportionalen
35 Zusammenhang vergrößert, sodass ein Ausgangswert größer ist als der

Eingangswert. Bei der Verstärkung können sogenannte Verstärkungsfehler (gain error) auftreten. Unter einem Verstärkungsfehler ist zu verstehen, dass eine tatsächliche Funktion zur Erzeugung des Ausgangswertes aus dem Eingangswert von einer idealen beziehungsweise erwarteten Funktion abweicht, sodass der tatsächliche Ausgangswert größer oder kleiner ist als der ideale beziehungsweise erwartete Ausgangswert. Um Verstärkungsfehler zu erfassen beziehungsweise zu beheben schlägt die Veröffentlichung „*The Spatial Effect and Compensation of Current Sensor Differential Gains for Three-Wire Systems*“ (DOI: 10.1109/TIA.2008.926208) vor, eine positive Sequenzkomponente eines Arbeitsstroms zum Antreiben eines Rotors zu erfassen und in Abhängigkeit von der positiven Sequenzkomponente die Verstärkung zu kalibrieren.

Offenbarung der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 hat den Vorteil, dass ein zuverlässiges Ermitteln von Verstärkungsfehlern ermöglicht wird. Insbesondere sind Verstärkungsfehler auch im Stillstand des Rotors erfassbar. Erfindungsgemäß ist dazu vorgesehen, dass in einem Schritt a) eine elektrische Sensorspannung an den Phasen angelegt wird, wobei die Sensorspannung zumindest einen ersten Spannungspuls mit einem ersten Spannungsvektor und einen zweiten Spannungspuls mit einem zweiten Spannungsvektor aufweist, wobei der erste Spannungsvektor und der zweite Spannungsvektor in unterschiedliche Richtungen jeweils senkrecht zu der Rotationsachse ausgerichtet sind, dass in einem Schritt b) während des Anlegens der Sensorspannung zumindest ein erster Stromwert einer ersten der Phasen, zumindest ein zweiter Stromwert einer zweiten der Phasen und zumindest ein dritter Stromwert einer dritten der Phasen erfasst werden, dass in einem Schritt c) ein Summen-Stromvektor in Abhängigkeit von den erfassten Stromwerten aller der Phasen ermittelt wird, und dass in einem Schritt d) der Summen-Stromvektor mit zumindest einem ermittelten oder gespeicherten Referenz-Stromvektor verglichen wird, wobei in Abhängigkeit von dem Vergleich zumindest ein Verstärkungsfehler ermittelt wird. Unter einem Spannungspuls ist dabei eine angelegte Spannung zu verstehen, die zumindest einen Maximalwert und einen Minimalwert aufweist. Um eine gewünschte Ausrichtung des ersten Spannungsvektors und des zweiten Spannungsvektors der Sensorspannung zu

erreichen, wird an mehreren der Phasen zeitgleich eine Spannung angelegt. Die unterschiedliche Ausrichtung des ersten Spannungspulses und des zweiten Spannungspulses bezieht sich auf ein senkrecht zu der Rotationsachse verlaufendes, zweiachsiges Koordinatensystem. Insbesondere handelt es sich um ein stationäres Koordinatensystem, also ein den ebenfalls stationären Phasen zugeordnetes Koordinatensystem. Die an den Phasen angelegte Sensorspannung bewirkt einen Strom durch die Phasen, also einen Sensorstrom, der durch die Strommesseinrichtungen erfasst wird. Zum Ermitteln des Summen-Stromvektors werden Stromwerte aller der Phasen ermittelt.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass in Abhängigkeit von dem ersten Stromwert und dem zweiten Stromwert zumindest ein erster Teilsummen-Stromvektor, in Abhängigkeit von dem ersten Stromwert und dem dritten Stromwert zumindest ein zweiter Teilsummen-Stromvektor und/oder in Abhängigkeit von dem zweiten Stromwert und dem dritten Stromwert zumindest ein dritter Teilsummen-Stromvektor jeweils als Referenz-Stromvektor ermittelt werden. Zum Ermitteln der Teilsummen-Stromvektoren werden also jeweils nur Stromwerte von zwei der Phasen berücksichtigt. Der Stromwert jeweils einer der Phasen wird demnach beim Ermitteln der Teilsummen-Stromvektoren ausgeschlossen. In dem Vergleich wird dann vorzugsweise eine Ausrichtung des Summen-Stromvektors mit einer Ausrichtung zumindest eines der Teilsummen-Stromvektoren verglichen. Insbesondere werden durch das Verfahren unausgeglichene Verstärkungsfehler ermittelt. Darunter sind solche Verstärkungsfehler zu verstehen, die nicht die Stromwerte aller der Phasen gleichermaßen betreffen. Die unausgebalancierten Verstärkungsfehler treten derart in Erscheinung, dass die Ausrichtung zumindest eines der Teilsummen-Stromvektoren nicht mit einer zu erwartenden Ausrichtung übereinstimmt.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass in dem Schritt d) zumindest zwei der Teilsummen-Stromvektoren ermittelt werden. In dem Schritt f) werden dann beide der ermittelten Teilsummen-Stromvektoren jeweils mit dem Summen-Stromvektor verglichen. Es ergibt sich daraus der Vorteil, dass unausgeglichene Verstärkungsfehler jeder der Strommesseinrichtungen durch das Verfahren ermittelbar sind.

Vorzugsweise wird die Sensorspannung derart angelegt, dass der erste Spannungsvektor und der zweite Spannungsvektor senkrecht zueinander ausgerichtet sind. Die derartig ausgestaltete Sensorspannung ist einerseits technisch einfach an den Phasen anlegbar. Andererseits resultiert aus einer derartig angelegten Sensorspannung eine unkomplizierte Auswertung der erfassten Stromwerte zum Ermitteln eines Verstärkungsfehlers.

Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die Sensorspannung derart angelegt wird, dass der erste Spannungspuls zumindest eine erste Schwingung und der zweite Spannungspuls zumindest eine zweite Schwingung aufweist. Unter einer Schwingung ist zu verstehen, dass Spannungswerte der Spannungspulse um einen Mittelwert beziehungsweise Nullwert schwanken. Die erste Schwingung und die zweite Schwingung weisen dabei jeweils zumindest eine Periode auf.

Vorzugsweise wird die Sensorspannung derart angelegt, dass die erste Schwingung und die zweite Schwingung zeitlich aufeinanderfolgen, insbesondere zeitlich unmittelbar aufeinanderfolgen. Die Sensorspannung wird also derart vorgegeben, dass sich die erste Schwingung und die zweite Schwingung nicht überlagern. Dadurch wird die Auswertung der erfassten Stromwerte beziehungsweise das Ermitteln eines Verstärkungsfehlers vereinfacht.

Vorzugsweise wird die Sensorspannung derart angelegt, dass eine Amplitude der ersten Schwingung einer Amplitude der zweiten Schwingung entspricht. Auch hierdurch wird die Auswertung der erfassten Stromwerte vereinfacht.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform werden der erste Spannungspuls und/oder der zweite Spannungspuls als pulswertenmodulierte Spannung angelegt. Somit handelt es sich bei der ersten Schwingung und/oder der zweiten Schwingung um eine Rechteckschwingung. Einerseits ist die pulswertenmodulierte Spannung einfach vorgebbar beziehungsweise anlegbar. Andererseits sind mittels Pulswertenmodulation Schwingungen mit hohen Frequenzen, insbesondere hochfrequente Schwingungen, erreichbar, was bei der Durchführung des Verfahrens vorteilhaft ist, wie später noch erläutert wird.

Vorzugsweise werden mehrere erste Stromwerte, mehrere zweite Stromwerte und mehrere dritte Stromwerte an aufeinanderfolgenden Zeitpunkten erfasst. Durch das Erfassen jeweils mehrerer Stromwerte wird die Genauigkeit des Verfahrens gesteigert. Vorzugsweise wird an jedem der aufeinanderfolgenden Zeitpunkte jeweils ein erster Stromwert, ein zweiter Stromwert und ein dritter Stromwert erfasst. Vorzugsweise werden Stromwerte an einem nullten Zeitpunkt erfasst, wobei an dem nullten Zeitpunkt ein Übergang von einem Nullwert des ersten Spannungspulses auf den Maximalwert des ersten Spannungspulses und ein Übergang von dem Maximalwert des zweiten Spannungspulses auf einen Nullwert des zweiten Spannungspulses stattfinden. Vorzugsweise werden alternativ oder zusätzlich Stromwerte an einem ersten Zeitpunkt erfasst, wobei an dem ersten Zeitpunkt ein Übergang von dem Maximalwert des ersten Spannungspulses auf den Minimalwert des ersten Spannungspulses stattfindet und der zweite Spannungspuls den Nullwert aufweist. Vorzugsweise werden alternativ oder zusätzlich Stromwerte an einem dritten Zeitpunkt erfasst, wobei an dem dritten Zeitpunkt ein Übergang von dem Minimalwert des ersten Spannungspulses auf den Maximalwert des ersten Spannungspulses stattfindet und der zweite Spannungspuls den Nullwert aufweist. Vorzugsweise werden alternativ oder zusätzlich Stromwerte an einem vierten Zeitpunkt erfasst, wobei an dem vierten Zeitpunkt ein Übergang von dem Maximalwert des ersten Spannungspulses auf den Nullwert des ersten Spannungspulses und ein Übergang von dem Nullwert des zweiten Spannungspulses auf den Maximalwert des zweiten Spannungspulses stattfinden. Vorzugsweise werden alternativ oder zusätzlich Stromwerte an einem fünften Zeitpunkt erfasst, wobei an dem fünften Zeitpunkt der erste Spannungspuls den Nullwert aufweist und ein Übergang von dem Maximalwert des zweiten Spannungspulses auf den Minimalwert des zweiten Spannungspulses stattfindet. Vorzugsweise werden alternativ oder zusätzlich Stromwerte an einem siebten Zeitpunkt erfasst, wobei an dem siebten Zeitpunkt der erste Spannungspuls den Nullwert aufweist und ein Übergang von dem Minimalwert des zweiten Spannungspulses auf den Maximalwert des zweiten Spannungspulses stattfindet. Unter dem Nullwert ist dabei ein Wert zu verstehen, dessen Spannungsbetrag dem Mittelwert des Spannungsbetrags des Maximums und des Minimums des jeweiligen Spannungspulses entspricht. Vorzugsweise ist der Betrag des Nullwerts 0, sodass bei Vorliegen des Nullwertes keine Spannung anliegt.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Sensorspannung auf eine Arbeitsspannung zum Antreiben des Rotors aufmoduliert wird. Unter einer Arbeitsspannung ist eine Spannung zu verstehen, die an den Phasen angelegt wird, um den Rotor anzutreiben. Die Sensorspannung wird auf die Rotorspannung aufmoduliert, sodass sich die beiden Spannungen überlagern, also zeitgleich an den Phasen anliegen. Daraus ergibt sich der Vorteil, dass ein Einfluss eines Rotorwinkels des Rotors auf das Ermitteln des Verstärkungsfehlers mittels eines Tiefpassfilters ausgeschlossen werden kann.

Vorzugsweise wird die Sensorspannung derart angelegt, dass die erste und/oder die zweite Schwingung eine Frequenz aufweisen, die größer, insbesondere wesentlich größer, ist als eine Frequenz der Arbeitsspannung. Vorzugsweise wird die Sensorspannung so angelegt, dass die Frequenz der ersten und/oder der zweiten Spannung derart größer ist als die Frequenz der Arbeitsspannung, dass davon ausgegangen werden kann, dass eine Änderung des Arbeitsstroms während der ersten Schwingung beziehungsweise der zweiten Schwingung eine konstante Steigung aufweist. Durch ein derartiges Anlegen der Sensorspannung wird eine Auswertung der erfassten Stromwerte und damit das Ermitteln eines Verstärkungsfehlers vereinfacht.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass als Referenz-Stromvektor zumindest ein gespeicherter Referenz-Summen-Stromvektor, der einem zu erwartenden Summen-Stromvektor im fehlerfreien Betrieb der Sensoreinheit entspricht, verglichen wird. Daraus ergibt sich der Vorteil, dass ausgeglichene Verstärkungsfehler ermittelbar sind. Unter einem ausgeglichenen Verstärkungsfehler ist ein Fehler zu verstehen, der bewirkt, dass die erfassten Stromwerte aller der Phasen gleichermaßen fehlerhaft verstärkt werden. Vorzugsweise wird zum Ermitteln des ausgeglichenen Verstärkungsfehlers ein Betrag des Summen-Stromvektors mit einem Betrag des Referenz-Summen-Stromvektors verglichen.

Vorzugsweise wird bei Ermitteln eines Verstärkungsfehlers zumindest ein zum Verstärken der erfassten Stromwerte verwendeter Korrekturfaktor angepasst.

- 7 -

Durch das Anpassen des Korrekturfaktors wird der Verstärkungsfehler verringert. Dadurch wird eine Effizienz beim Betreiben der elektrischen Maschine gesteigert.

Die Erfindung betrifft außerdem eine Vorrichtung zum Ermitteln eines Verstärkungsfehlers zumindest einer Strommesseinrichtung einer Sensoreinheit einer elektrischen Maschine, wobei die Maschine eine Statorwicklung mit zumindest drei Phasen, zumindest eine mit jeder der Phasen verbundene Strom- und/oder Spannungsquelle, und einen Rotor aufweist, der um eine Rotationsachse drehbar gelagert ist, wobei die Sensoreinheit zumindest drei Strommesseinrichtungen aufweist, wobei jede der Strommesseinrichtungen jeweils einer anderen der Phasen zugeordnet ist. Die Vorrichtung zeichnet sich mit den Merkmalen des Anspruchs 14 durch ihre Ausbildung als Steuergerät aus und dadurch, dass sie als Steuergerät speziell dazu hergerichtet ist, bei bestimmungsgemäßem Gebrauch das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen. Auch daraus ergeben sich die bereits genannten Vorteile. Weitere bevorzugte Merkmale und Merkmalskombinationen ergeben sich aus dem zuvor Beschriebenen sowie aus den Ansprüchen.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert, wobei gleiche und entsprechende Elemente in den Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind. Dazu zeigen:

- | | |
|---------|---|
| Figur 1 | Eine elektrische Maschine mit einer Sensoreinheit, |
| Figur 2 | ein Verfahren zum Ermitteln eines Verstärkungsfehlers zumindest einer Strommesseinrichtung der Sensoreinheit, |
| Figur 3 | einen Verlauf eines an Phasen der Maschine angelegten Sensorstroms, und |
| Figur 4 | einen Regelkreis mit einer Vorrichtung zum Ermitteln des Verstärkungsfehlers. |

Figur 1 zeigt in einer schematischen Darstellung eine elektrische Maschine 1. Bei der Maschine 1 handelt es sich beispielsweise um eine elektrische

Antriebsmaschine eines nicht dargestellten Fahrzeugs. Die Maschine 1 weist eine Statorwicklung 2 mit einer ersten Phase U, einer zweiten Phase V und einer dritten Phase W auf. Die Phasen U, V und W sind durch eine Leistungselektronik 3 mit einer Spannungsquelle 4, vorliegend einer Traktionsbatterie des Fahrzeugs, verbunden, sodass mittels der Spannungsquelle 4 die Phasen U, V und W bestrombar sind. Die elektrische Maschine 1 weist außerdem einen Rotor 5 auf, der um eine Rotationsachse 6 drehbar gelagert ist. Der Übersichtlichkeit halber sind die Phasen U, V und W in Figur 1 nebeneinander und oberhalb des Rotors 5 dargestellt. Jedoch sind die Phasen tatsächlich derart verteilt um den Rotor 5 angeordnet, dass der Rotor 5 durch eine geeignete Bestromung der Phasen U, V und W antreibbar beziehungsweise drehbar ist.

Die elektrische Maschine 1 weist außerdem eine Sensoreinheit 7 auf. Die Sensoreinheit 7 umfasst vorliegend drei Strommesseinrichtungen 8, 9 und 10. Die Strommesseinrichtungen 8, 9 und 10 sind zur Erfassung eines elektrischen Stroms durch die Phasen U, V und W jeweils einer anderen der Phasen U, V und W zugeordnet. Gemäß Figur 1 ist eine erste Strommesseinrichtung 8 der ersten Phase U zugeordnet, eine zweite Strommesseinrichtung 9 der zweiten Phase V und eine dritte Strommesseinrichtung 10 der dritten Phase W. Dabei ist vorgesehen, dass der erfasste Strom beziehungsweise erfasste verstärkt werden. Beim Verstärken der Stromwerte können Verstärkungsfehler auftreten. Diese bewirken, dass ein ausgegebener verstärkter Stromwert, also ein Ausgangswert, nicht einem zu erwartenden Wert entspricht. Der Ausgangswert ist dabei größer oder kleiner als der zu erwartende Wert. Es findet in diesem Fall also eine fehlerhafte Verstärkung statt.

Im Folgenden wird mit Bezug auf Figur 2 ein Verfahren zum Ermitteln eines Verstärkungsfehlers erläutert. Figur 2 zeigt das Verfahren anhand eines Flussdiagramms. In einem Schritt S1 wird eine Sensorspannung 11 an den Phasen U, V und W angelegt. Dies erfolgt beispielsweise mittels der Spannungsquelle 4. Alternativ dazu ist eine weitere Strom- und/oder Spannungsquelle zum Anlegen der Sensorspannung 11 an den Phasen U, V und W vorhanden. Die Ausgestaltung der angelegten Sensorspannung 11 ist in Figur 3 dargestellt. Diese zeigt in einem oberen Teil der Figur 3 einen ersten Spannungspuls 12 der Sensorspannung 11 und einen aus dem ersten

Spannungspuls 12 resultierenden Stromverlauf 26. In einem unteren Teil der Figur 3 sind ein zweiter Spannungspuls 13 der Sensorspannung 11 und ein aus dem zweiten Spannungspuls 13 resultierender Stromverlauf 27 dargestellt. Der erste Spannungspuls 12 weist eine erste Schwingung 14 auf. Analog dazu weist der zweite Spannungspuls 13 eine zweite Schwingung 15 auf. Die erste Schwingung 14 und die zweite Schwingung 15 folgen zeitlich unmittelbar aufeinander. Vorliegend erstreckt sich die erste Schwingung 14 über einen Zeitraum zwischen einem nullten Zeitpunkt $t[0]$ und einem vierten Zeitpunkt $t[4]$. Die zweite Schwingung 15 erstreckt sich über einen Zeitraum zwischen dem vierten Zeitpunkt $t[4]$ und dem nullten Zeitpunkt $t[0]$. Wie aus Figur 3 ersichtlich ist, erstreckt sich die erste Schwingung 14 über einen gleichlangen Zeitraum wie die zweite Schwingung 15. Außerdem weist die erste Schwingung 14 eine Amplitude auf, die einer Amplitude der zweiten Spannung 15 entspricht. Ferner sind beide Schwingungen 14 und 15 jeweils zu ihrem zeitlichen Mittelpunkt symmetrisch. Das heißt, dass die erste Schwingung 14 symmetrisch zu dem Zeitpunkt $t[2]$ ist und die zweite Schwingung 15 symmetrisch zu dem Zeitpunkt $t[6]$. Der erste Spannungspuls 12 weist einen ersten Spannungsvektor auf. Analog dazu weist der zweite Spannungspuls 13 einen zweiten Spannungsvektor auf. Die beiden Spannungsvektoren sind in unterschiedliche Richtungen und jeweils senkrecht zu der Rotationsachse 6 ausgerichtet. Vorliegend ist der erste Spannungsvektor in Richtung einer ersten Achse α ausgerichtet. Der zweite Spannungsvektor ist in Richtung einer senkrecht zu der ersten Achse α ausgerichteten zweiten Achse β ausgerichtet. Die beiden Achsen α und β definieren ein zweiachsiges, senkrecht zu der Rotationsachse 6 verlaufendes Koordinatensystem. Insbesondere handelt es sich um ein stationäres Koordinatensystem, also ein den Phasen U, V und W zugeordnetes Koordinatensystem. Zusammenfassend sind die Schwingungen 14 und 15 beziehungsweise die Spannungspulse 12 und 13 abgesehen von der Ausrichtung ihrer Spannungsvektoren und dem Zeitraum, in dem sie angelegt werden, zumindest im Wesentlichen gleichförmig ausgebildet.

In einem Schritt S2 des in Figur 2 dargestellten Verfahrens werden während des Anlegens der Sensorspannung 11 zumindest ein erster Stromwert der ersten Phase U, ein zweiter Stromwert der zweiten Phase V und ein dritter Stromwert der dritten Phase W erfasst. Vorzugsweise wird zu verschiedenen Zeitpunkten

jeweils ein erster Stromwert, ein zweiter Stromwert und ein dritter Stromwert erfasst. Vorliegend wird jeweils ein erster Stromwert, ein zweiter Stromwert und ein dritter Stromwert zumindest zu den Zeitpunkten $t[0]$, $t[1]$, $t[3]$, $t[4]$, $t[5]$ und $t[7]$ erfasst.

5

Vorzugsweise wird in dem Schritt S1 gleichzeitig zu der Sensorspannung 11 auch eine Arbeitsspannung zum Antreiben des Rotors beziehungsweise zum Erzeugen eines Drehmoments an den Phasen U, V und W angelegt. Um Verstärkungsfehler zu ermitteln, wird ein durch die Sensorspannung 11 bewirkter Strom 26, 27 aus einem erfassten Gesamtstrom extrahiert. Es wird also nur der Teil des Gesamtstroms beim Ermitteln von Verstärkungsfehlern berücksichtigt, der durch die angelegte Sensorspannung 11 bewirkt wird.

10

In einem Schritt S3 wird in Abhängigkeit der erfassten Stromwerte aller der Phasen ein Summen-Stromvektor ermittelt. Vorliegend werden hierzu die nachfolgenden Formeln (1.1), (1.2) und (1.3) verwendet.

15

$$\Delta \underline{i}_{\alpha\beta, HF, \Sigma, 1} = \frac{1}{4} (2 \times \underline{i}_{\alpha\beta}[1] - 2 \times \underline{i}_{\alpha\beta}[3] - \underline{i}_{\alpha\beta}[0] + \underline{i}_{\alpha\beta}[4]) \quad (1.1)$$

20

$$\Delta \underline{i}_{\alpha\beta, HF, \Sigma, 2} = \frac{1}{4} (2 \times \underline{i}_{\alpha\beta}[5] - 2 \times \underline{i}_{\alpha\beta}[7] - \underline{i}_{\alpha\beta}[4] + \underline{i}_{\alpha\beta}[0]) \quad (1.2)$$

$$\Delta \underline{i}_{\alpha\beta, HF, \Sigma} = LPF \left\{ \frac{1}{2} \times (\Delta \underline{i}_{\alpha\beta, HF, \Sigma, 1} + e^{-j\pi/2} \times \Delta \underline{i}_{\alpha\beta, HF, \Sigma, 2}) \right\} \quad (1.3)$$

Dabei beschreibt der Term $\underline{i}_{\alpha\beta}[k]$ einen erfassten beziehungsweise ermittelten Stromvektor zum Zeitpunkt $t[k]$. LPF bezeichnet einen beim Ermitteln des Summen-Stromvektors verwendeten Tiefpassfilter. Der Summen-Stromvektor wird durch den Term $\Delta \underline{i}_{\alpha\beta, HF, \Sigma}$ beschrieben. Um den Summen-Stromvektor zu ermitteln, werden beim Ermitteln der Stromvektoren $\underline{i}_{\alpha\beta}[k]$ jeweils die zu dem Zeitpunkt $t[k]$ erfassten Stromwerte aller der Phasen U, V und W berücksichtigt.

25

30

In einem Schritt S4 wird zumindest ein Teilsummen-Stromvektor ermittelt. Vorliegend werden zwei Teilsummen-Stromvektoren ermittelt. Analog zu dem Summen-Stromvektor werden auch die Teilsummen-Stromvektoren mittels der Formeln (1.1), (1.2) und (1.3) ermittelt und durch den Term $\Delta \underline{i}_{\alpha\beta, HF, \Sigma}$ beschrieben. Im Unterschied zu dem Summen-Stromvektor werden beim

35

Ermitteln der Teilsummen-Stromvektoren allerdings nicht jeweils die erfassten Stromwerte aller der Phasen U, V und W berücksichtigt. Vorliegend wird ein erster Teilsummen-Stromvektor in Abhängigkeit von den erfassten Stromwerten der ersten Phase U und den erfassten Stromwerten der zweiten Phase V ermittelt. Hierzu werden beim Ermitteln der Stromvektoren $\underline{i}_{\alpha\beta}[k]$ lediglich die Stromwerte dieser Phasen U und V berücksichtigt. Zusätzlich wird ein zweiter Teilsummen-Stromvektor in Abhängigkeit von den erfassten Stromwerten der ersten Phase U und der dritten Phase W ermittelt. Hierzu werden beim Ermitteln der Stromvektoren $\underline{i}_{\alpha\beta}[k]$ lediglich die Stromwerte dieser Phasen U und W berücksichtigt. Zusätzlich oder alternativ zu dem ersten Teilsummen-Stromvektor oder dem zweiten Teilsummen-Stromvektor wird vorzugsweise ein dritter Teilsummen-Stromvektor ermittelt, wobei der dritte Teilsummen-Stromvektor in Abhängigkeit von erfassten Stromwerten der Phasen V und W ermittelt wird.

In einem Schritt S5 wird der Summen-Stromvektor mit den Teilsummen-Stromvektoren verglichen. Beispielsweise wird eine Ausrichtung des Summen-Stromvektors mit einer Ausrichtung des ersten Teilsummen-Stromvektors beziehungsweise einer Ausrichtung des zweiten Teilsummen-Stromvektors verglichen. In einem Schritt S6 wird in Abhängigkeit von dem Vergleich festgestellt, ob ein Verstärkungsfehler vorliegt. Beispielsweise wird festgestellt, dass ein Verstärkungsfehler vorliegt, wenn der Vergleich ergibt, dass einer der Teilsummen-Stromvektoren eine fehlerhafte beziehungsweise unerwartete Ausrichtung aufweist. Wird festgestellt, dass kein Verstärkungsfehler vorliegt (n), so wird auf den Schritt S1 zurückverwiesen. Wird in dem Schritt S6 jedoch festgestellt, dass ein Verstärkungsfehler vorliegt (y), so werden in einem Schritt S7 Maßnahmen ergriffen, um den Verstärkungsfehler zu beheben. Beispielsweise wird zum Beheben des Verstärkungsfehlers zumindest ein beim Verstärken verwendeter Korrekturfaktor angepasst. Im Anschluss an den Schritt S7 wird wieder auf den Schritt S1 zurückverwiesen.

In einem optionalen Schritt S8 wird der Summen-Stromvektor mit einem Referenz-Summen-Stromvektor verglichen. Bei dem Referenz-Summen-Stromvektor handelt es sich um einen im fehlerfreien Betrieb der Sensoreinheit 7 ermittelten Summen-Stromvektor. Vorliegend wird in dem Schritt S8 ein Betrag des ermittelten Summen-Stromvektors mit einem Betrag des Referenz-Summen-

Stromvektors verglichen. In Abhängigkeit von dem in dem Schritt S8 durchgeführten Vergleich wird in einem Schritt S9 festgestellt, ob ein ausgeglichener Verstärkungsfehler vorliegt, also ein Verstärkungsfehler, der die durch die Strommesseinrichtungen 8, 9 und 10 erfassten Stromwerte gleichermaßen betrifft. Falls kein ausgeglichener Verstärkungsfehler vorliegt (n), wird auf den Schritt S1 zurückverwiesen. Wird in dem Schritt S9 jedoch ein ausgeglichener Verstärkungsfehler festgestellt, werden in einem Schritt S10 die Korrekturfaktoren der Strommesseinrichtungen 8, 9 und 10 angepasst und es wird anschließend auf den Schritt S1 zurückverwiesen.

Figur 4 zeigt einen Regelkreis 16 mit einer als Steuergerät ausgebildeten Vorrichtung 17. Die Vorrichtung 17 ist dazu ausgebildet, das mit Bezug auf Figur 2 erläuterte Verfahren durchzuführen, also zumindest einen Verstärkungsfehler zu ermitteln. Der Vorrichtung 17 werden die mittels der Strommesseinrichtungen 8, 9 und 10 erfassten und verstärkten Stromwerte 18, also die ersten Stromwerte, die zweiten Stromwerte und die dritten Stromwerte, zur Verfügung gestellt. Außerdem wird der Vorrichtung 17 ein Referenz-Summen-Stromvektor zur Verfügung gestellt. Ferner wird der Vorrichtung 17 ein Wert 19 zur Verfügung gestellt, der ein durch die elektrische Maschine 1 zu erzeugendes Drehmoment beschreibt. Ausgangsseitig ist die Vorrichtung 17 mit der Leistungselektronik 3 oder einem Steuergerät 20 zur Ansteuerung der Leistungselektronik 3 verbunden und dazu ausgebildet, der Leistungselektronik 3 beziehungsweise dem Steuergerät 20 die anzulegende Sensorspannung 11 vorzugeben. Die Sensorspannung 11 wird dabei vorzugsweise in Abhängigkeit von dem Wert 19 vorgegeben. Außerdem ist die Vorrichtung 17 ausgangsseitig mit einer Korrekturereinrichtung 21 verbunden, in der aktuelle Werte der Korrekturfaktoren gespeichert sind. Die Vorrichtung 17 ist entweder dazu ausgebildet, der Korrekturereinrichtung 21 angepasste Korrekturfaktoren bereitzustellen oder der Korrekturereinrichtung 21 eine Information zu übermitteln, wobei die Korrekturereinrichtung 21 dazu ausgebildet ist, in Abhängigkeit von der Information die Korrekturfaktoren selbst anzupassen. Der Regelkreis 16 weist außerdem einen Stromregler 22, eine erste Koordinatentransformationseinrichtung 23 und eine zweite Koordinatentransformationseinrichtung 24 auf. Die erste Koordinatentransformationseinrichtung 23 ist insbesondere dazu ausgebildet, Werte eines rotierenden Koordinatensystems in Werte des stationären

- 13 -

Koordinatensystems zu transformieren. Die zweite
Koordinatentransformationseinrichtung 24 ist insbesondere dazu ausgebildet,
mehrphasige, insbesondere dreiphasige, Werte, in ein zweiachsiges
Koordinatensystem zu transformieren. Ferner weist der Regelkreis 16 ein
5 Sensorsystem 25 auf. Das Sensorsystem umfasst beispielsweise die
Sensoreinheit 7 sowie eine Messeinrichtung, die dazu ausgebildet ist, einen
Drehwinkel des Rotors 5 zu erfassen.

10

Ansprüche

- 5
1. Verfahren zum Ermitteln eines Verstärkungsfehlers zumindest einer Strommesseinrichtung (8, 9, 10) einer Sensoreinheit (7) einer elektrischen Maschine (1), wobei die Maschine (1) eine Statorwicklung (2) mit zumindest drei Phasen (U, V, W) und einen Rotor (5) aufweist, der um eine Rotationsachse (6) drehbar gelagert ist, mit folgenden Schritten:
- 10
- a) Anlegen einer elektrischen Sensorspannung (11) an den Phasen (U, V, W), wobei die Sensorspannung (11) zumindest einen ersten Spannungspuls (12) mit einem ersten Spannungsvektor und einen zweiten Spannungspuls (13) mit einem zweiten Spannungsvektor aufweist, wobei der erste Spannungsvektor und der zweite Spannungsvektor in unterschiedliche Richtungen jeweils senkrecht zu der Rotationsachse (6) ausgerichtet sind,
- 15
- b) Während des Anlegens der Sensorspannung (11), Erfassen zumindest eines ersten Stromwertes einer ersten der Phasen (U), zumindest eines zweiten Stromwertes einer zweiten der Phasen (V) und zumindest eines dritten Stromwertes einer dritten der Phasen (W),
- 20
- c) Ermitteln eines Summen-Stromvektors in Abhängigkeit von den erfassten Stromwerten aller der Phasen (U, V, W),
- d) Vergleichen des Summen-Stromvektors mit zumindest einem ermittelten oder gespeicherten Referenz-Stromvektor und Ermitteln zumindest eines Verstärkungsfehlers in Abhängigkeit von dem Vergleich.
- 25
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Abhängigkeit von dem ersten Stromwert und dem zweiten Stromwert zumindest ein erster Teilsummen-Stromvektor, in Abhängigkeit von dem ersten Stromwert und dem dritten Stromwert zumindest ein zweiter Teilsummen-Stromvektor und/oder in Abhängigkeit von dem zweiten Stromwert und dem dritten Stromwert zumindest ein dritter Teilsummen-Stromvektor jeweils als Referenz-Stromvektor ermittelt werden.
- 30
- 35

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest zwei der Teilsummen-Stromvektoren ermittelt werden.

5 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sensorspannung (11) derart angelegt wird, dass der erste Spannungsvektor und der zweite Spannungsvektor senkrecht zueinander ausgerichtet sind.

10 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sensorspannung (11) derart angelegt wird, dass der erste Spannungspuls (12) zumindest eine erste Schwingung (14) und/oder der zweite Spannungspuls (13) zumindest eine zweite Schwingung (15) aufweist.

15 6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sensorspannung (11) derart angelegt wird, dass die erste Schwingung (14) und die zweite Schwingung (15) zeitlich aufeinanderfolgen, insbesondere zeitlich unmittelbar aufeinanderfolgen.

20 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 und 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sensorspannung (11) derart angelegt wird, dass eine Amplitude der ersten Schwingung (14) einer Amplitude der zweiten Schwingung (15) entspricht.

25 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Spannungspuls (12) und/oder der zweite Spannungspuls (13) als pulswellenmodulierte Spannung angelegt werden.

30 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere erste Stromwerte, mehrere zweite Stromwerte und mehrere dritte Stromwerte an aufeinanderfolgenden Zeitpunkten erfasst werden.

35 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sensorspannung (11) auf eine Arbeitsspannung zum Antreiben des Rotors (5) aufmoduliert wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste und/oder die zweite Schwingung (14, 15) eine Frequenz aufweisen, die größer ist als eine Frequenz der Arbeitsspannung.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Referenz-Stromvektor zumindest ein gespeicherter Referenz-Summen-Stromvektor, der einem zu erwartenden Summen-Stromvektor im fehlerfreien Betrieb der Sensoreinheit (7) entspricht, verwendet wird.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei Ermitteln eines Verstärkungsfehlers zumindest ein zum Verstärken der erfassten Stromwerte verwendeter Korrekturfaktor angepasst wird.

14. Vorrichtung (17) zum Ermitteln eines Verstärkungsfehlers zumindest einer Strommesseinrichtung (8, 9, 10) einer Sensoreinheit (7) einer elektrischen Maschine (1), wobei die Maschine (1) eine Statorwicklung (2) mit zumindest drei Phasen (U, V, W), zumindest eine mit jeder der Phasen (U, V, W) verbundene Strom- und/oder Spannungsquelle (4), und einen Rotor (5) aufweist, der um eine Rotationsachse (6) drehbar gelagert ist, wobei die Sensoreinheit (7) zumindest drei Strommesseinrichtungen (8, 9, 10) aufweist, wobei jede der Strommesseinrichtungen (8, 9, 10) jeweils einer anderen der Phasen (U, V, W) zugeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die als Steuergerät ausgebildete Vorrichtung (17) speziell dazu hergerichtet ist, bei bestimmungsgemäßem Gebrauch das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13 durchzuführen.

1 / 4

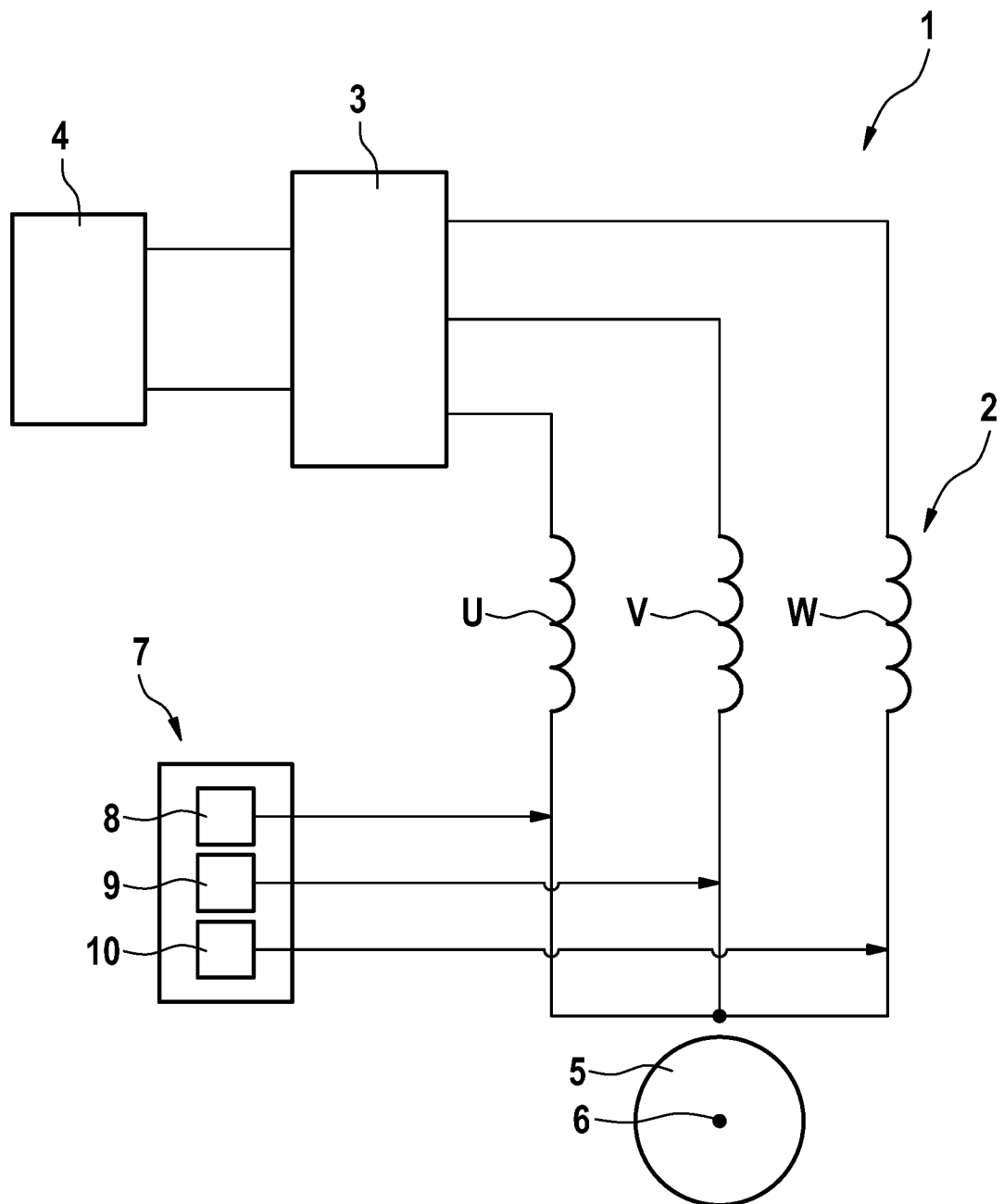


FIG. 1

2 / 4

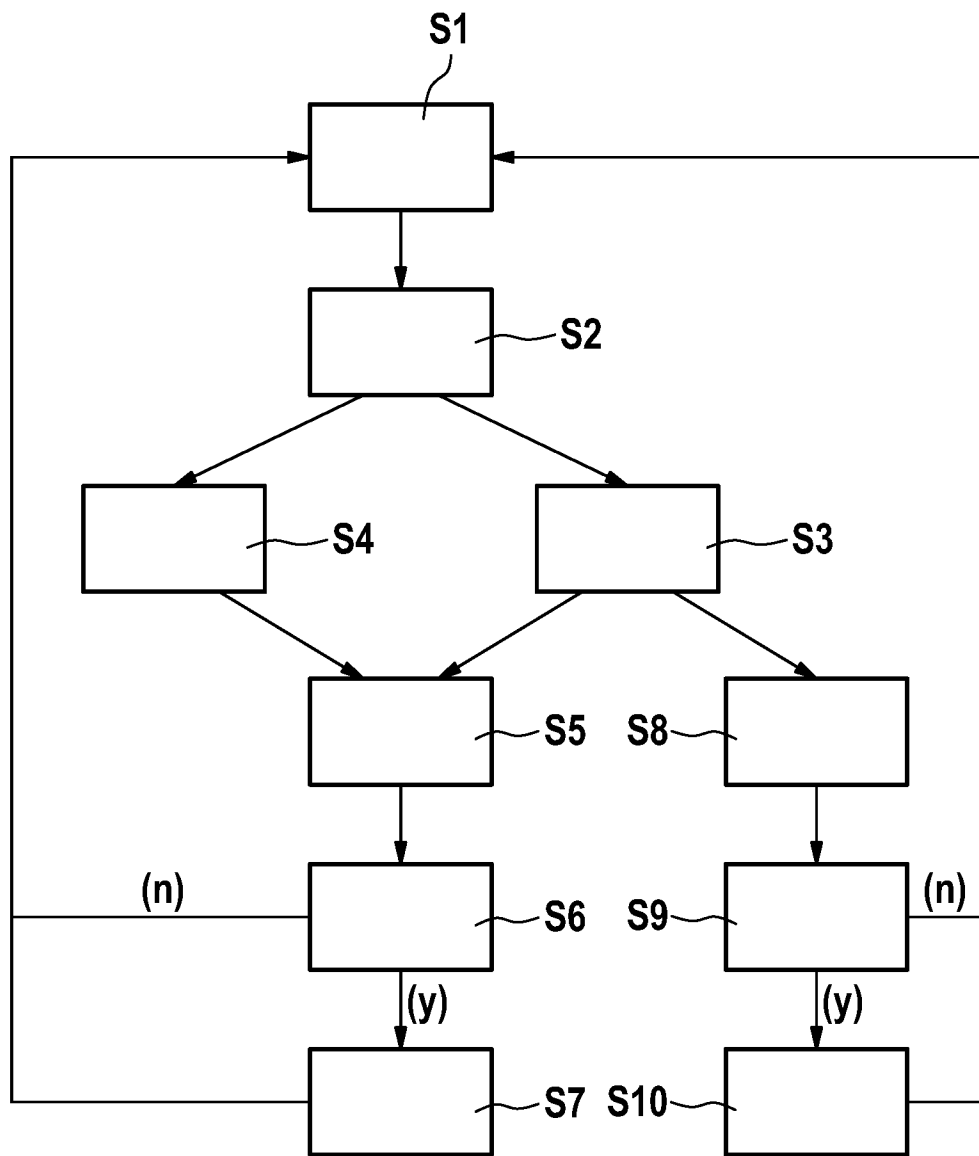


FIG. 2

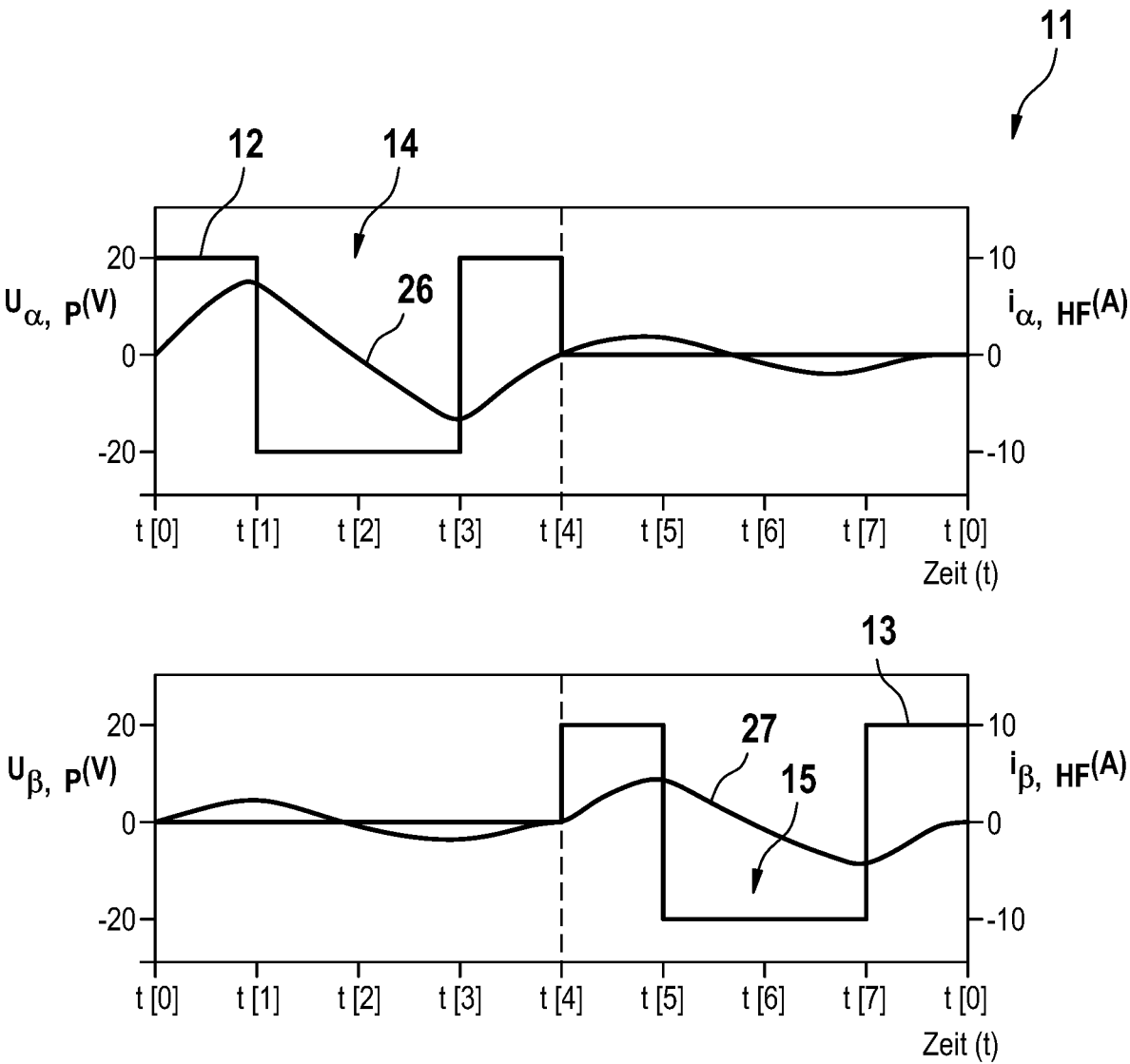


FIG. 3

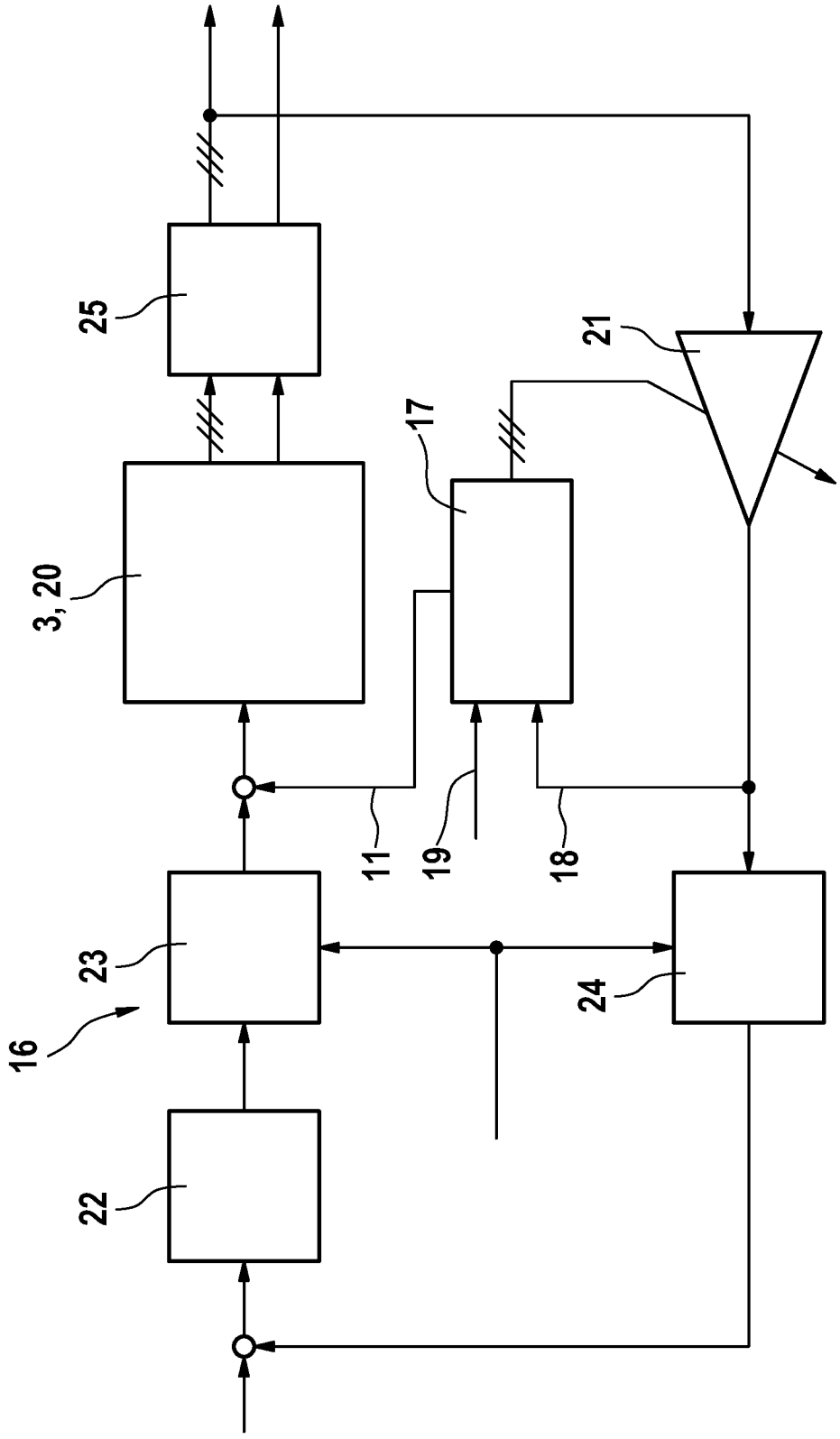


FIG. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/086301

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G01R 31/34 (2020.01)i 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) G01R 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		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	HARKE M C ET AL. "Current Measurement Gain Tuning Using High-Frequency Signal Injection" <i>IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US</i> , Vol. 44, No. 5, 01 September 2008 (2008-09-01), pages 1578-1586 DOI: 10.1109/TIA.2008.2002170 ISSN: 0093-9994, XP011446018	1,4-6,8,10-14
A	abstract; figures 1,3,9 page 1578 - page 1581	2,3,7,9
A	HARKE M C ET AL. "The Spatial Effect and Compensation of Current Sensor Differential Gains for Three-Phase Three-Wire Systems" <i>IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US</i> , Vol. 44, No. 4, 01 July 2008 (2008-07-01), pages 1181-1189 DOI: 10.1109/TIA.2008.926208 ISSN: 0093-9994, XP011231802 abstract; figure 5 page 240 - page 243	1-14
☐ 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 16 March 2020		Date of mailing of the international search report 26 March 2020
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Kleiber, Michael Telephone No.

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01R31/34
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01R

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	HARKE M C ET AL: "Current Measurement Gain Tuning Using High-Frequency Signal Injection", IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, Bd. 44, Nr. 5, 1. September 2008 (2008-09-01), Seiten 1578-1586, XP011446018, ISSN: 0093-9994, DOI: 10.1109/TIA.2008.2002170	1,4-6,8, 10-14
A	Zusammenfassung; Abbildungen 1,3,9 Seite 1578 - Seite 1581 ----- -/-	2,3,7,9



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

16. März 2020

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

26/03/2020

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

Kleiber, Michael

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	HARKE M C ET AL: "The Spatial Effect and Compensation of Current Sensor Differential Gains for Three-Phase Three-Wire Systems", IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, Bd. 44, Nr. 4, 1. Juli 2008 (2008-07-01), Seiten 1181-1189, XP011231802, ISSN: 0093-9994, DOI: 10.1109/TIA.2008.926208 Zusammenfassung; Abbildung 5 Seite 240 - Seite 243 -----	1-14