



PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

(57) Zusammenfassung: Das Verfahren zum Betrieb einer elektrischen Maschine (32) mit drei Phasen (A, B, C) und je einem einer der Phasen (A, B, C) zugeordneten Anschluss ist dadurch gekennzeichnet, dass zum Bestimmen der Rotorposition (ϕ) einschliesslich Rotorpolarität im Stillstand für mindestens zwei der Phasen die folgenden Schritte ausgeführt werden: a) Anlegen einer gepulsten Spannung (Up) zwischen denjenigen zwei Anschlüssen, die den anderen zwei Phasen zugeordnet sind; b) Messen der dadurch an dem der Phase zugeordneten Anschluss induzierten Spannung; c) Analyse des zeitlichen Verlaufs der genannten induzierten Spannung; und dass der folgende Schritt ausgeführt wird: d) Bestimmung der Rotorpolarität auf Basis der genannten Analysen. Vorteilhaft wird in Schritt c) ein Mass für die Abweichung des zeitlichen Verlaufs der induzierten Spannung gegenüber dem zeitlichen Verlauf der gepulsten Spannung (Up) bestimmt. Die Erfindung erlaubt es, auf rasche, genaue und kosten- und platzsparende Weise eine eindeutige Bestimmung der Rotorposition (ϕ) einer elektrischen Maschine (32) vorzunehmen.

VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR EINDEUTIGEN BESTIMMUNG DER
5 ROTORPOSITION EINER ELEKTRISCHEN MASCHINE

Technisches Gebiet

10 Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Elektrotechnik, genauer auf elektrische Maschinen, also Elektromotoren und Generatoren. Sie bezieht sich auf Vorrichtungen und ein Verfahren gemäss dem Oberbegriff der
15 unabhängigen Patentansprüche.

Stand der Technik

20 Bei kontrolliert kommutierten elektrischen Maschinen besteht das Problem, dass diese sich im allgemeinen zunächst in einer unbekannten Anfangsposition (Winkelposition des Rotors) befinden. Für ein optimales Anfahren der elektrischen Maschine wäre eine exakte
25 Kenntnis der Anfangsposition wünschenswert. Mittels entsprechender Lagesensoren kann dieses Problem gelöst

werden, was aber aufwendig und kostspielig ist. Ein sensorloses Betreiben, zumindest in dem Sinne, dass keine Elemente benötigt werden, die nicht ohnehin zum normalen Betreiben der elektrischen Maschine notwendig sind, ist
5 darum wünschenswert.

Aus dem Stand der Technik ist bekannt, in Unkenntnis der Anfangsposition während einer Ausrichtphase und einer anschliessenden blinden Kommutierung die elektrische Maschine solange suboptimal zu betreiben, bis sie solche
10 Drehzahlen erreicht hat, die eine Positionsbestimmung in einfacher Weise ermöglichen.

Auch das Anwenden grosser Spannungen, um den Rotor forciert in eine definierte Anfangsposition zu bringen, wurde vorgeschlagen.

15 Aus DE 10 2006 043 683 A1 ist ein Verfahren zum Betreiben eines Elektromotors während seiner Hochlaufphase bekannt, bei dem Stromimpulse gemessen und bewertet werden.

Aus DE 10 2006 046 673 A1 ist eine Vorrichtung zur Gewinnung von Informationen über den Betriebszustand
20 elektrischer Maschinen bekannt. Dabei wird ein Potential am Sternpunkt bestimmt. Weiter wird eine Induktivitätsänderung von Polwicklungsphasensträngen infolge Stromfluss durch die Phasenstränge ausgenutzt.

Darstellung der Erfindung

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung und ein Verfahren zu schaffen, welche eine eindeutige Bestimmung
5 der Rotorposition einer elektrischen Maschine ermöglichen.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, dies auf einfache Weise zu realisieren.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, dies unter Ausnutzung von ohnehin für den Betrieb der elektrischen
10 Maschine vorhandenen Elementen zu tun.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, eine innerhalb kurzer Zeit durchführbare eindeutige Bestimmung der Rotorposition einer elektrischen Maschine zu ermöglichen.

Mindestens eine dieser Aufgaben lösen Vorrichtungen und
15 Verfahren mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche.

Das Verfahren zum Betrieb einer elektrischen Maschine mit drei Phasen und je einem einer der Phasen zugeordneten Anschluss ist dadurch gekennzeichnet, dass zum Bestimmen
20 der Rotorposition einschliesslich Rotorpolarität im Stillstand für mindestens zwei der Phasen die folgenden Schritte ausgeführt werden:

- a) Anlegen einer gepulsten Spannung zwischen denjenigen
zwei Anschlüssen, die den anderen zwei Phasen
25 zugeordnet sind;
- b) Messen der dadurch an dem der Phase zugeordneten Anschluss induzierten Spannung;

c) Analyse des zeitlichen Verlaufs der genannten induzierten Spannung;

und dass der folgende Schritt ausgeführt wird:

d) Bestimmung der Rotorpolarität auf Basis der genannten
5 Analysen.

Es hat sich gezeigt, dass es möglich ist, mittels der genannten Analyse die im Stand der Technik bestehende Zweideutigkeit bei der Rotorpositionsbestimmung zu überwinden und eine eindeutige Rotorpositionsbestimmung zu ermöglichen. Dies, ohne Ausübung nennenswerter Kräfte auf
10 die elektrische Maschine.

Unter „elektrische Maschine“ verstehen wir elektrische Maschinen im Sinne der Elektrotechnik, also elektromechanische Wandler (Elektromotoren) und mechanisch-
15 elektrische Wandler (Generatoren).

Eine elektrische Maschine weist einen Stator und einen Rotor auf, die relativ zueinander rotierbar sind. Der Stator erzeugt ein sich änderndes Magnetfeld ohne dass er sich dafür bewegen müsste und weist dafür Spulen auf, die
20 die Phasen verkörpern. Der Rotor erzeugt ein Magnetfeld, dessen Ausrichtung starr an seine mechanische/physische Ausrichtung gekoppelt ist.

Die genannten Anschlüsse sind Anschlüsse der Spulen des Stators. Es ist eine sternförmige oder auch eine
25 dreieckförmige Verschaltung der Spulen möglich. Es ist aus der Lehre bekannt, dass die Topologie der sternförmigen Verschaltung durch Transformation der sie beschreibenden mathematischen Gleichungen in die Topologie der

dreieckförmige Verschaltung überführt werden kann. Jedem der drei Anschlüsse kann, unabhängig von der Verschaltung, eine Phase bzw. die entsprechende Spule zugeordnet werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass - sternförmige

5 Verschaltung vorausgesetzt - keine Messungen am Sternpunkt notwendig sind, um die eindeutige Rotorpositionsbestimmung zu ermöglichen; ebensowenig ist ein Anlegen eines Potentials am Sternpunkt dafür notwendig. Dadurch ist das Verfahren wenig aufwendig.

10 Mit Stillstand ist ein Stillstand von Rotor gegenüber Stator gemeint, der zumindest in praktischer Hinsicht als Stillstand angesehen werden kann.

In einer Ausführungsform ist die elektrische Maschine eine kontrolliert kommutierte Maschine, auch als gesteuert

15 kommutierte Maschine bekannt.

In einer Ausführungsform ist die elektrische Maschine eine block-kommutierte elektrische Maschine.

In einer Ausführungsform ist die elektrische Maschine eine sinus-kommutierte elektrische Maschine. Dabei kann die

20 Sinus-Kommutierung durch Pulsweitenmodulation (PWM) oder auf andere Weise erzeugt sein.

In einer Ausführungsform ist die elektrische Maschine eine Synchronmaschine.

In einer Ausführungsform ist die elektrische Maschine eine
25 permanenterregte Maschine.

In einer Ausführungsform ist die elektrische Maschine eine dynamisch erregte Maschine.

In einer Ausführungsform wird in Schritt c) ein Mass für die Abweichung des zeitlichen Verlaufs der induzierten Spannung gegenüber dem zeitlichen Verlauf der gepulsten Spannung bestimmt, insbesondere ein Mass für die Abweichung
5 der Steigungen von induzierter Spannung gegenüber gepulster Spannung.

In einer Ausführungsform ist das genannte Mass eine zu der Abweichung proportionale Grösse.

In einer Ausführungsform wird das Mass unter Durchführung
10 mindestens einer Mittelung bestimmt.

In einer Ausführungsform wird das Mass unter Durchführung mindestens einer Näherung bestimmt.

In einer Ausführungsform wird das Mass punktuell bestimmt.

In einer Ausführungsform ist das Mass ein Mass für den
15 Quotienten aus induzierter Spannung und gepulster Spannung.

In einer Ausführungsform weist die gepulste Spannung mindestens einen Abschnitt im wesentlichen konstanter Spannung auf, und in Schritt c) wird ein Mass für die Steigung der induzierten Spannung während des mindestens
20 einen Abschnitts im wesentlichen konstanter Spannung bestimmt.

In einer Ausführungsform verschwindet das Spannungs-Zeit-Integral der gepulsten Spannung im wesentlichen.

In einer Ausführungsform erfährt die gepulste Spannung
25 mindestens einmal eine Polaritätsänderung (Spannungsvorzeichenumkehr).

In einer Ausführungsform ist die gepulste Spannung periodisch, und das Spannungs-Zeit-Integral ist über jede Periode im wesentlichen null.

Dadurch ist es möglich, die aufgrund der angelegten
5 gepulsten Spannung fliessenden Ströme klein zu halten.

In einer Ausführungsform ist die gepulste Spannung ein Rechteck- oder ein Pulsweitenmodulations-Signal.

Derartige gepulste Spannungen sind einfach zu erzeugen, insbesondere oft mit ohnehin zum Betrieb der elektrischen
10 Maschine vorhandenen Mitteln.

In einer Ausführungsform ist die gepulste Spannung ein symmetrisches Rechteck (Pulsweitenverhältnis 50%/50%).

In einer Ausführungsform beginnt das Rechteck- oder Pulsweitenmodulations-Signal mit einem ersten Zustand
15 während eines ersten Zeitabschnittes, worauf ein zweiter, von dem ersten Zustand verschiedener Zustand während eines zweiten Zeitabschnittes folgt, wobei das Zeitintegral über die gepulste Spannung über den ersten und den zweiten Zeitabschnitt im wesentlichen genau entgegengesetzt gleich
20 gross ist wie das Zeitintegral über die gepulste Spannung über den ersten Zeitabschnitt. Somit hat das Zeitintegral über die gepulste Spannung über den zweiten Zeitabschnitt im wesentlichen den negativen doppelten Wert des
25 Zeitabschnittes.

Die zwei Zustände eines Rechteck- oder Pulsweitenmodulations-Signals werden auch als Puls und Pause bezeichnet, sind also durch maximale Spannung bzw.

minimale Spannung gekennzeichnet. Zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zuständen ändert sich die Spannung; typischerweise ändert sie insbesondere das Vorzeichen.

In einer Ausführungsform verschwindet das Spannungs-Zeit-Integral über die Gesamtdauer der gepulsten Spannung.
5 Dadurch ist es möglich, zu erreichen, dass das Zeitintegral des aufgrund der gepulsten Spannung fliessenden Stromes im wesentlichen null ist.

In einer Ausführungsform endet die gepulste Spannung mit
10 einem dritten Zustand während eines dritten Zeitabschnittes, wobei das Zeitintegral über die gepulste Spannung über den dritten Zeitabschnitt im wesentlichen genau gleich gross oder im wesentlichen genau entgegengesetzt gleich gross ist wie das Zeitintegral über
15 die gepulste Spannung über den ersten Zeitabschnitt.

In einer Ausführungsform folgen auf den zweiten Zustand noch N weitere Zustände ($N \geq 1$), jeweils mit im wesentlichen entgegengesetzt gleich grossem Spannungs-Zeit-Integral wie der jeweils vorhergehende Zustand über den
20 jeweiligen Zeitabschnitt.

In einer Ausführungsform wird die gepulste Spannung symmetrisch zwischen den zwei Anschlüssen angelegt, und die gepulste Spannung ist ein Rechteck- oder Pulsweitenmodulations-Signal, das mit einem ersten Zustand
25 von einer ersten Zeitdauer beginnt, worauf ein zweiter, von dem ersten Zustand verschiedener Zustand von einer zweiten Zeitdauer folgt, wobei die zweite Zeitdauer doppelt so lang ist wie die erste Zeitdauer. Durch die längere Zeitdauer können genauere, weniger durch Rauschen verfälschte

Messwerte für die induzierte Spannung gewonnen werden.
Weiter ist es möglich, einen Wert (bspw. einen Mittelwert)
aus der ersten Hälfte der zweiten Zeitdauer mit einem
entsprechenden Wert aus der zweiten Hälfte der zweiten
5 Zeitdauer zu vergleichen.

In einer Ausführungsform mit der genannten symmetrischen
Beschaltung der Anschlüsse endet das Pulsweitenmodulations-
Signal mit einem Zustand von der ersten Zeitdauer, welcher
auf einen von diesem Zustand verschiedenen Zustand von
10 einer zweiten Zeitdauer folgt, wobei die zweite Zeitdauer
doppelt so lang ist wie die erste Zeitdauer.

Der Endzustand ist der erste Zustand, oder der Endzustand
ist der zweite Zustand (und der Zustand davor entsprechend
der andere).

15 In einer Ausführungsform wird zum Bestimmen der
Rotorposition einschliesslich der Rotorpolarität im
Stillstand für die mindestens zwei Phasen der folgenden
Schritt ausgeführt:

e) Bestimmung einer Spannungsdifferenz aus der genannten
20 induzierten Spannung;

und der folgende Schritt wird ausgeführt:

f) Bestimmung der Rotorposition (ϕ) auf Basis der
genannten Spannungsdifferenzen.

Es wird darauf hingewiesen, dass ohne Durchführung des
25 Schrittes d) die Rotorposition nicht eindeutig (sondern
zweideutig) bestimmt wäre.

Es wird darauf hingewiesen, dass die oben beschriebenen
möglichen Ausbildungen der gepulsten Spannung auch

verwendet werden können, ohne dass die Rotorpolarität bestimmt wird, also bspw. für eine nicht-eindeutige (zweideutige) Bestimmung der Rotorposition durch die genannten Spannungsdifferenzen. Ein entsprechendes

- 5 Verfahren zum Bestimmen der Rotorposition im Stillstand einer elektrischen Maschine mit drei Phasen (A,B,C) und je einem einer der Phasen (A,B,C) zugeordneten Anschluss ist durch das Durchführen der Schritte a), b) und e) für mindestens zwei der Phasen sowie durch das Durchführen des
- 10 Schrittes f) gekennzeichnet, wobei die gepulste Spannung eine der oben beschriebenen ist. Dadurch kann das Zeitintegral des aufgrund der gepulsten Spannung fließenden Stroms verschwindend klein gehalten werden.

- In einer Ausführungsform beinhaltet Schritt f) einen
- 15 Vergleich mit vorgegebenen Werten für die Spannungsdifferenzen.

In einer Ausführungsform beinhaltet Schritt d) einen Vergleich mit vorgegebenen Werten.

- In einer Ausführungsform sind solche vorgegebenen Werte aus
- 20 einem Modell gewonnen.

In einer Ausführungsform sind solche vorgegebenen Werte aus vorgängig durchgeführten Messungen gewonnen.

- In einer Ausführungsform werden die Schritte für alle drei Phasen durchgeführt. Dies erhöht die Genauigkeit und
- 25 erlaubt aus Redundanzgründen eine Überprüfung, die zu genaueren und sichereren Ergebnissen führt.

Die Vorrichtung zum Bestimmen einer Rotorposition einschliesslich Rotorpolarität im Stillstand einer

elektrischen Maschine mit drei Phasen und je einem einer der Phasen zugeordneten Anschluss weist auf:

- eine Spannungsquelle zum Erzeugen einer gepulsten Spannung;
 - 5 — eine Spannungsmessvorrichtung zum Messen elektrischer Spannungen;
 - eine Beschaltungsanordnung zum Beschalten der drei Anschlüsse wahlweise mit der Spannungsquelle oder mit der Spannungsmessvorrichtung;
- 10 Dabei ist die Vorrichtung derart ausgelegt, dass mindestens zwei verschiedene Paare der Anschlüsse nacheinander mit der gepulsten Spannung beaufschlagbar sind und mittels der Spannungsmessvorrichtung eine dadurch an dem jeweils dritten Anschluss auftretende induzierte Spannung messbar
- 15 ist. Weiter weist die Vorrichtung auf:
- eine Analyseeinheit zur Analyse des zeitlichen Verlaufs der mittels der Spannungsmessvorrichtung gemessenen induzierten Spannungen; und
 - eine Auswerteeinheit zur Bestimmung der Rotorpolarität
- 20 auf Basis von mindestens zwei der genannten Analysen.

Die Spannungsquelle ist als eine Energiequelle zu verstehen, die eine elektrische Spannung liefern kann.

In einer Ausführungsform ist die Spannungsquelle eine Gleichspannungsquelle, also eine Energiequelle, die eine im

25 wesentlichen konstante elektrische Spannung liefern kann, z.B. eine Batterie.

In einer Ausführungsform ist die Spannungsquelle diejenige Spannungsquelle, die auch zum normalen Betreiben der elektrischen Maschine vorgesehen ist. Dadurch kann die Vorrichtung besonders klein sein und kann besonders einfach
5 und kostengünstig hergestellt werden.

In einer Ausführungsform ist die Analyseeinheit zur Bestimmung eines Masses für die Abweichung des zeitlichen Verlaufs der induzierten Spannung gegenüber dem zeitlichen Verlauf der gepulsten Spannung vorgesehen.

10 In einer Ausführungsform ist die Analyseeinheit auch für die Bestimmung einer Spannungsdifferenz aus der genannten induzierten Spannung vorgesehen, und die Auswerteeinheit ist auch zur Bestimmung der Rotorposition auf Basis der genannten Spannungsdifferenzen vorgesehen.

15 Wie auch die anderen der zuvor oder später beschriebenen funktionalen Komponenten können auch die Analyseeinheit und/oder die Auswerteeinheit in separate, miteinander wirkverbundene Einheiten aufgeteilt sein oder ganz oder teilweise zu einer Einheit zusammengefasst sein.

20 In einer Ausführungsform weist die Vorrichtung eine Speichereinheit auf, und zwar zur Speicherung von Vergleichswerten für die genannten Spannungsdifferenzen und/oder Vergleichswerten für Analyseergebnisse der genannten zeitlichen Verläufe der genannten induzierten
25 Spannungen.

Die Erfindung umfasst weiter Vorrichtungen mit Merkmalen, die den Merkmalen von beschriebenen Verfahren entsprechen und umgekehrt.

Die Anordnung gemäss der Erfindung beinhaltet eine elektrische Maschine mit drei Phasen und je einem einer der Phasen zugeordneten Anschluss, und sie ist dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Vorrichtung gemäss der
5 Erfindung aufweist.

Es wird darauf hingewiesen, dass die oben beschriebenen Ausführungsvarianten jeweils mit einer oder mehreren der anderen beschriebenen Ausführungsvarianten kombiniert werden können.

10 Weitere Ausführungsformen und Vorteile gehen aus den abhängigen Patentansprüchen und den Figuren hervor.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

15

Im folgenden wird der Erfindungsgegenstand anhand von Ausführungsbeispielen und den beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen schematisch:

- Fig. 1 ein vereinfachtes Blockschaltbild einer
20 erfindungsgemässen Anordnung;
- Fig. 2 eine Skizze zur Erläuterung einer
permanenterregten Synchronmaschine;
- Fig. 3 ein vereinfachtes Blockschaltbild für die
Beschaltung für ein Phasenpaar;
- 25 Fig. 4 ein Spannungs-Zeit-Diagramm einer gepulsten
Spannung;

- Fig. 5 ein Spannungs-Zeit-Diagramm von durch die gepulste Spannung aus Fig. 4 induzierten Spannungen;
- Fig. 6 ein Strom-Zeit-Diagramm der aufgrund der gepulsten Spannung aus Fig. 4 fliessenden Ströme;
- Fig. 7 ein Spannungs-Zeit-Diagramm einer gepulsten Spannung und das entsprechende Strom-Zeit-Diagramm;
- Fig. 8 ein Spannungs-Zeit-Diagramm der durch die gepulste Spannung aus Fig. 7 induzierten Spannung;
- Fig. 9 ein Spannungs-Zeit-Diagramm der durch die gepulste Spannung aus Fig. 7 induzierten Spannung;
- Fig. 10 ein Spannungs-Zeit-Diagramm einer asymmetrisch angelegten gepulsten Spannung;
- Fig. 11 ein Strom-Zeit-Diagramm des aufgrund der gepulsten Spannung aus Fig. 10 fliessenden Stroms;
- Fig. 12 ein Diagramm von Kurvenverläufen in Abhängigkeit der Rotorposition.

Die in den Zeichnungen verwendeten Bezugszeichen und deren Bedeutung sind in der Bezugszeichenliste zusammengefasst aufgelistet. Für das Verständnis der Erfindung nicht wesentliche Teile sind zum Teil nicht dargestellt. Die beschriebenen Ausführungsbeispiele stehen beispielhaft für den Erfindungsgegenstand und haben keine beschränkende Wirkung.

Wege zur Ausführung der Erfindung

5 Fig. 1 zeigt ein vereinfachtes schematisiertes
Blockschaltbild einer erfindungsgemässen Anordnung 40.
Diese umfasst eine elektrische Maschine 32, beispielsweise
eine bürstenlose Gleichstrommaschine (BLDC) sowie eine
10 Vorrichtung 44 gemäss der Erfindung. Die elektrische
Maschine 32 ist dreiphasig mit Phasen A,B,C, die jeweils
durch eine Spule verkörpert werden. Der Rotor der
Maschine 32 ist in Fig. 1 durch einen Pfeil mit Nord- und
Südpol (N;S) versinnbildlicht und hat eine durch den
Winkel φ gegebene Ausrichtung, die auch als Rotorposition
15 bezeichnet wird. Der Winkel φ kann Werte von 0° bis 360°
annehmen. Mit bekannten Methoden ist φ nicht eindeutig,
sondern nur zweideutig bestimmbar, das heisst, die
Rotorpolarität, die eine eindeutige Zuordnung von Nord- und
Südpol ermöglicht, ist unbekannt. Mittels der dargestellten
20 Vorrichtung und des im weiteren beschriebenen Verfahrens
ist die Rotorpolarität bestimmbar.

Die Vorrichtung 44 beinhaltet eine Spannungsquelle 30,
beispielsweise eine Gleichspannungsquelle wie eine
Batterie, eine Beschaltungsanordnung 31, eine
25 Spannungsmessvorrichtung 33, beispielsweise ein Voltmeter,
eine Analyseeinheit 34, eine Auswerteeinheit 35 sowie eine
Speichereinheit 17.

Mittels der Vorrichtung 44 kann nicht nur die Rotorposition φ im Stillstand bestimmt werden, sondern auch die Maschine 32 hochgefahren und im normalen Betriebsmodus betrieben werden, also die Kommutierung gesteuert werden.

5 Die Funktionsweise der Vorrichtung 44 und der Anordnung 40 wird im weiteren klar werden.

Fig. 2 zeigt eine schematische Skizze zur Erläuterung einer permanenterregten Synchronmaschine. Die drei Phasen bzw. ihre Spulen sind mit A, B, C gekennzeichnet. Jede Phase hat
10 je zwei Ein-/Ausgänge 2 (bei Phase A angezeigt). In der in Fig. 2 dargestellten sternförmigen Verschaltung der Phasen ist jeweils ein Ein-/Ausgang 2 jeder Phase in einem Sternpunkt 3 zusammengeführt, und die übrigen drei Anschlüsse sind nach aussen geführt und können zur
15 Kommutierung mit Spannungen beaufschlagt werden. Wenn in einer Maschine gemäss Fig. 2 zwischen den als schwarzen Kreisen dargestellten Punkten eine Spannung angelegt wird (im folgenden als U_{AB} bezeichnet), so fliesst der angezeigte Strom I_{AB} . In Fig. 2 sind die Permanentmagnete
20 der dargestellten Synchronmaschine nicht dargestellt.

Dadurch wird in Phase C eine Spannung U_i (im folgenden U_c) induziert. Bei geeigneter Wahl der angelegten Spannung U_{AB} und entsprechender Auswertung kann aus U_i Information über die Rotorposition einschliesslich Rotorpolarität gewonnen
25 werden. Dazu müssen aber zumindest zwei verschiedene Paare von Phasen nacheinander entsprechend beschaltet werden und an dem jeweils verbleibenden (freien) dritten Anschluss die induzierte Spannung U_i gemessen und ausgewertet werden. Im Falle von dynamisch erregten Maschinen ist beim Durchführen

der Messungen im allgemeinen eine Spannung anzulegen, um ein definiertes Magnetfeld zu erzeugen, wohingegen anderenfalls keine definierte Rotorposition existiert.

Fig. 3 zeigt ein vereinfachtes Blockschaltbild für die Beschaltung für ein Phasenpaar, nämlich A,B. In Fig. 3 ist die Spannungsquelle 30 symmetrisch verschaltet.

Die Beschaltungsanordnung 31 dient dazu, nacheinander die jeweils notwendigen Verbindungen zwischen den Phasen A,B,C bzw. deren Anschlüssen einerseits und der Spannungsquelle 30 und der Spannungsmessvorrichtung 33 andererseits zu erstellen.

Fig. 4 zeigt ein Spannungs-Zeit-Diagramm einer gepulsten Spannung U_p . Im ersten Zyklus ist U_p an die Phasen A und B angelegt und somit als U_{AB} bezeichnet, im zweiten Zyklus ist U_p an die Phasen B und C angelegt und somit als U_{BC} bezeichnet, und im dritten Zyklus ist U_p an die Phasen C und A angelegt und somit als U_{CA} bezeichnet. Die dargestellte Spannung U_p ist ein Rechteck-Signal; wie üblich bei Rechteck- und Pulsweitenmodulations-(PWM) Signalen ist der Zeitabschnitt maximaler Spannung als „Puls“ bezeichnet, und der Zeitabschnitt minimaler Spannung (null oder, wie in Fig. 4, negativ) als „Pause“ bezeichnet. Ein Zyklus besteht aus einem Puls und einer darauffolgenden Pause.

Fig. 5 zeigt schematisiert ein Spannungs-Zeit-Diagramm von durch die gepulste Spannung U_p aus Fig. 4 induzierten Spannungen U_i ; die induzierten Spannungen sind mittels Spannungsmessvorrichtung 33 am jeweils freien Anschluss gemessen und entsprechend als U_C , U_A , U_B bezeichnet.

Jeweils beim Umpolen (Wechsel zwischen Puls und Pause) entstehen Spannungsschwankungen, die in Fig. 5 auch versinnbildlicht sind.

Aus einer Bestimmung der Spannungsdifferenzen $\Delta U_A, \Delta U_B, \Delta U_C$

5 lässt sich die Rotorposition ϕ bis auf die Rotorpolarität bestimmen, zum Beispiel durch Vergleich mit Daten, wie sie in Fig. 12 dargestellt sind.

In Fig. 12 sind beispielhafte leicht schematisierte Kurvenverläufe für die Spannungsdifferenzen $\Delta U_A, \Delta U_B, \Delta U_C$ in

10 Abhängigkeit der Rotorposition ϕ dargestellt. Wie man sieht, wiederholen sich die Kurven für $\Delta U_A, \Delta U_B$ und ΔU_C nach 180° , so dass die Rotorpolarität unbekannt bleibt. Die in Fig. 12 dargestellten Kurven können durch entsprechende Messungen an der elektrischen Maschine gewonnen werden oder
15 auch durch Modellierungen. Weiter ist aus Fig. 12 ersichtlich, dass für die Bestimmung der Rotorposition ϕ bis auf die Rotorpolarität eigentlich zwei der drei Spannungsdifferenzen genügen. Das Messen aller drei führt aber zu genaueren und sichereren Ergebnissen (Redundanz);
20 die Summe über alle drei Spannungsdifferenzen $\Delta U_A, \Delta U_B, \Delta U_C$ ist null.

Fig. 6 zeigt ein schematisiertes Strom-Zeit-Diagramm der aufgrund der gepulsten Spannung aus Fig. 4 fließenden Ströme I_{AB}, I_{BC}, I_{CA} . Nach jedem Zyklus ist der Strom wieder
25 null. Aber das Zeitintegral über den Strom nimmt mit der Zeit zu. Somit gibt es einen nicht-verschwindenden mittleren Strom, der zu einer gerichteten Kraftwirkung führt, was vorteilhaft vermieden würde.

Fig. 7 zeigt ein Spannungs-Zeit-Diagramm einer gepulsten Spannung U_{AB} , die an den Anschlüssen der Phasen A und B anliegt, sowie das entsprechende Strom-Zeit-Diagramm für I_{AB} . Aus Symmetriegründen verhält es sich bei anderer
5 Beschaltung der Phasen völlig analog. Durch Wahl dieser speziellen Kurvenform, bei der nach jedem Zyklus die Polarität umgekehrt wird, kann das Strom-Zeit-Integral klein gehalten werden, wobei es sogar periodisch nach zwei
10 Zyklen verschwindet (siehe die mit offenem Pfeil gekennzeichneten Zeitpunkte). Als „Zyklus“ wird hier der aus Fig. 4 bekannte Zyklus beibehalten. An den mit offenem Pfeil gekennzeichneten Zeitpunkten ist es besonders vorteilhaft, die gepulste Spannung U_p enden zu lassen; selbstverständlich kann das Signal auch verlängert werden,
15 vorteilhaft um ein Vielfaches von zwei Zyklen.

Fig. 8 zeigt schematisiert ein Spannungs-Zeit-Diagramm der durch die gepulste Spannung aus Fig. 7 induzierten Spannung U_c sowie nochmals das in Fig. 7 dargestellt Strom-Zeit-Diagramm.

20 Fig. 8 zeigt in stark übertriebener Weise eine sehr wichtige Eigenschaft der induzierten Spannung U_c , die in Fig. 5 nicht zu erkennen ist: Während der Zeitdauer konstanter Spannung von U_{AB} verändert sich U_c . Und zwar hat es eine andere Steigung als die gepulste Spannung U_{AB} .

25 Fig. 9 zeigt in gleicher Weise wie Fig. 8 ein Spannungs-Zeit-Diagramm der durch die gepulste Spannung aus Fig. 7 induzierten Spannung, jedoch im Falle einer anderen Rotorposition $\phi_b \neq \phi_a$. Es gilt im dargestellten Fall etwa $\phi_a = \phi_b + 180^\circ$. In dem in Fig. 9 dargestellten Fall ist die

Steigung der induzierten Spannung U_c noch einmal anders als bei Fig. 8.

Dieser Effekt, also dass die Steigung im Spannungs-Zeit-Diagramm der induzierten Spannung U_i eine gegenüber der
5 Steigung im Spannungs-Zeit-Diagramm der gepulsten Spannung U_p geänderte Steigung ist, und dass diese Änderung von der Rotorposition ϕ abhängt, kann ausgenutzt werden, um die Rotorposition ϕ in eindeutiger Weise, also einschliesslich der Rotorpolarität, zu bestimmen.

10 Im Falle von Rechteck- oder PWM-Signalen ist die Steigungsveränderung relativ einfach zu bestimmen, da dann die Steigung der gepulsten Spannung U_p null ist (ausser beim Übergang zwischen Puls und Pause), so dass also nur die Steigung der induzierten Spannung U_i bestimmt zu werden
15 braucht. Natürlich muss auch nicht wirklich die Steigung bestimmt werden, sondern es reicht, ein Mass für die Steigung zu bestimmen.

In Figs. 8 und 9 ist die Steigung durch die gepunktet dargestellten (Steigungs-)Dreiecke symbolisiert. Aufgrund
20 der in Figs. 8 und 9 nicht dargestellten, aber in der Praxis beim Umpolen auftauchenden Störsignale (vgl. Fig. 5), empfiehlt es sich, keine Messdaten für die Bestimmung der Steigung zu verwenden, die nahe den Umpolzeitpunkten aufgenommen werden.

25 Hier wird auch ein weiterer Vorteil der in Fig. 7 dargestellten Kurvenform für die gepulste Spannung U_i klar: der Zeitraum, während der die Steigung beobachtbar ist, ist deutlich grösser als zum Beispiel bei einem 50/50-Puls wie er z.B. in Fig. 4 dargestellt ist.

Ein Mass für die Steigung lässt sich beispielsweise auf einfache Art als die differentielle Grösse δU_c (allgemeiner: δU_i) gewinnen, wie es in Fig. 8 skizziert ist. Es wird jeweils ein Mittelwert in den durch die horizontalen Pfeile gekennzeichneten Zeiträumen ermittelt, beispielsweise durch Integration, und dann wird die Differenz der so ermittelten gemittelten Spannungen als δU_c bestimmt. Dies kann selbstverständlich mehrfach geschehen, um genauere Werte zu ermitteln, beispielsweise an all den in Fig. 9 durch kleine Kreise gekennzeichneten Stellen.

Selbstverständlich können auch irgendwelche anderen gepulsten Spannungen verwendet werden; diese erfordern im allgemeinen aber eine komplexere Auswertung als Rechteck- oder PWM-Signale.

Fig. 10 zeigt schematisiert ein Beispiel für ein nicht-symmetrisch angelegtes PWM-Signal U_{AB} .

Fig. 11 zeigt das zugehörige Strom-Zeit-Diagramm für I_{AB} .

Vorteilhaft endet die gepulste Spannung U_{AB} (U_p) an einer der mit offenem Pfeil gekennzeichneten Stellen (oder einer späteren äquivalenten Stelle, falls das Signal noch länger andauert), da dort einerseits der Strom null ist und zusätzlich noch das Strom-Zeit-Integral verschwindet. Bei Beendigung des Signals an einer der mit "*" gekennzeichneten Stellen ist zumindest der fliessende Strom null. Im Prinzip könnte die gepulste Spannung zu jedem Zeitpunkt beendet werden, was im allgemeinen aber mit Messungenauigkeiten einhergeht oder zu längeren Messzeiten führt. Zur Veranschaulichung der Zeit-Integrale von U_{AB}

bzw. I_{AB} sind in den Figs. 10 und 11 die entsprechenden Flächen je nach Vorzeichen verschieden schraffiert.

Die Steigungs-Änderungs-Analyse erfolgt - unter Verweis auf Fig. 1 - mittels Analyseeinheit 34, das heisst, dort werden
5 bspw. die δU_i bestimmt. Die weitere Auswertung, die von δU_i zur Rotorpolarität führt, erfolgt in Auswerteeinheit 35.

Fig. 12 zeigt Kurvenverläufe von δU_i , also von δU_A , δU_B , δU_C , in Abhängigkeit von der Rotorposition φ . Die Kurven müssen in der Praxis nicht so sinusartig ausgebildet sein,
10 wie dies in Fig. 12 der Fall ist, aber klar ist, dass sie eine gegenüber $\Delta U_A, \Delta U_B, \Delta U_C$ verdoppelte Periode haben. Darum kann durch Bestimmung von zwei oder (aus Messgenauigkeits- und Redundanzgründen besser) drei δU_i -Werten die Rotorpolarität bestimmt werden.

15 Mit Vorteil werden δU_A , δU_B , δU_C und ΔU_A , ΔU_B , ΔU_C bestimmt (und jeweils untereinander abgeglichen) und mit vorab bestimmten Werten (aus Messungen oder Modellen) verglichen, so dass eine eindeutige Rotorpositionsbestimmung mit grosser Genauigkeit erfolgen kann.

20 Die Vergleichswerte sind in Speichereinheit 17 gespeichert (vgl. Fig. 1).

Bezüglich der Reihenfolge der Messungen, Analysen und Auswertungen sind viele Variationen möglich.

Zum Beispiel können zunächst δU_A , δU_B , δU_C bestimmt werden
25 und erst dann ΔU_A , ΔU_B , ΔU_C ; aber es ist auch möglich zunächst δU_A und ΔU_A , zum Beispiel aus dem identischen Up-Signal (beispielsweise aus denselben oder

aufeinanderfolgenden Zyklen der pulsierenden Spannung U_p), zu bestimmen, und dann δU_B und ΔU_B und schliesslich δU_C und ΔU_C .

Nach eindeutig bestimmter Rotorposition im Stillstand kann
5 die elektrische Maschine in optimaler Weise hochgefahren und dann normal betrieben werden. Es ist möglich, dafür dieselben Komponenten zu verwenden wie für der Bestimmung der Rotorposition.

Es ist bereits mit einfachen Mitteln möglich, eindeutige
10 Rotorpositionsbestimmungen mit einer Genauigkeit von besser als $\pm 5^\circ$ vorzunehmen. Diese können sehr schnell erfolgen, da ohne weiteres Frequenzen der gepulsten Spannung von ≥ 20 kHz und auch ≥ 50 kHz (entsprechend Zyklendauern von ≤ 50 μ s bzw. ≤ 20 μ s) verwendbar sind. Selbstverständlich
15 sind auch geringere Frequenzen verwendbar.

Es wird darauf hingewiesen, dass die vorgestellte Methode und die Vorrichtung und die Anordnung ohne spezifische Lagesensoren auskommen. Es werden Testsignale (U_p) verwendet und aus der Reaktion des Systems darauf die
20 Rotorposition bestimmt.

Die gepulste Spannung U_p (U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}) als Testsignal geht Hand in Hand mit einem sich ändernden Strom (I_{AB}, I_{BC}, I_{CA}), was eine Änderung des magnetischen Flusses bewirkt. Um die Änderung des Stromes (I_{AB}, I_{BC}, I_{CA}) kleinzuhalten, so dass
25 beispielsweise Überhitzung oder Beschädigung der Maschine verhindert werden können, ist die Spannung U_p eben eine in der Regel durch PWM erzeugte gepulste Spannung, die ihr Vorzeichen wechselt (Umpolen), so dass auch die magnetische Flussänderung periodisch ihre Polarität wechselt. Damit

entsteht in der jeweils freien Phase in etwa ein Abbild der gepulsten Spannung U_p in Form der induzierten Spannung U_i (U_A, U_B, U_C). U_i ist aber lagemoduliert, das heisst ist in Abhängigkeit von der Rotorposition ϕ verändert. Somit kann
5 durch eine Demodulation dieses Signals U_i die gewünschte Rotorposition - auch im Stillstand - gewonnen werden.

Die obigen Erläuterungen zu den Figuren und Vefahrensschritten beziehen sich zwar zunächst auf einen Motor, sind aber durch Analogie-Überlegungen in einfacher
10 Weise auf Generatoren übertragbar.

Teile der Ausführungsformen wurden durch funktionale Einheiten beschrieben. Diese können selbstverständlich durch eine beliebige Anzahl von Software- und/oder Hardware-Komponenten realisiert werden, die zur Ausübung
15 der angegebenen Funktionen geeignet sind. Als Beispiel sei genannt, dass als Spannungsquelle eine Batterie genommen werden kann, wobei das Schalten bzw. Umpolen zur Erzeugung der gepulsten Spannung mittels Schalterelementen erfolgen kann, die als der Beschaltungsanordnung zugeordnet
20 angesehen werden können.

Die Erfindung erlaubt es, auf rasche, genaue und kosten- und platzsparende Weise eine eindeutige Bestimmung der Rotorposition einer elektrischen Maschine vorzunehmen.

Bezugszeichenliste

	2	Ein-/Ausgang
5	3	Sternpunkt
	17	Speichereinheit, Speichereinrichtung
	30	Spannungsquelle
	31	Beschaltungsanordnung
	32	elektrische Maschine
10	33	Spannungsmessvorrichtung
	34	Analyseeinheit
	35	Auswerteeinheit
	40	Anordnung
	44	Vorrichtung
15		
	A, B, C	Phasen
	I	Strom
	I_{AB}, I_{BC}, I_{CA}	Strom
	N	magnetischer Nordpol
20	S	magnetischer Südpol
	U	Spannung
	U_i, U_A, U_B, U_C	induzierte Spannung
	$U_p, U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}$	pulsierende Spannung

$\Delta U_A, \Delta U_B, \Delta U_C$ Spannungsdifferenz

$\delta U_A, \delta U_B, \delta U_C$ Mass, differentielle Grösse

φ Rotorposition, Rotorwinkel

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Betrieb einer elektrischen Maschine (32) mit drei Phasen (A,B,C) und je einem einer der Phasen
5 (A,B,C) zugeordneten Anschluss, dadurch gekennzeichnet, dass zum Bestimmen der Rotorposition (φ) einschliesslich Rotorpolarität im Stillstand für mindestens zwei der Phasen die folgenden Schritte ausgeführt werden:

a) Anlegen einer gepulsten Spannung (U_p) zwischen
10 denjenigen zwei Anschlüssen, die den anderen zwei Phasen zugeordnet sind;

b) Messen der dadurch an dem der Phase zugeordneten Anschluss induzierten Spannung (U_i);

c) Analyse des zeitlichen Verlaufs der genannten
15 induzierten Spannung (U_i);

und dass der folgende Schritt ausgeführt wird:

d) Bestimmung der Rotorpolarität auf Basis der genannten Analysen.

20 2. Verfahren gemäss Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt c) ein Mass ($\delta U_A; \delta U_B; \delta U_C$) für die Abweichung des zeitlichen Verlaufs der induzierten Spannung (U_i) gegenüber dem zeitlichen Verlauf der gepulsten Spannung (U_p) bestimmt wird.

25 3. Verfahren gemäss Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die gepulste Spannung (U_p) mindestens

einen Abschnitt im wesentlichen konstanter Spannung aufweist, und dass in Schritt c) ein Mass ($\delta U_A; \delta U_B; \delta U_C$) für die Steigung der induzierten Spannung (U_i) während des mindestens einen Abschnitts im wesentlichen konstanter Spannung bestimmt wird.

4. Verfahren gemäss einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Spannungs-Zeit-Integral der gepulsten Spannung (U_p) im wesentlichen verschwindet.

5. Verfahren gemäss einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die gepulste Spannung (U_p) ein Rechteck- oder ein Pulsweitenmodulations-Signal ist.

6. Verfahren gemäss einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Rechteck- oder Pulsweitenmodulations-Signal mit einem ersten Zustand während eines ersten Zeitabschnittes beginnt, worauf ein zweiter, von dem ersten Zustand verschiedener Zustand während eines zweiten Zeitabschnittes folgt, wobei das Zeitintegral über die gepulste Spannung (U_p) über den ersten und den zweiten Zeitabschnitt im wesentlichen genau entgegengesetzt gleich gross ist wie das Zeitintegral über die gepulste Spannung (U_p) über den ersten Zeitabschnitt.

7. Verfahren gemäss Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die gepulste Spannung (U_p) mit einem dritten Zustand während eines dritten Zeitabschnittes endet, wobei das

Zeitintegral über die gepulste Spannung (U_p) über den
dritten Zeitabschnitt im wesentlichen genau gleich gross
oder im wesentlichen genau entgegengesetzt gleich gross ist
wie das Zeitintegral über die gepulste Spannung (U_p) über
5 den ersten Zeitabschnitt.

8. Verfahren gemäss einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass zum Bestimmen der
Rotorposition (φ) einschliesslich der Rotorpolarität im
10 Stillstand für die mindestens zwei Phasen der folgenden
Schritt ausgeführt wird:

e) Bestimmung einer Spannungsdifferenz ($\Delta U_A; \Delta U_B; \Delta U_C$) aus
der genannten induzierten Spannung (U_i);

und dass der folgende Schritt ausgeführt wird:

15 f) Bestimmung der Rotorposition (φ) auf Basis der
genannten Spannungsdifferenzen ($\Delta U_A; \Delta U_B; \Delta U_C$).

9. Verfahren gemäss einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass Schritt d) einen Vergleich mit
20 vorgegebenen Werten beinhaltet.

10. Verfahren gemäss einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Schritte für alle drei
Phasen (A,B,C) durchgeführt werden.

11. Vorrichtung (44) zum Bestimmen einer Rotorposition (φ) einschliesslich Rotorpolarität im Stillstand einer elektrischen Maschine (32) mit drei Phasen (A,B,C) und je einem einer der Phasen (A,B,C) zugeordneten Anschluss,

5 wobei die Vorrichtung aufweist:

- eine Spannungsquelle (30) zum Erzeugen einer gepulsten Spannung (U_p);
- eine Spannungsmessvorrichtung (33) zum Messen elektrischer Spannungen (U);

10 — eine Beschaltungsanordnung (31) zum Beschalten der drei Anschlüsse wahlweise mit der Spannungsquelle (30) oder mit der Spannungsmessvorrichtung (33);

wobei die Vorrichtung (44) derart ausgelegt ist, dass mindestens zwei verschiedene Paare der Anschlüsse

15 nacheinander mit der gepulsten Spannung (U_p) beaufschlagbar sind und mittels der Spannungsmessvorrichtung (33) eine dadurch an dem jeweils dritten Anschluss auftretende induzierte Spannung (U_i) messbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung aufweist:

- 20 — eine Analyseeinheit (34) zur Analyse des zeitlichen Verlaufs der mittels der Spannungsmessvorrichtung (33) gemessenen induzierten Spannungen (U_i); und
 - eine Auswerteeinheit (35) zur Bestimmung der Rotorpolarität auf Basis von mindestens zwei der
- 25 genannten Analysen.

12. Vorrichtung (44) gemäss Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannungsquelle (30) diejenige Spannungsquelle (30) ist, die auch zum normalen Betreiben der elektrischen Maschine (32) vorgesehen ist.

5

13. Vorrichtung (44) gemäss Anspruch 11 oder Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Analyseeinheit (34) zur Bestimmung eines Masses ($\delta U_A; \delta U_B; \delta U_C$) für die Abweichung des zeitlichen Verlaufs der induzierten Spannung (U_i) gegenüber dem zeitlichen Verlauf der gepulsten Spannung (U_p) vorgesehen ist.

10

14. Vorrichtung (44) gemäss einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Analyseeinheit (34) auch für die Bestimmung einer Spannungsdifferenz ($\Delta U_A; \Delta U_B; \Delta U_C$) aus der genannten induzierten Spannung (U_i) vorgesehen ist, und dass die Auswerteeinheit (35) auch zur Bestimmung der Rotorposition (φ) auf Basis der genannten Spannungsdifferenzen ($\Delta U_A, \Delta U_B, \Delta U_C$) vorgesehen ist.

15

20

15. Vorrichtung (44) gemäss einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Speichereinheit (17) aufweist, zur Speicherung von Vergleichswerten für die genannten Spannungsdifferenzen ($\Delta U_A; \Delta U_B; \Delta U_C$) und/oder Vergleichswerten für Analyseergebnisse der genannten zeitlichen Verläufe der genannten induzierten Spannungen (U_i).

25

16. Anordnung (40), aufweisend eine elektrischen
Maschine (32) mit drei Phasen (A,B,C) und je einem einer
der Phasen (A,B,C) zugeordneten Anschluss, dadurch
5 gekennzeichnet, dass sie eine Vorrichtung (44) gemäss einem
der Ansprüche 11 bis 15 aufweist.

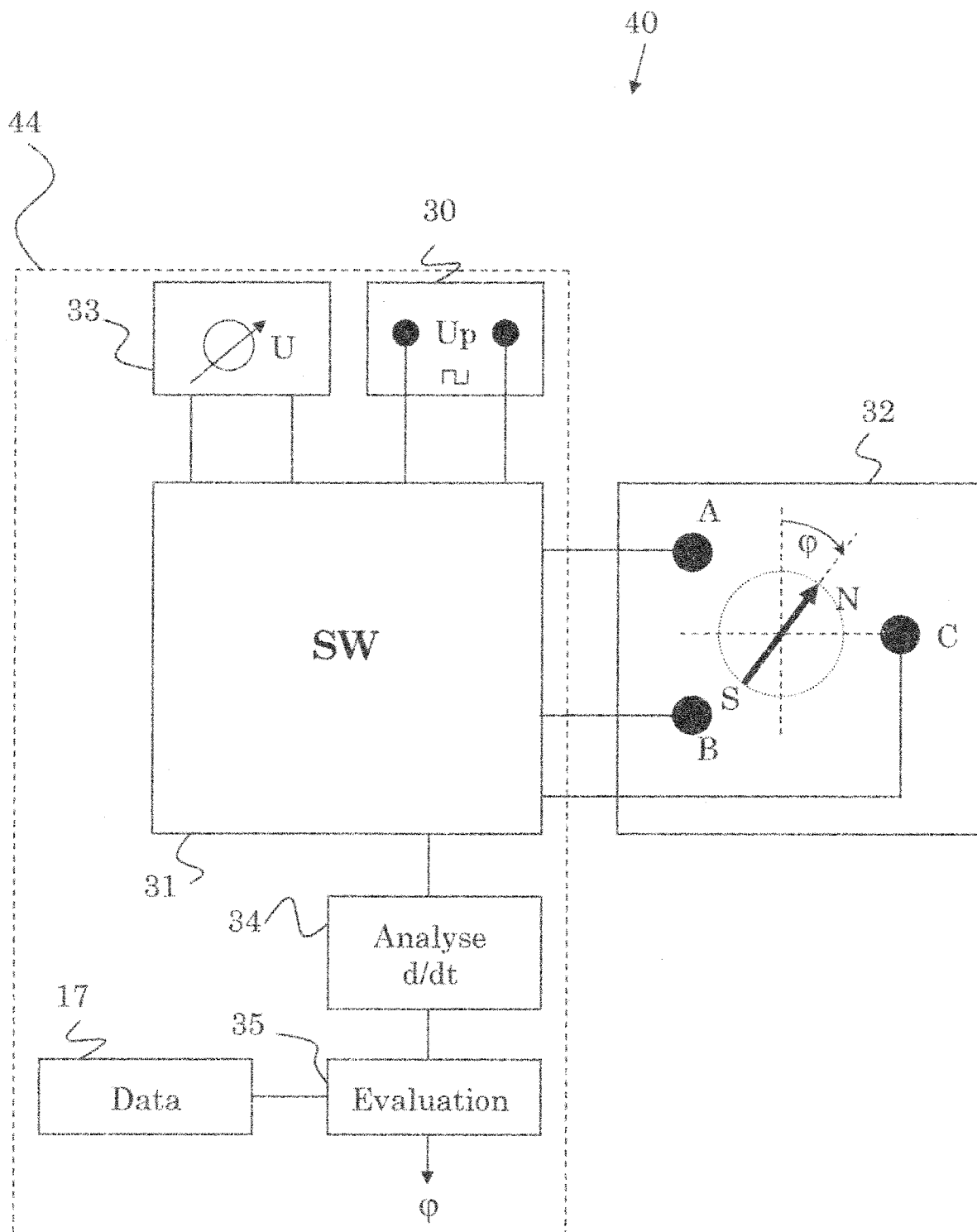


Fig. 1

2 / 6

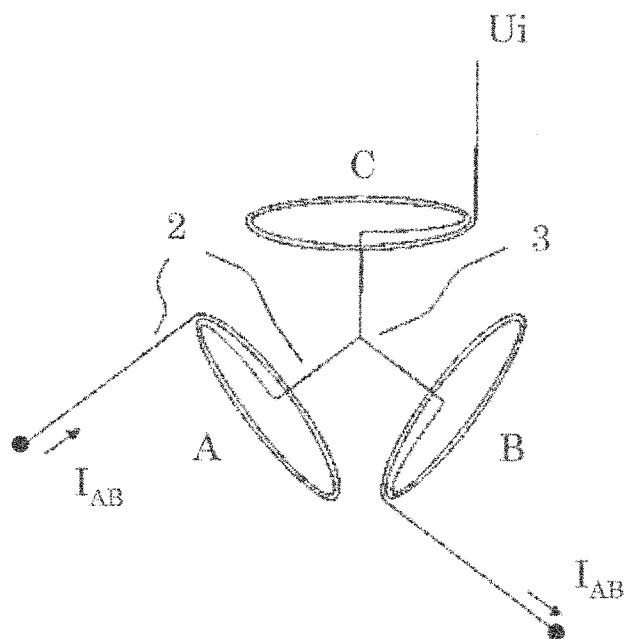


Fig. 2

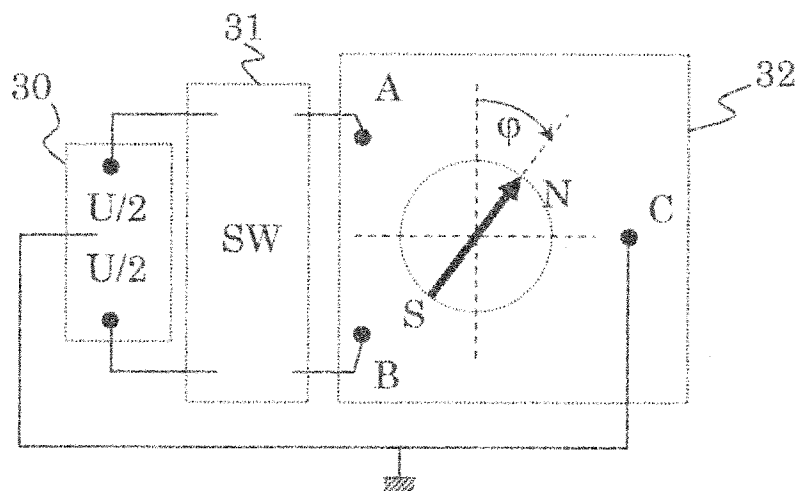


Fig. 3

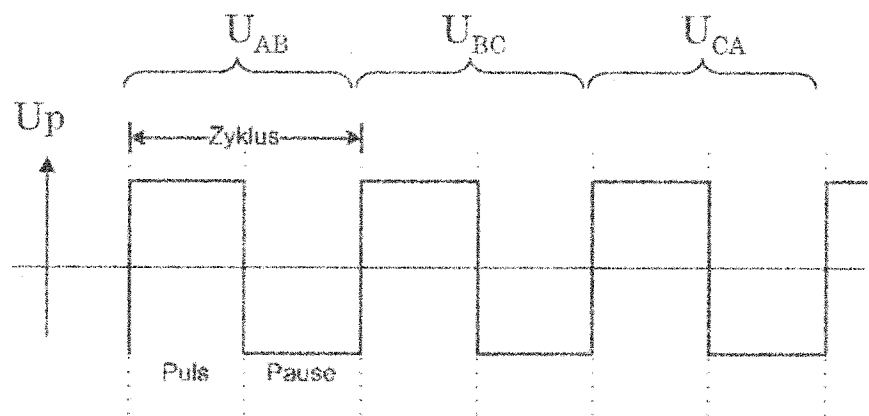


Fig. 4

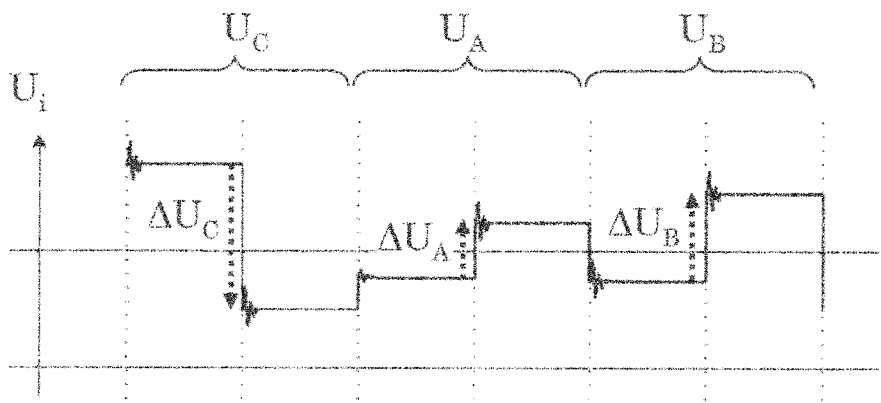


Fig. 5

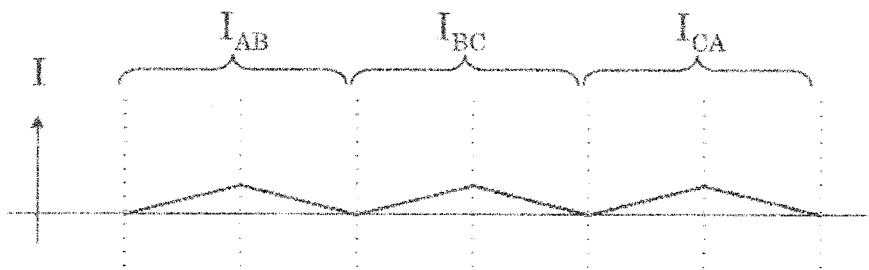


Fig. 6

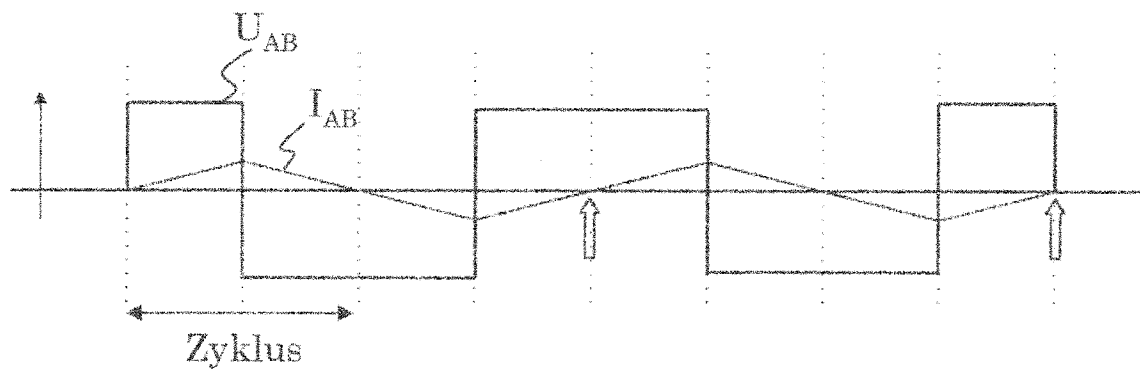


Fig. 7

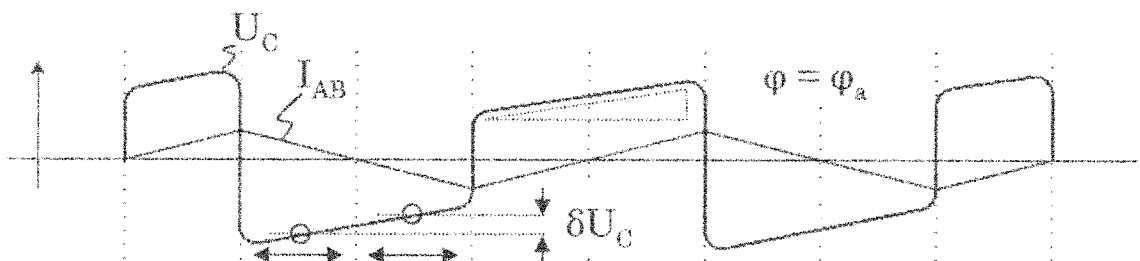


Fig. 8

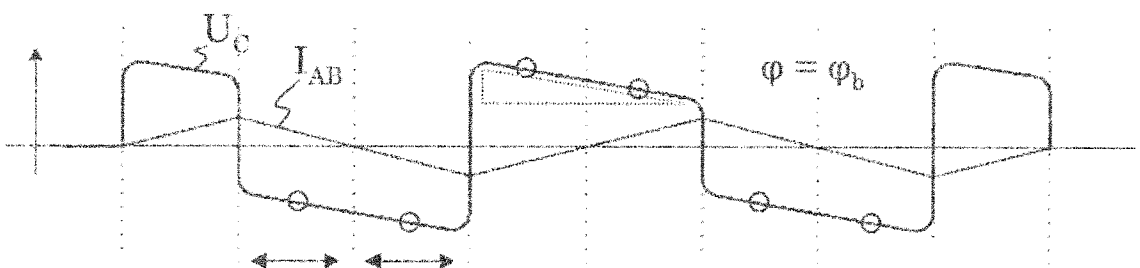


Fig. 9

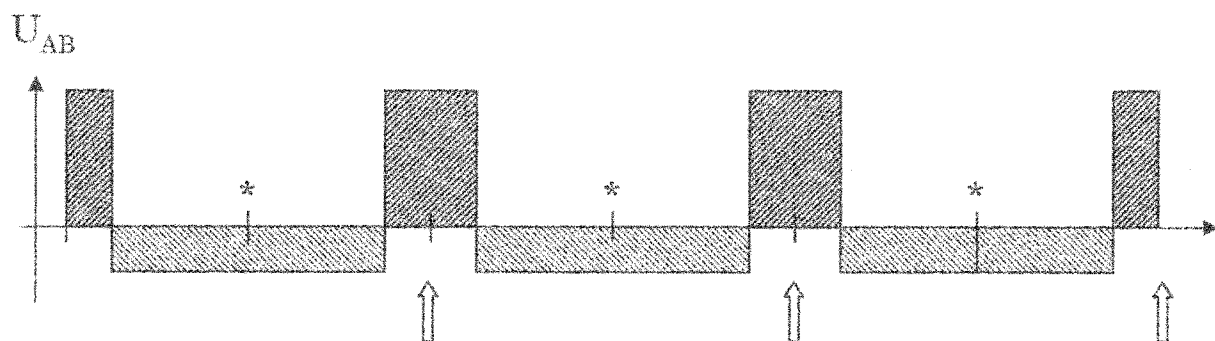


Fig. 10

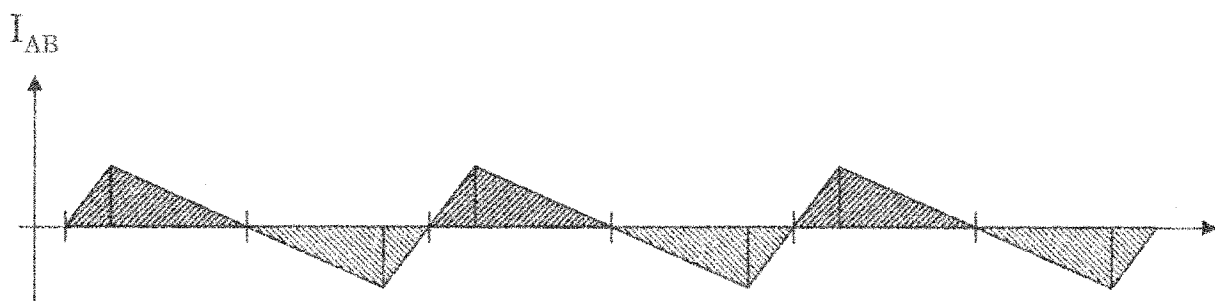


Fig. 11

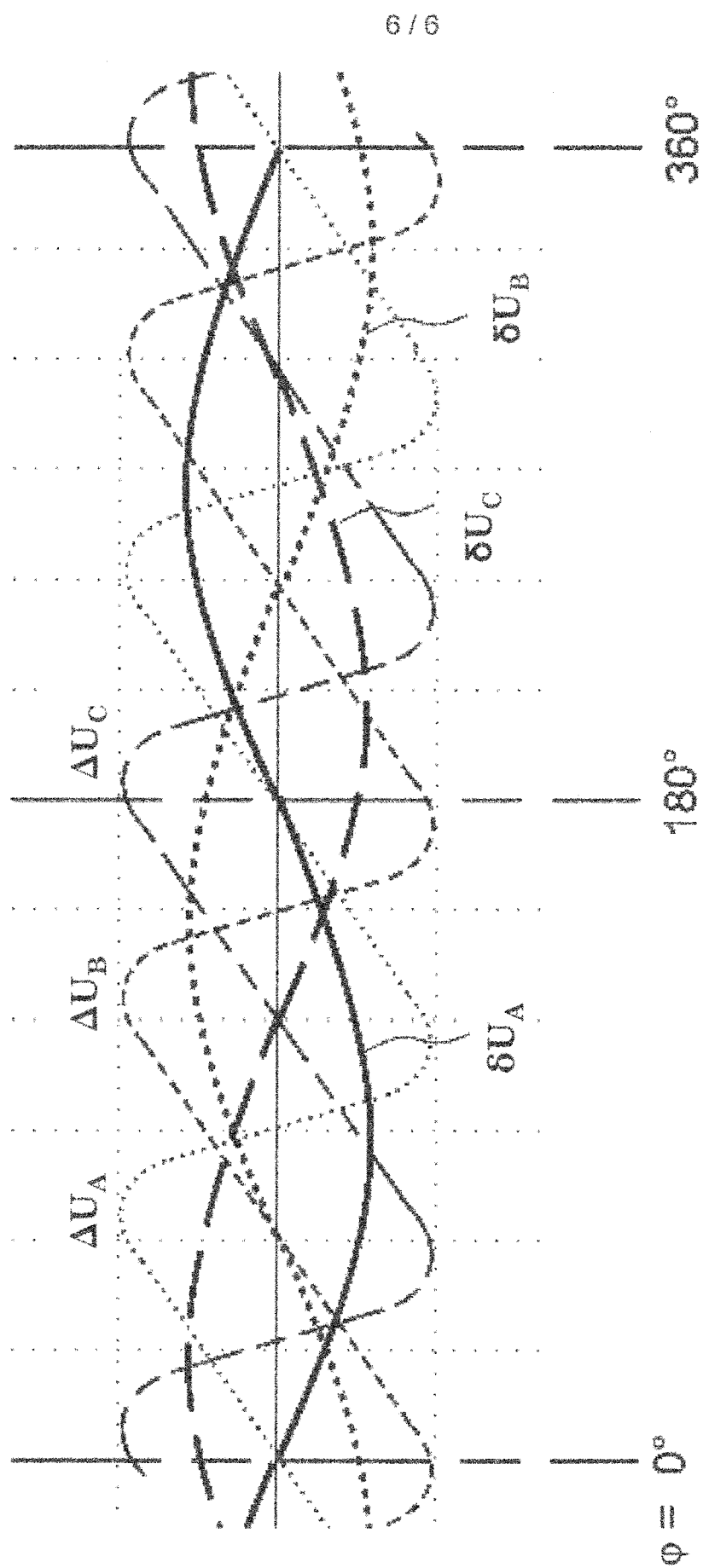


Fig. 12