



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH** **719 046 A9**

(51) Int. Cl.: **H02P 23/14** (2006.01)  
**H02P 9/30** (2006.01)  
**H02P 27/05** (2006.01)

**Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

(15) Korrekturinformation:  
**Korrigierte Fassung Nr. 1**  
**Gesamtes Dokument**

(21) Anmeldenummer: 070369/2021

(22) Anmeldedatum: 08.10.2021

(43) Anmeldung veröffentlicht: 14.04.2023

(48) Berichtigung veröffentlicht: 30.06.2023

(71) Anmelder:  
ROTOSI GmbH c/o Ewa Augustyniak, Alderwies 4  
8700 Küsnacht (CH)

(72) Erfinder:  
Ewa Maria Augustyniak, 8700 Küsnacht (CH)  
Marcin Kamil Augustyniak, 8700 Kuesnacht (CH)

(74) Vertreter:  
PRINS Intellectual Property AG, Postfach 1739  
8027 Zürich (CH)

(54) **Eine rotorgesteuerte Wechselstrom-Rotationsmaschine.**

(57) Die offenbarte Erfindung ist eine elektrische Rotationsmaschine, umfassend einen Stator (1) mit mehreren Statorwicklungen (3) und Anschlüssen von Statorwicklungen (14) und einen Rotor (2) mit Rotorwicklungen (6) und Anschlüssen von Rotorwicklungen (7), wobei der Rotor (2) mechanisch mit dem Stator (1) gekoppelt ist, worin höheres Wirkungsgrad unter einem weiten Bereich von Drehzahlen und Lastbedingungen erreicht werden kann. Dies wird erreicht, indem der Kern des Stators (1) und der Kern des Rotors (2) aus weichmagnetischem Material hergestellt werden, und die Anschlüsse der Statorwicklungen (14) direkt oder über eine Schalteinheit mit der Wechselstromversorgung (4) verbunden werden (5), wobei der Rotor (2) eine Rotorsteuerung (8) mit mehreren elektronischen Rotorschaltern (9), mindestens einem Schaltertreiber (10) und einer Rotorstromversorgung (11) umfasst, wobei die elektronischen Rotorschalter (9) elektrisch mit der Rotorstromversorgung (11) und Anschlüsse der Rotorwicklungen (7) gekoppelt sind, und der Schaltertreiber (10) elektrisch oder optisch mit den elektronischen Rotorschaltern (9) gekoppelt ist.

## Beschreibung

### TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung beschreibt eine elektrische rotierende Maschine mit einem Stator mit mehreren Statorwicklungen aus leitfähigem Material und Anschlüssen von Statorwicklungen und einem Rotor mit mehreren Rotorwicklungen aus leitfähigem Material und Anschlüssen von Rotorwicklungen, wobei der Rotor mechanisch gekoppelt ist, sodass der Rotor kann sich gegen des Stators drehen und Verfahren zum Betreiben der elektrischen Rotationsmaschinen.

### STAND DER TECHNIK

[0002] Neuste Veröffentlichungen im Bereich Drehstrommaschinen und Synchronmotoren wie US2018358875 oder WO2019133780 zeigen Verbesserungen gegenüber dem Stand der Technik, aber immer noch keine vereinfachten Aufbauten mit vereinfachtem elektrischen Anschluss oder elektronischem Design mit verbessertem Wirkungsgrad.

### DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0003] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine rotierende elektrische Wechselstrommaschine zu schaffen, die in der Lage ist, in einem Motor- oder Generatormodus mit einem Wirkungsgrad von nahezu 100 % in einem weiten Bereich von Drehzahl- und Lastbedingungen zu arbeiten.

[0004] Die Lösung ist ein Aufbau einer rotierenden Wechselstrommaschine und ein Betriebsverfahren der rotierenden Wechselstrommaschine, bei dem Statorwicklungen direkt mit der Wechselstromversorgung verbunden werden können und Rotorwicklungen mit einer Rotorsteuerung verbunden sind, wobei die Rotorsteuerung elektrische Ströme in Rotorwicklungen steuern kann, sodass die Leistungsübertragung zwischen den Rotorwicklungen und der Rotorsteuerung ausgeglichen ist und die Rotorsteuerung keine andere Stromversorgungsquelle als die Rotorwicklungen benötigt.

### AUFZÄHLUNG DER ZEICHNUNGEN

[0005] Ein weiteres Verständnis verschiedener Aspekte der Erfindung kann durch Bezugnahme auf die folgende detaillierte Beschreibung in Verbindung mit den zugehörigen Zeichnungen, die unten kurz beschrieben werden, erhalten werden. Bevorzugte Ausführungsbeispiele des Erfindungsgegenstandes werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben.

- Fig. 1 zeigt eine schematische Struktur der offenbaren elektrischen Rotationsmaschine.
- Fig. 2 zeigt ein Vektordiagramm und ein Leistungsübertragung-Diagramm zum Verständnis grundlegender Begriffe.
- Fig. 3a zeigt ein Phasor-Diagramm und ein Leistungsübertragung-Diagramm, um das Betriebsverfahren der elektrischen Rotationsmaschine im Motormodus zu erläutern.
- Fig. 3b zeigt ein Phasor-Diagramm und ein Leistungsübertragung-Diagramm zur Erläuterung des Betriebsverfahrens der elektrischen Rotationsmaschine im Generatormodus.
- Fig. 4 zeigt einen schematischen Aufbau einer Anordnung aus zwei elektrischen Rotationsmaschinen zur Aufhebung einer Einspeisung von asynchronem Strom in ein Versorgungsnetz.
- Fig. 5 zeigt ein Phasor-Diagramm und ein Leistungsübertragung-Diagramm zur Erläuterung der Funktionsweise des Aufbaus gemäß Abbildung 4.
- Fig. 6 zeigt einen schematischen Aufbau einer Anordnung aus zwei elektrischen Rotationsmaschinen, von denen nur eine an eine Wechselstromversorgung angeschlossen ist.
- Fig. 7 zeigt ein Phasor-Diagramm und ein Leistungsübertragungsdiagramm, um die Arbeitsweise des Aufbaus gemäß Abbildung 6 zu erläutern.
- Fig. 8 zeigt einen schematischen Aufbau einer einphasigen Version einer erfindungsgemäßen elektrischen Rotationsmaschine.
- Fig. 9 zeigt das Phasor-Diagramm und das Leistungsübertragungsdiagramm zur Erläuterung des Betriebsverfahrens der einphasigen elektrischen Rotationsmaschine gemäß Abbildung 8.
- Fig. 10a zeigt eine schematische Struktur eines Aufbaus mit drei einphasigen elektrischen Rotationsmaschinen, die in Dreiecksanordnung an eine elektrische Dreiphasen-Wechselstromversorgung angeschlossen sind.

Fig. 10b

zeigt einen Aufbau mit drei einphasigen elektrischen Rotationsmaschinen, die in Sternanordnung verbunden sind und an eine dreiphasige Wechselstromversorgung angeschlossen sind.

## AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

**[0006]** Zum besten Verständnis der vorliegenden Erfindung definieren wir Begriffe, die in Ansprüchen verwendet werden, die sich auf die Struktur der offenbarten elektrischen Rotationsmaschine beziehen.

**[0007]** Der Aufbau von Rotationsmaschinen enthält einen Stator (1) und einen Rotor (2), wobei der Stator (1) einen Stator Kern aus weichmagnetischem Material und mehrere Statorwicklungen (3) aus leitfähigem Material umfasst und der Rotor (2) umfasst einen Rotorkern aus weichmagnetischem Material und mehrere Rotorwicklungen (6) aus leitfähigem Material. Da sich hier im Betrieb die Magnetisierung von Rotor (2) und/oder Stator (1) ändern kann, werden zur Minimierung der Verlustleistung sowohl Stator- als auch Rotorkern aus weichmagnetischem Material gefertigt, dessen Koerzitivfeldstärke unter 100 A/m liegt.

**[0008]** Rotorwicklungen (6) und/oder Statorwicklungen (3) enthalten eine bestimmte Anzahl von Schleifen aus Draht, oder Band, oder Stab, oder anderer Form, die aus einem elektrisch leitenden Material wie beispielsweise Kupfer oder Aluminium hergestellt ist und um Teile des Rotors oder Statorkerns gewickelt sind. Verschiedene geometrische Anordnungen wie zylindrische oder Schenkelpolwicklungen sind möglich, bevorzugt und typisch sind jedoch zylindrische Wicklungen. In einem typischen Fall beträgt die Anzahl der Statorwicklungen (3) und Rotorwicklungen (6) drei, aber die Offenbarung ist nicht auf diese bestimmte Anzahl beschränkt, und die Anzahl der Statorwicklungen (3) muss auch nicht gleich der Anzahl Rotorwicklungen sein (6). Jede Wicklung hat zwei Anschlüsse (7), (14), die elektrisch miteinander oder mit weiteren Komponenten verbunden werden können. In vielen Fällen können Anschlüsse von Stator - (14) oder Rotorwicklungen (7) mit anderen Anschlüssen anderer Wicklungen verbunden und in einer bekannten Stern- oder Dreieckschaltung angeordnet werden. Wenn eine Maschine eine Anordnung von mehreren Maschinen M1, M2, ... ist, können bestimmte Anschlüsse von Statorwicklungen (14) einer Maschine M1 mit entsprechenden Anschlüssen von Statorwicklungen (14) einer anderen Maschine M2 verbunden werden, sodass M1 und M2 sind parallel geschaltet. Schliesslich können die beiden Anschlüsse einer Wicklung (7), (14) durch eine niederohmige Verbindung zwischen ihnen kurzgeschlossen werden.

**[0009]** Die hier offenbarte elektrische Rotationsmaschine soll an eine Wechselstromversorgung (4) angeschlossen werden, deren Kreisfrequenz  $\omega$  und Spannungsgrösse definiert sind. Typischerweise handelt es sich um ein weithin verfügbares dreiphasiges Versorgungsnetz oder eine einphasige Versorgung, aber die Offenbarung ist im Allgemeinen nicht auf diese Fälle beschränkt. Die Wechselstromversorgung (4) kann entweder direkt oder über eine Schalteinheit (5), die einen Stecker oder einen mechanisch gesteuerten Schalter oder ein Relais oder eine elektrische Sicherung oder andere elektrische Schaltkomponente oder Kombination der oben erwähnten Schaltkomponenten, elektrisch mit den Anschlüssen der Statorwicklungen (14) gekoppelt werden, wobei die Verbindung sich während des stationären Betriebs der elektrischen Rotationsmaschine nicht ändern soll: Anschlüsse von Statorwicklungen (14), die elektrisch mit bestimmten Phasen von Wechselstromversorgung (4) verbunden sind, bleiben und abgeklemmte Anschlüssen bleiben getrennt. Die Schalteinheit (5) kann verwendet werden, um die elektrische Rotationsmaschine mit der elektrischen Wechselstromversorgung (4) zu verbinden oder zu trennen, oder um eine Sicherheitsfunktion auszuführen, oder um die Konfiguration zu ändern, welche Anschlüsse der Statorwicklungen (14) zu welchen Phasen der Wechselstromversorgung (4) verbunden sind.

**[0010]** Der Rotor (2) enthält eine Rotorsteuerung (8), wobei elektronische Rotorschalter (9) verwendet werden, um Anschlüsse von Rotorwicklungen (6) direkt mit verschiedenen Anschlüssen einer Rotorstromversorgung (11) zu verbinden. Die elektronischen Rotorschalter (9) steuern die elektrischen Ströme der Rotorwicklungen (6). Es gibt verschiedene Typen bekannter Vorrichtungen, die verwendet werden können, um die elektronischen Rotorschalter (9) zu implementieren, wie etwa: MOS-Leistungstransistoren (13), BJT-Transistoren, IGBT-Transistoren und andere. Welchen Typ auch immer verwendet wird, es muss in der Lage sein, die gewünschten Ströme der Rotorwicklung im eingeschalteten Zustand zu leiten, den in den Rotorwicklungen induzierten Spannungen im ausgeschalteten Zustand standzuhalten, und mit einer deutlich schnelleren Rate als die Frequenz des elektrischen Wechselstromversorgungs (4) ein- und auszuschalten. Typischerweise erforderliche Schaltfrequenzen von elektronischen Rotorschaltern (9) liegen zwischen einem kHz und einem zig-kHz-Bereich.

**[0011]** Die Funktion des Schaltertreibers (10) besteht darin, Steuersignale in elektrischer oder optischer Form an jeden der elektronischen Rotorschalter (9) zu liefern, um auf diese Weise die elektrische Zustand der elektronischen Rotorschalter (9) zu steuern. Die Funktion des Schaltertreibers (10) könnte auch das Durchführen notwendiger Berechnungs- oder Regelungs- oder Signalverarbeitungsaufgaben umfassen, um die Steuersignale für elektronische Rotorschalter zu bestimmen. Um diese Aufgabe zu erleichtern, kann der Schaltertreiber (10) bekannte und auf dem Markt erhältliche Komponenten wie Wechselrichtertreiber, Mikrocontroller usw. enthalten. Es ist auch möglich, dass ein Teil der Funktionalität des Schaltertreibers (10) zusammen auf derselben physikalischen Komponente implementiert ist mit elektronischen Rotorschaltern (9). Daher beziehen wir uns mit dem Begriff „Schalttreiber“ auf die Funktion dieses Teils und nicht auf ein Stück elektronische Schaltung, das diese Funktion implementiert.

**[0012]** Die Funktion der Rotorstromversorgung (11) besteht darin, die elektrischen Rotorschalter (9) sowie den Schaltertreiber (10) oder weitere Komponenten des Rotors, die elektrische Energie benötigen, wie die Rotorkommunikationseinheit

usw., mit elektrischer Energie zu versorgen. Die Rotorstromversorgung (11) umfasst Anschlüsse der Rotorstromversorgung sowie Elemente, die elektrische Energie speichern können, wie Kondensatoren (12), Induktivitäten oder Batterien. Batterien, die innerhalb der Rotorstromversorgung (11) verwendet werden, können wiederaufladbare Batterien (20) sein, die in der Lage sind, elektrische Energie zu liefern oder aufzunehmen. Elemente, die Energie in der Rotorstromversorgung (11) speichern, müssen eine ausreichende Kapazität haben, damit Spannungen oder Ströme an den Anschlüssen der Rotorstromversorgung (11) während des Betriebs der elektrischen Rotationsmaschine stabil genug sind, sodass die Steuerung der Ströme in den Rotorwicklungen (6) richtig funktionieren kann. Die Rotorstromversorgung (11) kann ferner ausgefeiltere Geräte oder Teile wie Spannungs- oder Stromregler, Schutzvorrichtungen usw. umfassen. In einem typischen Fall gibt es zwei Anschlüsse der Rotorstromversorgung (11): positiv und negativ und die Rotorstromversorgung (11) liefert eine Gleichspannung zwischen positiv- und negativ-Anschluss.

**[0013]** Der Rotor (2) könnte zusätzlich eine Rotorkommunikationseinheit (15) umfassen, deren Funktion darin besteht, Informationen zu empfangen oder zu übertragen und die Informationen an den Schalttreiber (10) zu liefern. Wenn beispielsweise die Rotorsteuerung (8) die Drehzahl und das Drehmoment durch Anlegen von Strömen in die Rotorwicklungen (6) steuert, kann es erforderlich sein, dass die Rotorsteuerung (8) Informationen über die gewünschte Drehzahl oder das gewünschte Drehmoment erhält, die durch den Benutzer der elektrischen Rotationsmaschine eingestellt werden. Die Rotorkommunikationseinheit (15) wird elektromagnetische Felder, Licht oder Ton als physikalisches Medium verwenden, um die Informationen zu übertragen. Um diese Aufgabe zu erleichtern, könnte die Rotorkommunikationseinheit (15) bekannte und auf dem Markt erhältliche Komponenten wie Antennen, LED-Dioden, Ultraschallwandler sowie Vorrichtungen enthalten, um die Kommunikation gemäß einem bestimmten Kommunikationsprotokoll durchzuführen. Es ist auch möglich, dass die Funktionalität der Rotorkommunikationseinheit (15) oder ein Teil der Funktionalität zusammen mit dem Rotorschalttreiber (10) implementiert wird. Daher beziehen wir uns mit dem Begriff „Rotorkommunikationseinheit“ eher auf die Funktion dieses Teils als auf einen Teil einer elektronischen Schaltung, die diese Funktion implementiert.

**[0014]** Der Stator (1) könnte auch eine Statorkommunikationseinheit (18) umfassen, deren Funktion es ist, Informationen an die Rotorkommunikationseinheit (15) zu übertragen oder Informationen von der Rotorkommunikationseinheit (15) zu empfangen. In den meisten Anwendungsfällen wird die Gesamtüberwachung der hier offenbarten elektrischen Rotationsmaschine an einer stationären Einheit durchgeführt, die sich nicht zusammen mit dem Rotor (2) dreht. Dazu müssen Informationen in die Rotorsteuerung (8) übertragen werden, und zu diesem Zweck könnte die Statorkommunikationseinheit (18) verwendet werden. Der Informationsaustausch zwischen der Rotorkommunikationseinheit (15) und einer Statorkommunikationseinheit (18) kann elektromagnetische Felder, Licht oder Ton als physikalisches Medium zum Übertragen der Information verwenden. Je nach Anwendung können die zwischen der Rotorkommunikationseinheit (15) und der Statorkommunikationseinheit (18) ausgetauschten Informationen umfassen: Winkelposition des Rotors, Winkelgeschwindigkeit des Rotors, gewünschte Winkelposition des Rotors, gewünschte Winkelgeschwindigkeit des Rotors, Ströme der Rotorwicklungen, Ströme der Statorwicklungen, Spannungen an den Anschlüssen der Rotorwicklung, Spannungen an den Anschlüssen der Statorwicklung, Größe oder Richtung des Magnetfelds, Drehmoment, gewünschtes Drehmoment, Temperatur des Rotors (2), Temperatur des Stators (1), Widerstand der Rotorwicklungen (6), Widerstand der Statorwicklungen (3), Zustand der Rotorschalter (9), Fehler- oder Alarmsignale und andere. Für diesen Aufgaben, kann die Statorkommunikationseinheit (18) bekannte und auf dem Markt erhältliche Komponenten wie Antennen, LED-Dioden, Ultraschallwandler sowie andere Vorrichtungen enthalten, um die Kommunikation gemäß einem bestimmten Kommunikationsprotokoll durchzuführen.

**[0015]** Je nach Anwendung kann der Stator 1 auch eine Statorsteuerung (19) umfassen, deren Funktion darin besteht, notwendige Berechnungs- oder Regelungs- oder Signalverarbeitungsfunktionen auszuführen und Signale bereitzustellen, die von der Statorkommunikationseinheit in die Rotorkommunikationseinheit weiter übertragen werden. Die Statorsteuerung (19) kann auch Signale oder Informationen von Quellen wie anderen Geräten, Maschinen oder Menschen empfangen. Die Statorsteuerung (19) könnte diese Signale oder Informationen verarbeiten und die Statorsteuerung (19) könnte die Berechnungs-, Signalverarbeitungs- und Regelungsaufgaben mit dem Schalttreiber (10) auf der Seite des Rotors (2) teilen. Die Statorsteuerung (19) könnte auch Signale an andere Geräte, Maschinen oder Menschen liefern. Beispielsweise könnte sie Signale liefern, die den Betriebszustand, die Drehzahl, das Drehmoment usw. anzeigen. Die Statorsteuerung (19) könnte auch mit der Schalteinheit (5) gekoppelt sein, und die Statorsteuerung könnte eine Funktion zum Steuern der elektrischen Verbindung zwischen den Anschlüssen des Stators Wicklung (14) und Phasen der Wechselstromversorgung (4) ausführen. Es ist auch möglich, dass die Funktionalität der Statorsteuerung (19) oder ein Teil der Funktionalität zusammen auf der gleichen physischen Komponente mit anderen Teilen des Stators (1) implementiert wird. Daher beziehen wir uns mit dem Begriff „Statorsteuerung“ auf die oben beschriebene Funktion dieses Teils und nicht nur auf die physische Komponente oder Komponenten, in denen die Funktion implementiert ist.

**[0016]** Der Stator (1) könnte auch einen oder mehreren Kommunikationsanschlüssen des Stators (22) umfassen, deren Funktion darin besteht, Informationen mit anderen Geräten oder Maschinen oder Menschen auszutauschen. Das können zum Beispiel LED-Dioden, Bildschirme oder Lautsprecher sein, um Menschen Informationen bereitzustellen, oder handbetätigte Schalter, Touchscreens oder Böden, um Informationen von Menschen zu erhalten. Es können auch physische Verbindungen oder Kommunikationsgeräte zum Austausch von Informationen mit anderen Geräten oder Maschinen sein.

**[0017]** Zur elektrischen Versorgung der Statorkommunikationseinheit (18) oder der Statorsteuerung (19) kann der Stator (1) eine Statorversorgungseinheit (17) aufweisen, beispielsweise in Form mindestens einer zusätzlichen Statorwicklung

(16). , wobei die zusätzliche Statorwicklung (16) oder mehrere zusätzliche Statorwicklungen (16) innerhalb des Statorkerns (1) platziert sind, um elektrische Wechselstromleistung in die Statorversorgungseinheit (17) zu liefern und die Statorversorgungseinheit (17) wandelt den Wechselstrom von zusätzlichen Statorwicklungen (16) in Gleichstrom um, wobei die Statorversorgungseinheit (17) elektrisch mit anderen Teilen des Stators (1) wie der Statorsteuerung (19) oder der Statorkommunikationseinheit (18) oder aneren Teilen gekoppelt werden kann, um sie mit die notwendige elektrische Energie zu versorgen, damit diese Teile funktionieren. Die Statorversorgungseinheit (17) könnte auch eine Batterie oder eine wiederaufladbare Batterie (20) enthalten, sodass die Statorsteuereinheit in der Lage sein könnte, Gleichstrom an die Statorsteuerung (19) oder die Statorkommunikationseinheit (18) zu liefern, selbst wenn die Anschlüsse aus sind Statorwicklungen (14) von der Wechselstromversorgung getrennt sind, oder wenn die Wechselstromversorgung keine elektrische Leistung liefern kann. In spezifischen Ausführungsformen ist die Erfindung wie folgt.

**[0018] Fig. (1)** stellt eine besondere Ausführungsform einer elektrischen Rotationsmaschine dar, die einen Stator (1) und einen Rotor (2) umfasst. Der Stator weiter enthält: drei Statorwicklungen (3) aus leitfähigem Material, wobei Anschlüsse der Statorwicklungen (14) in diesem speziellen Beispiel in Dreiecksanordnung verbunden sind und für den Betrieb der elektrischen Rotationsmaschine über eine Schalteinheit (5) mit der elektrischen Wechselstromversorgung (4) gekoppelt sind. Der Rotor (2) weiter umfasst: drei Rotorwicklungen (6) aus leitfähigem Material, wobei die Anschlüsse der Rotorwicklungen (7) in diesem speziellen Beispiel in einer Sternanordnung verbunden sind. Der Rotor (2) weiter umfasst eine Rotorsteuerung (8), wobei die Rotorsteuerung weiter elektronische Rotorschalter (9) umfasst - in diesem speziellen Beispiel aufgebaut aus Leistungs-MOS-Transistoren (13), Schaltertreiber (10) und Rotorstromversorgung (11), in diesem Fall in Form einen Kondensator (12). Der Rotor weiter umfasst eine Rotorkommunikationseinheit (15), die Informationen empfangen oder senden kann, und die Rotorkommunikationseinheit (15) ist mit dem Schaltertreiber (10) gekoppelt. Der Stator (1) weiter umfasst: eine zusätzliche Statorwicklung (16) und eine Statorversorgungseinheit (17), wobei die zusätzliche Statorwicklung (16) elektrisch mit der Statorversorgungseinheit (17) gekoppelt ist und die Statorversorgungseinheit (17) Gleichstromversorgung bereitstellt.

**[0019]** Der Stator weiter umfasst eine Statorkommunikationseinheit (18), und die Statorkommunikationseinheit kann Informationen an die Rotorkommunikationseinheit (15) senden oder Informationen von der Rotorkommunikationseinheit (15) empfangen. Der Stator weiter umfasst eine Statorsteuerung (19), die mit der Statorkommunikationseinheit (18) gekoppelt ist. Die Statorversorgungseinheit (17) weiter umfasst einen wiederaufladbare Batterie (20). In diesem speziellen Beispiel ist die Statorsteuerung (19) gekoppelt zu und kann die Schalteinheit (5) steuern und die Statorsteuerung (19) ist gekoppelt zu und kann die Statorkommunikationseinheit (18) steuern, und die Statorsteuerung (19) ist mit einer Statorkommunikationsanschluss (22) gekoppelt.

**[0020]** Hier ist die allgemeinste Struktur einer elektrischen Rotationsmaschine gezeigt, die ihre wichtigsten Elemente enthält, wie: Stator (1) und Rotor (2), wobei sowohl Stator- als auch Rotorkerne aus weichmagnetischem Material bestehen, dessen Koerzitivfeldstärke unter 100 A/ liegt., die Statorwicklungen (3) können direkt mit der elektrischen Wechselstromversorgung (4) gekoppelt werden und die Ströme in den Rotorwicklungen (6) können durch elektronische Rotorschalter (9) und die Rotorstromversorgung (11) gesteuert werden.

**[0021]** Fig. 2 zeigt ein Diagramm von Strom- und Spannungszeigern und Leistungsfluss in Statorkoordinaten (XY) und Rotorkoordinaten (X'Y') zur grundlegenden Erläuterung von Betriebsverfahren von offenbarten elektrischen Rotationsmaschinen. In Statorkoordinaten dreht sich der Rotor mit Winkelgeschwindigkeit (WR) im Gegenuhrzeigerrichtung. In Statorkoordinaten dreht sich der Rotorstrom-Phasor IR mit der Winkelgeschwindigkeit W1. Außerdem dreht sich der Statorstrom-Phasor IS in Statorkoordinaten mit der Winkelgeschwindigkeit W1. Da das in der Maschine erzeugte Drehmoment T proportional zum Sinus des Winkels zwischen IR und IS ist und gleichzeitig die Widerstandsverluste mit dem Quadrat der Größen von IR und IS zunehmen, ist es für den besten Wirkungsgrad ratsam der Rotorstrom-Phasor IR senkrecht zum Statorstrom-Phasor IS zu steuern, dies ist jedoch keine notwendige Bedingung für diese Offenbarung. Gemäß dem linearen Modell ist der Statorspannung-Phasor VS eine Summe aus 3 Komponenten:  $VS = a1S4b*IR' - hrs*IS$ . In einer stationären Situation haben IR, IS und VS konstante Größen und rotieren nur in XY-Koordinaten mit der Drehgeschwindigkeit W1. Bei den Rotorkoordinaten X'Y' rotieren der Rotorstrom-Phasor IR und der Statorstrom-Phasor IS mit der Geschwindigkeit W1-WR.

**[0022]** Gemäß dem linearen Modell ist der Rotorspannungs-Phasor  $VR = c*IR'' + b*IS'' + rrIR$ . Beachten Sie, dass die zeitlichen Ableitungen von IR in den Rotorkoordinaten IR'' und die zeitlichen Ableitungen von IS in den Rotorkoordinaten IS'' nicht notwendigerweise gleich IR' oder IS' sind, da sich die Rotorkoordinaten gegenüber den Statorkoordinaten mit der Winkelgeschwindigkeit von WR drehen. Die Leistungsübertragung von der elektrischen Wechselstromversorgung in die Statorwicklungen ist  $PS = VS * IS$ .

**[0023]** Der Leistungstransfer von der Rotorsteuerung zu den Rotorwicklungen ist  $PR = VR * IR$ . Die Summe von PS und PR wird in ohmsche Leistungsverluste PH und mechanische Leistung PM gleich Drehmoment T mal Winkelgeschwindigkeit WR umgewandelt:  $PM = b*IR*IS*WR * \sin R, IS$ .

**[0024]** Die Widerstandsverluste PH sind die Summe der Widerstandsverluste im Stator:  $rs*IS*IS$  und der Widerstandsverluste im Rotor:  $rr*IR*IR$ . Wenn der Winkel zwischen IS und VS kleiner als 90 Grad ist, wird Leistung PS von der elektrischen Wechselstromversorgung in die Statorwicklungen übertragen, und wenn der Winkel mehr als 90 Grad beträgt, wird PS von den Statorwicklungen in die elektrische Wechselstromversorgung übertragen.

**[0025] Fig. 3a und Fig. 3b** veranschaulichen Strom- und Spannungs-Phasoren sowie Leistungsübertragungen, um ein Betriebsverfahren einer elektrischen Rotationsmaschine zu erklären. Die Spannungs- oder Strom-Phasoren werden in Statorkoordinaten XY oder in Rotorkoordinaten X'Y' dargestellt. Der Rotorstrom-Phasor  $\mathbf{IR}$  ist eine Summe von zwei Komponenten:  $\mathbf{IR1}$  und  $\mathbf{IR2}$ , wobei sich die Komponente  $\mathbf{IR1}$  synchron mit dem Statorspannungs-Phasor  $\mathbf{VS}$  bei einer Winkelgeschwindigkeit von  $\mathbf{WS}$  dreht und die Komponente  $\mathbf{IR2}$  asynchron gegenüber  $\mathbf{VS}$  bei einer Winkelgeschwindigkeit von  $\mathbf{W2}$  rotiert. In ähnlicher Weise ist der Statorstrom-Phasor  $\mathbf{IS}$  eine Summe aus zwei Komponenten:  $\mathbf{IS1}$  und  $\mathbf{IS2}$ . Die Komponente  $\mathbf{IS1}$  ist synchron und senkrecht zu  $\mathbf{IR1}$ . Die Komponente  $\mathbf{IS2}$  ist ebenfalls synchron, aber nicht notwendigerweise senkrecht zu  $\mathbf{IR2}$ . In einem linearen Modell ist der Statorspannungs-Phasor  $\mathbf{VS}$  eine Summe aus zwei Komponenten: Spannungs-Phasor, induziert durch  $\mathbf{IR1}$  und  $\mathbf{IS1}$ :  $\mathbf{VS1} = a\mathbf{IS1} + b\mathbf{IR1}$  und Spannungs-Phasor, induziert durch  $\mathbf{IR2}$  und  $\mathbf{IS2}$ :  $\mathbf{VS2} = a\mathbf{IS2} + b\mathbf{IR2}$ .  $\mathbf{VS1}$  rotiert bei  $\mathbf{WS}$  und  $\mathbf{VS2}$  rotiert bei  $\mathbf{W2}$ . Das Verhältnis der Größen von  $\mathbf{IR2}$  und  $\mathbf{IS2}$  und des Winkels zwischen  $\mathbf{IR2}$  und  $\mathbf{IS2}$  ist so, dass die resultierenden Komponenten des Statorspannungs-Phasors  $\mathbf{VS2}$  gleich Null ist, also  $\mathbf{VS} = \mathbf{VS1}$ .  $\mathbf{VS2}$  ist gleich Null, weil sich  $a\mathbf{IS2}$  und  $b\mathbf{IR2}$  aufheben. Bei den Rotorkoordinaten X'Y' induzieren  $\mathbf{IR1}$  und  $\mathbf{IS1}$  eine Komponente des Rotorspannungs-Phasors  $\mathbf{VR1}$  und  $\mathbf{IR2}$  zusammen mit  $\mathbf{IS2}$  induzieren  $\mathbf{VR2}$ . Der Schlüsselaspekt dieser Offenbarung besteht darin, dass die Größen von  $\mathbf{IR1}$  und  $\mathbf{IR2}$  so gewählt werden, dass die durchschnittliche Leistungsübertragung von der Rotorsteuerung (8) zu den Rotorwicklungen (6) PR1 mit  $\mathbf{IR1}$  verknüpft und die durchschnittliche Leistungsübertragung von der Rotorsteuerung (8) zu den Rotorwicklungen (6) PR2 verknüpft mit  $\mathbf{IR2}$ , haben entgegengesetztes Vorzeichen und gleichen sich gegenseitig aus. Der Nachteil dieses Betriebsverfahrens einer elektrischen Rotationsmaschine könnte die Komponente des Statorstrom-Phasors  $\mathbf{IS2}$  sein, die einen asynchronen Strom in die elektrische Wechselstromversorgung einspeist. In einigen Standards kann dieser Nachteil nicht tolerierbar sein, und deshalb offenbaren wir elektrische Rotationsmaschinen und Betriebsverfahren, die frei von diesem Nachteil sind.

**[0026] Fig. 3a** zeigt Strom- und Spannungs-Phasor für einen Motormodus, bei dem der Winkel zwischen  $\mathbf{IR1}$  und  $\mathbf{VR1}$  mehr als 90 Grad und der Winkel zwischen  $\mathbf{IR2}$  und  $\mathbf{VR2}$  weniger als 90 Grad beträgt, daher ist PR1 negativ und PR2 positiv. Es ist möglich, ein solches Verhältnis zwischen der Größe von  $\mathbf{IR1}$  und  $\mathbf{IR2}$  zu finden, dass die durchschnittliche Leistungsübertragung von der Rotorsteuerung (8) und den Rotorwicklungen (6) gleich Null ist oder dass die Rotorwicklungen (6) im Durchschnitt so viel Leistung an die Rotorsteuerung liefern, wie von anderen Teilen, die den Rotorstromversorgung (11) versorgt sind (z.B. Schaltertreiber (10) oder Rotor Kommunikationseinheit (15)) benötigt wird. In dieser Situation wird das Leistungsbudget der Rotorsteuerung ausgeglichen.

**[0027] Fig. 3b** zeigt Strom- und Spannungszeiger für einen Generatormodus, bei dem der Winkel zwischen  $\mathbf{IR1}$  und  $\mathbf{VR1}$  weniger als 90 Grad beträgt und der Winkel zwischen  $\mathbf{IR2}$  und  $\mathbf{VR2}$  mehr als 90 Grad beträgt, daher ist PR1 negativ und PR2 positiv. Auch hier ist es möglich, ein solches Verhältnis zwischen der Größen von  $\mathbf{IR1}$  und  $\mathbf{IR2}$  zu finden, dass die durchschnittliche Leistungsübertragung von der Rotorsteuerung (8) und den Rotorwicklungen (6) gleich Null ist oder dass die Rotorwicklungen im Durchschnitt so viel Leistung an die Rotorsteuerung liefern, wie von anderen Teile, die den elektrischen Strom von der Rotorstromversorgung (11) verwenden, benötigen. In dieser Situation wird das Leistungsbudget der Rotorsteuerung ausgeglichen.

**[0028] Fig. 4** stellt eine besondere Ausführungsform einer Anordnung von elektrischen Rotationsmaschinen dar, die zwei elektrische Rotationsmaschinen M1, M2 umfasst, wobei Rotoren (2) von elektrischen Rotationsmaschinen M1, M2 durch eine gemeinsame Welle (21) mechanisch gekoppelt sind und auch die gleiche Rotorstromversorgung (11) und den Rotor-Schaltertreiber (10) teilen. Anschlüsse der Statorwicklungen (14) der elektrischen Rotationsmaschinen M1, M2 sind elektrisch parallel gekoppelt und über eine gemeinsame Schalteinheit (5) mit der elektrischen Wechselstromversorgung (4) gekoppelt.

**[0029] Fig. 5** veranschaulicht Strom- und Spannungs-Phasor, um ein Verfahren zum Betreiben einer in Fig. 4 dargestellten elektrischen Rotationsmaschine im stationären Betrieb zu erklären. In diesem speziellen Fall arbeitet die Anordnung in einem Generatormodus, aber Phasoren für den Motormodus können analog zu den 3a und 3b abgeleitet werden. Die Maschine M1 hat zwei Komponenten des Rotorstrom-Phasors:  $\mathbf{IR1\_M1}$  und  $\mathbf{IR2\_M1}$ , und die Maschine M2 hat auch zwei Komponenten des Rotorstromzeigers:  $\mathbf{IR1\_M2}$  und  $\mathbf{IR2\_M2}$ . Auf der Statorseite hat die Maschine M1 zwei Komponenten des Statorstrom-Phasors:  $\mathbf{IS1\_M1}$  und  $\mathbf{IS2\_M1}$ , und die Maschine M2 hat zwei Komponenten des Statorstrom-Phasors:  $\mathbf{IS1\_M2}$  und  $\mathbf{IS2\_M2}$ . Außerdem sind die folgenden Paare von Komponenten von Strom-Phasor synchron:  $\mathbf{IS1\_M1}$  mit  $\mathbf{IR1\_M1}$ ,  $\mathbf{IR2\_M1}$  mit  $\mathbf{IS2\_M1}$ ,  $\mathbf{IS1\_M2}$  mit  $\mathbf{IR1\_M2}$ ,  $\mathbf{IS2\_M2}$  mit  $\mathbf{IR2\_M2}$ . Die folgenden Komponenten der Strom-Phasor rotieren synchron mit dem Statorspannungs-Phasor:  $\mathbf{IS1\_M1}$  und  $\mathbf{IS1\_M2}$ . Auf der Rotorseite gleichen sich die durchschnittlichen Leistungsübertragungen, die jedem von  $\mathbf{IR1\_M1}$ ,  $\mathbf{IR2\_M1}$ ,  $\mathbf{IR1\_M2}$  und  $\mathbf{IR2\_M2}$  zugeordnet sind, gegenseitig aus.

**[0030]** Darüber hinaus hat der Statorspannungs-Phasor entweder der Maschine M1 oder M2 nur eine Komponente:  $\mathbf{VS} = \mathbf{VS1\_M1} = \mathbf{VS1\_M2}$ , rotierend bei  $\mathbf{WS}$ , weil die andere Komponente gleich Null ist:  $\mathbf{VS2\_M1} = \mathbf{VS2\_M2} = 0$ .

**[0031]** Schließlich haben die Phasoren  $\mathbf{IS2\_M1}$  und  $\mathbf{IS2\_M2}$  dieselbe Größe und entgegengesetzte Richtung und heben sich gegenseitig auf. Da die Anschlüsse den Statorwicklungen (14) von M1 und M2 elektrisch parallel verbunden sind, injiziert die Anordnung der elektrischen Rotationsmaschinen M1 und M2 keinen signifikanten asynchronen Strom in die elektrische Wechselstromversorgung (4).

**Fig. 6** stellt ein Schema einer bestimmten Ausführungsform einer Anordnung von elektrischen Rotationsmaschinen dar, die eine Maschine M1 und eine Maschine N1 umfasst, wobei Rotoren (2) aller elektrischen Rotationsmaschinen M1 und N1 durch eine gemeinsame Welle (21) mechanisch gekoppelt sind (2) und auch die gleiche Rotorstromversorgung (11)

und den Rotorschaltreiver (10) teilen. Anschlüsse der Statorwicklungen (14) der Maschine M1 sind elektrisch mit der Wechselstromversorgung (4) über eine Schalteinheit (5) gekoppelt, und die Anschlüsse der Statorwicklungen (14) der Maschine N1 sind elektrisch kurzgeschlossen.

**[0032] Fig. 7** veranschaulicht Strom- und Spannungs-Phasoren und Leistungsübertragungen, um ein Betriebsverfahren einer in Fig. 6 dargestellten elektrischen Rotationsmaschine im stationären Betrieb zu erläutern. In diesem Beispiel arbeitet die Anordnung im Motormodus, aber Zeiger für den Generatormodus können analog zu den 3a und 3b abgeleitet werden. Die Maschine M1 hat einen Statorstrom-Phasor IS M1 und einen Rotorstrom-Phasor IR M1. Auch die Maschine N1 hat einen Statorstrom-Phasor IS N1 und einen Rotorstrom-Phasor IR N1. In der Maschine M1 rotieren IS M1 und IR M1 synchron mit dem Statorspannungs-Phasor VS. In der Maschine N1 sind Rotor- und Statorstrom-Phasor IR N1, IS N1 so angeordnet, dass der resultierende Statorspannungs-Phasor Null ist, weil die Anschlüsse von Statorwicklungen (14) kurzgeschlossen sind. Darüber hinaus gleichen sich die Leistungsübertragungen zwischen den Rotorwicklungen (6) und Rotorsteuerung (8), die dem IR\_M1 und dem IR\_N1 zugeordnet aus.

**[0033] Fig. 8** stellt eine besondere Ausführungsform einer einphasigen elektrischen Rotationsmaschine dar, wobei der Stator (1) eine Statorwicklung (3) und eine Hilfswicklung (23) umfasst, wobei die Anschlüsse der Statorwicklung (14) mit einer elektrischen Einphasen-Wechselstromversorgung (4) durchgekoppelt sind eine Schalteinheit (5) und die Hilfswicklung (23) ist kurzgeschlossen und die Hilfswicklung (23) ist senkrecht zur Statorwicklung (3) orientiert, sodass der Stromvektor der Statorwicklung senkrecht zum Stromvektor der Hilfswicklung ist. In diesem Beispiel umfasst der Rotor (2) drei Rotorwicklungen (6). Die verbleibenden Aspekte der Maschine sind analog zu Fig. 1.

**[0034] Fig. 9** veranschaulicht Strom- und Spannungs-Phasoren und Leistungsübertragungen, um ein Betriebsverfahren einer elektrischen Rotationsmaschine, die in Fig. 8 dargestellt ist, in einem stationären Betrieb zu erklären. In diesem speziellen Beispiel arbeitet die Anordnung im Motormodus, aber Zeiger für den Generatormodus können analog zu den 3a und 3b abgeleitet werden. Die Einphasen-Wechselstromversorgung erzeugt einen Statorspannungs-Phasor VS, der zwei Komponenten: VS1 und VS2 umfasst, wobei VS1 und VS2 die gleiche Größe haben und synchron mit der Wechselstromversorgung in entgegengesetzte Richtungen rotieren. Außerdem umfasst der Rotorstrom-Phasor IR zwei Komponenten: IR1 und IR2, und IR1 ist synchron mit VS1 und IR2 ist synchron mit VS2. Die durchschnittliche Leistungsübertragung zwischen den Rotorwicklungen und der Rotorleistungsversorgung aufgrund des Rotorstrom-Phasors IR1 und die durchschnittliche Leistungsübertragung zwischen den Rotorwicklungen und der Rotorleistungsversorgung aufgrund des Rotorstrom-Phasors IR2 gleichen sich gegenseitig aus.

**[0035] Fig. 10a** stellt eine bestimmte Implementierung einer elektrischen Rotationsmaschine dar, die drei einphasigen Maschinen M1, M2, M3 umfasst, wobei jede der Maschinen M1, M2, M3 mit einer elektrischen Dreiphasen-Wechselstromversorgung (4) gekoppelt ist, dadurch gekennzeichnet, dass jede Maschine M1, M2, M3 ist eine elektrische Rotationsmaschine gemäß der Maschine gezeigt im Fig. 8, und die Anschlüsse der Statorwicklungen (14) von M1, M2, M3 sind in Dreieckschaltung angeordnet. Rotoren von M1, M2 und M3 können mechanisch gekoppelt werden.

**[0036] Fig. 10b** stellt eine bestimmte Implementierung einer elektrischen Rotationsmaschine dar, die drei einphasige Maschinen M1, M2, M3 umfasst, wobei jede der Maschinen M1, M2, M3 mit einer elektrischen Dreiphasen-Wechselstromversorgung (4) gekoppelt ist, dadurch gekennzeichnet, dass jede Maschine M1, M2, M3 ist eine elektrische Rotationsmaschine gemäß auf Fig. 8 gezeigten Maschine, und die Anschlüsse der Statorwicklungen 14 von M1, M2, M3 sind in Sternschaltung angeordnet.

**[0037]** Die Hauptvorteile der hier offenbarten elektrischen Rotationsmaschinen und Betriebsverfahren sind: Die Anschlüsse der Statorwicklungen (14) können direkt mit der elektrischen Wechselstromversorgung gekoppelt werden, und wenn die elektrische Wechselstromversorgung (4) eine Hochspannungsversorgung ist, besteht keine Notwendigkeit für teure elektronische Schalter, die der Hochspannung des Versorgungsnetzes standhalten müssen. Der Stator kann sogar an eine solche Hochspannungsversorgung angeschlossen werden, wofür elektronische Schalter nicht einmal verfügbar sind, und das beseitigt die Notwendigkeit eines spannungsreduzierenden Transformators, der normalerweise zwischen dem elektrischen Wechselstromversorgungsnetz und der rotierenden Maschine angewendet wird.

Die elektronische Rotorschalter (9) auf der Rotorseite sind besser gegen Überspannungen oder Spannungsspitzen geschützt, die aufgrund von Beleuchtungsereignissen oder Lastschaltungen usw. auf den AC-Stromversorgungsschienen auftreten können.

**[0038]** Die elektrische Rotationsmaschine kann sich in einem breiten Winkelgeschwindigkeitsbereich drehen, kann leicht die Richtung oder den Betriebsmodus ändern: Generator oder Motor, wobei sie immer noch von derselben elektrischen Wechselstromversorgung versorgt werden, deren Größe und Frequenz konstant sind. Hier offenbarte elektrische Maschinen können sogar mit größerer Winkelgeschwindigkeit als der Winkelgeschwindigkeit des Versorgungsnetzes WS rotieren.

**[0039]** Der Rotor (2) der elektrischen Rotationsmaschine benötigt außer den Rotorwicklungen (6) keine Bürsten oder irgendwelche zusätzlichen Elemente, um elektrische Energie vom oder in den Stator (1) zu übertragen.

#### **Begriffe.**

**[0040]** Elektrische Ströme, die durch Rotor- oder Statorwicklungen fließen, erzeugen Magnetfelder innerhalb der Maschine. Die Wechselwirkung von elektrischen Strömen und Magnetfeldern erzeugt ein auf den Rotor wirkendes Drehmoment,

und dieser Effekt wird verwendet, um mechanische Energie in elektrische Energie in einem Generator oder elektrische Energie in mechanische Energie in einem Motortyp einer elektrischen Rotationsmaschine umzuwandeln. Um das Drehmoment oder die Drehzahl der elektrischen Maschine zu steuern, werden hier Wicklungsströme gesteuert. Für ein klares Verständnis der offenbaren Anordnungen von elektrischen Rotationsmaschinen und Steuerverfahren wollen wir grundlegende Begriffe von Stator/Rotorkoordinaten, Strom-Phasor, Spannungs-Phasor und Leistungsübertragung erleuchten.

**[0041]** Wir können dem Rotor und Stator ein Koordinatensystem so zuweisen, sodass sich das Statorkoordinatensystem XYZ nicht gegenüber den Statorwicklungen bewegt und das Rotorkoordinatensystem X'Y'Z' sich nicht gegenüber den Rotorwicklungen bewegt. Der Einfachheit halber ist die Z-Achse beider Koordinatensysteme auf die Rotationsachse der elektrischen Rotationsmaschine ausgerichtet, sodass sie sich weder in den Stator- noch in den Rotorkoordinaten bewegt und für beide Koordinatensysteme gleich ist. Daher bezeichnen wir im Folgenden (XY) als Statorkoordinatensystem und (X'Y') als Rotorkoordinatensystem. Jeder im Statorkoordinatensystem dargestellte Vektor / Phasor U kann linear in die Darstellung im Rotorkoordinatensystem transformiert werden und umgekehrt. Phasoren, die wir in dieser Offenbarung betrachten werden, haben eine Richtung senkrecht zur Rotationsachse. Sie können sich innerhalb der Ebene (XY) oder (X'Y') senkrecht zur Rotationsachse drehen. Die Drehung eines Phasors kann mit unterschiedlicher Winkelgeschwindigkeit erfolgen. Da sich der Rotor mit einer Drehgeschwindigkeit von WR gegenüber dem Stator dreht, wenn ein Zeiger U in Statorkoordinaten mit einer Winkelgeschwindigkeit W1 dreht, dreht sich der Zeiger U in Rotorkoordinaten mit einer Winkelgeschwindigkeit von W1 -WR.

**[0042]** Jede Wicklung im Stator oder Rotor hat einen entsprechenden Strom-Phasor, der senkrecht zur Oberfläche der Wicklung zeigt, dessen Größe der Strom der Wicklung mal der Anzahl der Schleifen in der Wicklung ist. Wenn sich der Strom durch die Wicklung umkehrt, tut dies auch der entsprechende Strom-Phasor dieser Wicklung. Wenn ein Rotor oder Stator mehrere Wicklungen enthält, ist der Rotorstrom-Phasor oder Statorstrom-Phasor eine Vektorsumme aller Stromzeiger von jeder einzelnen Wicklung. Bei der radial Maschinengeometrie weisen die Rotor- bzw. Statorstromzeiger radial innerhalb der Ebene senkrecht zur Rotationsachse der Maschine. In der hier berichteten elektrischen Rotationsmaschine betrachten wir den Statorstrom-Phasor (IS) und den Rotorstrom-Phasor (IR).

**[0043]** Analog zum Strom-Phasor definieren wir auch Spannungs-Phasor, wobei für jede Wicklung die entsprechende Richtung des Spannungs-Phasors senkrecht zur Oberfläche der Wicklung ist und die Größe die Differenz zwischen zwei Spannungen ist, die an die Anschlüsse der Wicklung angelegt werden. Wenn sich die an den Anschlüssen einer Wicklung angelegte Spannung umkehrt, tut dies auch der Spannungszeiger. Wenn die Anschlüsse einer Wicklung kurzgeschlossen sind, ist der Spannungszeiger dieser Wicklung gleich null. Falls ein Rotor oder Stator mehrere Wicklungen enthält, ist der Rotorspannungs-Phasor oder Statorspannungs-Phasor eine Vektorsumme aller Spannungszeiger von jeder einzelnen Wicklung. Bei der hier betrachteten Maschinengeometrie weisen die Rotor- bzw. Statorspannungs-Phasor radial innerhalb der Ebene senkrecht zur Rotationsachse der Maschine.

**[0044]** Wenn an der Statorwicklung Anschlüssen eine dreiphasige Wechselstrom-Hauptstromversorgung angeschlossen sind, dreht sich der Statorspannungs-Phasor (VS) in Statorkoordinaten synchron mit der Frequenz der dreiphasigen Wechselstrom-Hauptstromversorgung: (WS). In der hier beschriebenen elektrischen Rotationsmaschine betrachten wir einen Statorspannungszeiger (VS) und einen Rotorspannungszeiger (VR). Wenn die Anschlüsse der Statorwicklungen mit der elektrischen Wechselstromversorgung verbunden sind, hat der Spannungszeiger der Statorwicklungen (VS) eine Größe, die durch die Spannungsamplitude der elektrischen Wechselstromversorgung definiert ist, und führt eine Drehung mit der Frequenz der elektrischen Wechselstromversorgung durch. In einem Fall, in dem die Wechselstromversorgung eine einphasige Versorgung ist, ist der Statorspannungs-Phasor eine Summe aus zwei Komponenten: (V1) und (V2), wobei (V1) und (V2) gleiche Größen haben und beide drehen sich mit einer Winkelgeschwindigkeit von (WS) im entgegengesetzten Richtungen.

**[0045]** Die hier offenbaren elektrischen Rotationsmaschinen und Betriebsverfahren umfassen auch mehrpolige Maschinen, bei denen die Magnetisierung des Rotors oder die Magnetisierung des Stators nicht einen magnetischen Dipol, sondern mehrere magnetische Polen aufweist: 4, 6, 8, .... Wenn die Rotation einer solchen Maschine mit der Wechselstromversorgung synchronisiert ist, hat eine solche Maschine eine Rotationsfrequenz, die ein Bruchteil der Frequenz der Wechselstromversorgung ist. Beispielsweise kann sich eine Maschine bei einer 50-Hz-Wechselstromversorgung mit 25 Hz, 12,5 Hz usw. drehen. Bei einer solchen Maschine sind Spannungs- und Strom-Phasoren grundsätzlich gleich, aber die Koordinatensysteme sind nicht mehr geometrisch, sondern elektrisch - unter Berücksichtigung nicht die gesamte Maschine, sondern nur ein Teil davon, wobei der betrachtete Teil des Rotors und Stators ein Dipolmagnet ist. Einen geometrischen Winkels alpha entspricht alpha Anzahl von Polen / 2 Winkel in elektrischen Koordinaten.

Die meisten hier offenbaren Verfahren zum Betreiben elektrischer Rotationsmaschinen werden in einem stationären Betriebsmodus durchgeführt. Im stationären Betriebsmodus sind die Drehzahl (WR) und das Drehmoment (T) über der Zeit konstant. Wenn Strom- und Spannungs-Phasor in Rotor- oder Statorkoordinaten konstante Größe haben und mit konstanter Winkelgeschwindigkeit rotieren, stehen zeitliche Ableitungen der Strom-Phasor IR' bzw. IS' senkrecht zu IR bzw. IS und zeigen in Drehrichtung. Eine Maschine arbeitet nicht immer in einem stationären Betriebsmodus, sondern auch in einem Zwischenbetriebsmodus, in dem sich die Drehzahl (WR) oder das Drehmoment (T) sich mit der Zeit ändern. Beispielsweise kann eine Maschine während des Startens, Abschaltens, Geschwindigkeitsänderung, oder Laständerung sich in einem Zwischenbetriebsmodus befinden.

**[0046]** Für hier offenbarte elektrische Rotationsmaschinen in einem stationären Betriebsmodus ist es möglich, dass ein Strom-Phasor oder ein Spannungs-Phasor Komponenten umfasst und dass diese Komponenten mit unterschiedlichen Winkelgeschwindigkeiten rotieren. Zum Beispiel könnte der Rotorstrom-Phasor  $IR$  zwei Komponenten umfassen:  $IR_1$  und  $IR_2$ , sodass  $IR$  eine Vektorsumme von  $IR_1$  und  $IR_2$  ist:  $IR = IR_1 + IR_2$  und  $IR_1$  rotiert in Statorkoordinaten mit einer Winkelgeschwindigkeit von  $W_1$  und  $IR_2$  rotiert in Statorkoordinaten mit Winkelgeschwindigkeit von  $W_2$ . Der für Strom- oder Spannungszeiger verwendete Begriff „umfassen“ bedeutet, dass die Aufzählung nicht abschließend ist: Beispiel: „ $IR$  umfasst  $IR_1$  und  $IR_2$ “, bedeutet, dass es noch möglich ist, dass es einen weiteren Phasor  $IR_3$  gibt, sodass  $IR = IR_1 + IR_2 + IR_3$  und in einem stationären Betriebsmodus  $IR_1$  rotiert bei  $W_1$ ,  $IR_2$  rotiert bei  $W_2$  und  $IR_3$  rotiert bei  $W_3$ .

**[0047]** Strom-Phasor oder Spannungs-Phasor oder ihre Komponenten können synchron oder asynchron gegeneinander rotieren. Zwei Phasoren  $V$  und  $U$  rotieren synchron, wenn ihre Winkelgeschwindigkeiten gleich sind, sodass der Winkel zwischen ihnen zeitlich konstant ist. Zwei Phasoren  $V$  und  $U$  rotieren asynchron, wenn ihre Winkelgeschwindigkeiten im stationären Zustand nicht gleich sind, sodass sich der Winkel zwischen ihnen mit der Zeit ändert.

**[0048]** Bei der hier offenbarten elektrischen Rotationsmaschine, die Wechselstromversorgung legt Spannungen an die Anschlüsse von Statorwicklungen und die Rotorstromversorgung durch Rotorschalter legt der Spannung an Anschlüsse von Rotorwicklungen. Sowohl im Stator- als auch im Rotor-Fall kann während des Betriebs der elektrischen Rotationsmaschine elektrische Energie in die Wicklungen geliefert werden oder Energie aus den Wicklungen entnommen werden. Die an die Wicklungen gelieferte Leistung ist  $1 * V$ , wobei  $1$  der Strom-Phasor und  $V$  der Spannungs-Phasor und  $1 * V$  das Skalarprodukt ist. Das Skalarprodukt ist eine Zahl, die gleich dem Produkt der Größe des Phasors  $1$  mal der Größe des Phasors  $V$  mal dem Kosinus des Winkels zwischen  $1$  und  $V$  ist. Wenn das Vorzeichen von  $1 * V$  negativ ist, wird den Wicklungen elektrische Energie entnommen.

**[0049]** Nehmen wir für die spätere Analyse an, dass der Strom-Phasor  $1$  zwei Komponenten  $1_1$  und  $1_2$  umfasst, also  $1 = 1_1 + 1_2$  und auch die Spannung-Phasor  $V$  zwei  $V_1$  und  $V_2$  umfasst, also  $V = V_1 + V_2$  und  $1_1$  mit  $V_1$  synchron sind und  $1_2$  mit  $V_2$  sind synchron und  $1_1$  gegen  $1_2$  sind asynchron. Die gelieferte elektrische Leistung  $P$  ist gleich:  $P = (1_1 + 1_2) * (V_1 + V_2)$ , also:  $P = (1_1 * V_1) + (1_2 * V_2) + (1_1 * V_2) + (1_2 * V_1)$ . Wenn nun  $1_1$  gegen  $V_2$  sowie  $1_2$  gegen  $V_1$  asynchron sind, ist der Mittelwert von  $1_1 * V_2$  Null und der Mittelwert von  $1_2 * V_1$  ist ebenfalls Null und die mittlere elektrische Leistung  $P$  ist gleich  $P = 1_1 * V_1$  und  $1_2 * V_2$ . Aus diesem Grund kann man, wenn der Stromzeiger zwei asynchrone Komponenten:  $1_1$  und  $1_2$  umfasst, von einer durchschnittlichen Leistungsübertragung sprechen, die der Strom-Phasor  $1_1$  zugeordnet ist, gleich  $1_1 * V_1$ , und von einer durchschnittlichen Leistungsübertragung, die der Strom-Phasor  $1_2$  zugeordnet ist, gleich  $1_2 * V_2$ .

**[0050]** Jetzt sind wir bereit, den Begriff der Rotorleistungsbilanz einzuführen. Nehmen wir an, dass der Rotorstrom-Phasor mehrere Komponenten  $IR_1, IR_2, \dots$  enthält und auch der Rotorspannungs-Phasor auch mehrere Komponenten  $VR_1, VR_2, \dots$  enthält und diese Komponenten paarweise synchron sind:  $IR_1$  mit  $VR_1$  sind synchron und  $IR_2$  mit  $VR_2$  sind synchron usw., und gleichzeitig sie sind nicht synchron zueinander:  $IR_1$  ist asynchron zu  $IR_2$  und  $VR_1$  ist asynchron zu  $VR_2$ . Wenn die Summe der durchschnittlichen Leistungsübertragung zwischen den Rotorwicklungen und der Rotorsteuerung oder konkret der Rotorstromversorgung, die mit verschiedenen Komponenten des Rotorstrom-Phasors verbunden ist, Null ist oder nahe bei Null liegt oder andere Leistungsausgaben der Rotorstromversorgung deckt, sagen wir, dass die Rotorleistungsbilanz ausgeglichen ist.

**[0051]** Lassen wir uns nun ein einfaches lineares Modell einer oben beschriebenen elektrischen Rotationsmaschine vorstellen. Obwohl es nicht 100 % genau ist, ist das Modell zum Verstehen und Implementieren von hier offenbarten Strukturen und Betriebsverfahren nützlich. Das Modell basiert auf der Annahme, dass ein Strom-Phasor  $I$  ein Magnetfeld induziert, dessen durchschnittliche Flussdichte  $B$  innerhalb der entsprechenden Wicklungen die gleiche Richtung wie  $I$  hat und dass die Größe von  $B$  linear proportional zu  $I$  ist:  $B=c*I$ . Die Annahme ist nicht 100 % genau, da sie den Effekt der magnetischen Hysterese oder Sättigung oder andere Effekte, die in den meisten magnetischen Materialien vorhanden sind, nicht beinhaltet. Wenn jedoch weichmagnetische Materialien für den Stator- und Rotorkern verwendet werden und das Magnetfeld nicht gesättigt ist, bietet das Modell eine ausreichende Genauigkeit. Unter dieser Annahme ist die Beziehung zwischen Rotor-/Stator Spannung- und Strom-Phasoren:  $V_S = aI_S b * IR' - hrs * IS$  und  $VR = b_1 S_4 c * IR' - hrr * IR T = b * IS * IR * \sin(\angle IS, IR)$ . Die in dieser Offenbarung vorgestellten Verfahren zum Betrieb verschiedener Versionen von elektrischen Rotationsmaschinen spezifizieren Bedingungen, die von Strom- und Spannungs-Phasoren erfüllt werden müssen, damit ein Verfahren ordnungsgemäß funktioniert. Daraus ergibt sich die Frage, wie entsprechende Strom- und Spannungszeiger erzwungen werden können, um diese Bedingungen unter Verwendung der Struktur einer bestimmten Version der offenbarten elektrischen Rotationsmaschine zu erfüllen. Es kann unterschiedliche Regleransätze geben und das unten beschriebene Durchsetzungsverfahren ist nur ein bestimmtes Verfahren und die Offenbarung ist nicht auf dieses bestimmte Verfahren beschränkt. Die Durchsetzungsmethode ist ein zweistufiger Ansatz. Im ersten Schritt wird der gewünschte Rotorstrom-Phasor berechnet. Im zweiten Schritt wird der Zustand der elektronischen Schalter im Rotor ermittelt.

**[0052]** Um den gewünschten Rotorstrom-Phasor  $IR_D$  im Falle eines stationären Betriebs zu bestimmen, werden Bedingungen in jeweiligen Ansprüchen in einen Satz algebraischer Gleichungen umgewandelt, die durch den Stromzeiger  $IR_D$  oder Komponenten des Stromzeigers  $IR_D$  erfüllt werden müssen:  $IR_{1\_D}, IR_{2\_D}$ . Auch andere Bedingungen, die in den jeweiligen Ansprüchen nicht erwähnt sind, können dem Satz von Gleichungen hinzugefügt werden: zum Beispiel die Bedingungen, dass die Komponente des Rotorstrom-Phasors:  $IR_1$  senkrecht zu einer Komponente eines Statorstrom-Phasors sein muss:  $IS_1$ . Eine weitere Gleichung, die hinzugefügt werden muss, ist eine Gleichung des gewünschten Dreh-

moments  $T$ . Der Wert des gewünschten Drehmoments  $T$  könnte von dem Bediener der elektrischen Rotationsmaschine (Mensch oder Maschine) bereitgestellt werden oder er könnte aus anderen Regelungsverfahren bestimmt werden. Als nächstes, werden diese Gleichungen beispielsweise durch einen im Statorsteuerung installierten Mikrocomputer gelöst - entweder direkt oder durch ein iteratives computerbasiertes Verfahren zum Lösen algebraischer Gleichungen oder ein anderes Verfahren. Die Durchführung dieser Berechnungen kann auch die Messung einiger Variablen innerhalb der elektrischen Rotationsmaschine erfordern, wie z. B. die tatsächliche Position des Rotors, der tatsächliche Statorstrom-Phasor  $IS$ , der tatsächliche Statorspannungs-Phasor  $VS$  usw.

**[0053]** Falls sich die Maschine nicht in einem stationären Zustand, sondern in einem Zwischenbetriebszustand befindet, könnten Filterverfahren verwendet werden, um den gewünschten Rotorstrom-Phasor  $IR\_D$  allmählich vom anfänglichen zum endgültigen stationären Betriebszustand zu ändern.

**[0054]** Der zweite Schritt besteht darin, den Zustand der elektronischen Rotorschalter zu bestimmen, um zu erzwingen, dass der tatsächliche Rotorstrom-Phasor  $IR$  gleich oder zumindest nahe dem gewünschten Stromzeiger  $IR\_D$  ist. Es gibt eine Reihe bekannter Techniken, die feldorientierte Steuerung, PWM-Regelung, Hystereseregulierung usw. umfassen, die für diese Aufgabe verwendet werden können.

**[0055]** Ein bestimmtes hier vorgeschlagenes Verfahren ist das Folgende. Für eine gegebene Topologie eines elektrischen Schaltkreises, der Rotorwicklungen und elektronische Rotorschalter enthält, gibt es eine Liste gültiger Konfigurationen von elektronischen Rotorschaltern. Eine Konfiguration von elektronischen Rotorschaltern ist eine Zuweisung, bei der jeder elektronische Rotorschalter einen zugewiesenen Leitungszustand hat: „Ein“ oder „Aus“. Eine Konfiguration von elektronischen Rotorschaltern ist gültig, wenn in einer solchen Konfiguration jeder Anschluss der Rotorwicklung mit genau einem Anschluss der Rotorstromversorgung durch einen Schalter im „Ein“-Zustand verbunden ist und alle anderen elektronischen Schalter, die mit diesem Anschluss verbunden sind, im „Aus“-Zustand sind. Nun gibt es für jede gültige Konfiguration von elektronischen Rotorschaltern einen entsprechenden Rotorspannungs-Phasor: gegeben durch Werte von Spannungen, die an jeden Anschluss von Rotorwicklungen angelegt werden.

**[0056]** Das hier vorgeschlagene Verfahren zum Bestimmen des Zustands elektronischer Schalter könnte wie folgt funktionieren: es überprüft periodisch, welche der gültigen Konfigurationen von elektronischen Rotorschaltern zu einem Rotorspannungs-Phasor  $VR$  führt, so dass der Winkel zwischen  $VR$  und  $(IR\_D - IR)$  am kleinsten ist und wendet dann diese bestimmte Konfiguration von elektronischen Rotorschaltern an, indem entsprechende Ausgangssignale des Schaltertreibers erzwungen werden.

#### LISTE DER REFERENZNUMMERN

**[0057]**

1	Stator
2	Rotor
3	Statorwicklungen
4	Wechselstromversorgung
5	Schaltereinheit
6	Rotorwicklungen
7	Anschlüssen der Rotorwicklungen
8	Rotorsteuerung
9	elektronische Rotorschalter
10	Schaltertreiber
11	Rotorstromversorgung
12	Kondensator
13	Leistungs-MOS-Transistoren
14	Anschlüssen der Statorwicklungs
15	Rotorkommunikationseinheit
16	zusätzliche Statorwicklung
17	Statorversorgungseinheit
18	Stator-Kommunikationseinheit
19	Statorsteuerung
20	wiederaufladbare Batterie
21	Welle
22	Kommunikationsanschluss des Stators
23	Hilfswicklung
M1, M2, M3, N1	Elektrische Rotationsmaschinen
XY	-Statorkoordinaten
X'Y'	-Rotorkoordinaten
WR	Winkeldrehzahl des Rotors
IR	-Rotorstrom-Phasor

IR_D	gewünschter Rotorstrom-Phasor
IS	-Statorstrom-Phasor
IR1, IR2	Rotorstrom-Phasor Komponente IR_M1, IR_M2 RotorstromPhasor der Maschine M1 bzw. M2
IR1 M1, IR2 M1	Komponenten des Rotorstrom-Phasors in M1
IR1 M2, IR2 M2	Komponenten des Rotorstrom-Phasors in M2
IR'	Zeitableitung des Rotorstrom-Phasors in Statorkoordinaten
IR''	Zeitableitung des Rotorstrom-Phasors in Rotorkoordinaten
IS1,	IS2 Komponenten des Statorstrom-Phasors
IS_M1, IS_M2, IS_N1	Statorstrom-Phasor der Maschine M1 bzw. M2 bzw. N1
IS1 M1, IS2 M1	Komponenten des Statorstrom-Phasors in M1
IS1 M2, IS2 M2	-Komponenten des Statorstrom-Phasors in M2
IS'	-Zeitableitung des Statorstrom-Phasors in Statorkoordinaten
IS''	Zeitableitung des Statorstrom-Phasors in Rotorkoordinaten
VR	-Rotorspannungs-Phasor
VS	Statorspannungs-Phasor
VR1, VR2	Komponenten des Rotorspannungs-Phasors
VS1, VS2	Komponenten des Statorspannungs-Phasors
a, b, c, rr, rs	Parametern des linearen Modells einer elektrischen Rotationsmaschine
W1, W2	Drehwinkelgeschwindigkeiten von Strom- oder Spannungs-Phasor
WS	Winkelgeschwindigkeit der Wechselstromversorgung
sinU,V	Sinus des Winkels zwischen den Phasoren U und V
cosU,V	Kosinus des Winkels zwischen den Phasoren U und V
T	Drehmoment
P	Leistung
PM	mechanische Leistung
PS	an Statorwicklungen gelieferte elektrische Leistung
PR	an Rotorwicklungen gelieferte elektrische Leistung
PH	Widerstandsleistungsverluste in Stator- und Rotorwicklungen
PR1, PR2	elektrische Leistung, die an Rotorwicklungen geliefert wird, die der Komponente von Rotorstrom-Phasor IR1 bzw. IR2 zugeordnet sind
PS1,	PS2 elektrische Leistung, die an Statorwicklungen geliefert wird, die der Komponente von Statorstrom-Phasor IS1 bzw. IS2 zugeordnet sind

### Patentansprüche

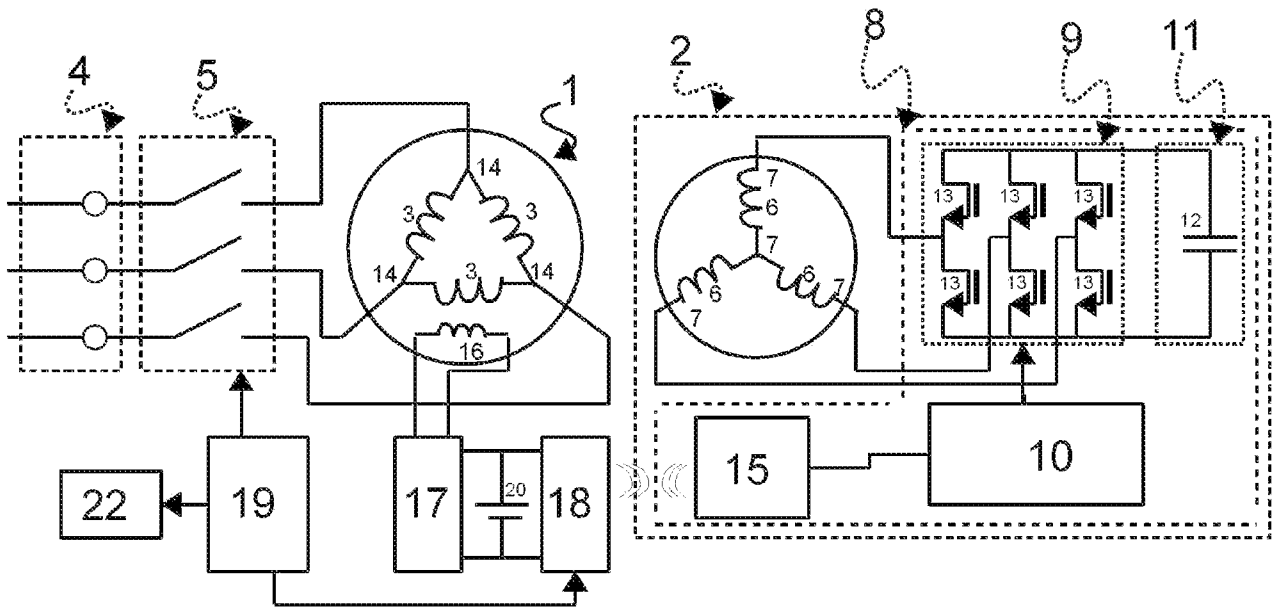
1. Elektrische Rotationsmaschine mit einem Stator (1) mit mehreren Statorwicklungen (3) aus leitfähigem Material und Anschlüssen von Statorwicklungen (14) und einem Rotor (2) mit mehreren Rotorwicklungen (6) aus leitfähigem Material und Anschlüssen Rotorwicklungen (7), wobei der Rotor (2) mechanisch mit dem Stator (1) gekoppelt ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Kern des Stators (1) und der Kern des Rotors (2) aus weichmagnetischem Material bestehen, dessen Koerzitivfeldstärke unter 100 A/m liegt, die Anschlüsse der Statorwicklungen (14) entweder direkt oder über eine Schalteinheit (5) mit der elektrischen Wechselstromversorgung (4) gekoppelt sind, wobei der Rotor (2) eine Rotorsteuerung (8) mit mehreren elektronischen Rotorschaltern (9) enthält, mindestens einem Schaltertreiber (10) und einer Rotorstromversorgung (11), wobei die elektronischen Rotorschalter (9) elektrisch mit der Rotorstromversorgung (11) und Anschlüssen von Rotorwicklungen (7) gekoppelt sind und der Schaltertreiber (10) elektrisch oder optisch mit den elektronischen Rotorschaltern (9) gekoppelt ist, sodass elektrische Ströme in Rotorwicklungen (6) durch elektronische Rotorschalter (9) gesteuert werden können, zum Steuern der Magnetisierung von Rotor (2) und/oder Stator (1) während des Betriebs.
2. Elektrische Rotationsmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Rotorsteuerung (8) eine Rotorkommunikationseinheit (15) enthält, die mit dem Schaltertreiber (10) gekoppelt ist und während des Betriebs Informationen empfangen oder senden kann.
3. Elektrische Rotationsmaschine gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Stator (1) eine Statorversorgungseinheit (17) und mindestens eine zusätzliche Statorwicklung (16) enthält, wobei die zusätzliche Statorwicklung (16) mit der Statorversorgungseinheit (17) elektrisch gekoppelt ist und die Statorversorgungseinheit (17) konfiguriert ist eine elektrische Gleichstromversorgung zu bereitstellen.
4. Elektrische Rotationsmaschine gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Stator (1) eine Statorkommunikationseinheit (18) enthält und die Statorkommunikationseinheit (18) Informationen an die Rotorkommunikationseinheit (15) senden oder Informationen von der Rotorkommunikationseinheit empfangen kann (15).
5. Elektrische Rotationsmaschine gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Stator (1) eine Statorsteuerung (19) enthält, die mit der Statorkommunikationseinheit (18) gekoppelt ist.

6. Elektrische Rotationsmaschine gemäß einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Statorversorgungseinheit (17) eine wiederaufladbare Batterie (20) enthält.
7. Elektrische Rotationsmaschine gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Stator (1) drei Statorwicklungen (3) enthält und die Anschlüssen der Statorwicklungen (14) in Sternoder Dreieckschaltung angeordnet sind und die Anschlüsse der Statorwicklungen (14) entweder direkt oder über eine Schalteinheit (5) mit einer dreiphasigen Wechselstromversorgung (4) gekoppelt sind.
8. Elektrische Rotationsmaschine gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Stator (1) eine Statorwicklung (3) und eine Hilfswicklung (23) enthält, wobei die Anschlüsse der Statorwicklung (14) mit einer Einzelphase Wechselstromversorgung (4) entweder direkt oder über eine Schalteinheit (5) angeschlossen sind und die Hilfswicklung (23) kurzgeschlossen ist und die Statorwicklung (3) senkrecht zur Hilfswicklung (23) ausgerichtet ist, sodass eine Komponente der Strom-Phasor senkrecht zum Strom-Phasor der Statorwicklung vorhanden ist.
9. Anordnung einer Vielzahl von elektrischen Rotationsmaschinen (M1, M2) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Rotoren (2) unterschiedlicher elektrischer Rotationsmaschinen (M1, M2) mechanisch gekoppelt sind, zumindest ein Rotorstromversorgung (11) zu allen elektrischen Rotationsmaschinen (M1, M2) gekoppelt ist oder einzeln Rotorstromversorgungen (11) elektrisch miteinander gekoppelt sind, die Anschlüsse der Statorwicklungen (14) der elektrischen Rotationsmaschinen (M1, M2) parallel elektrisch gekoppelt sind, und die Anschlüsse der Statorwicklungen (14) der elektrischen Rotationsmaschinen (M1, M2) entweder direkt oder über eine Schalteinheit (5) mit der elektrischen Wechselstromversorgung (4) gekoppelt sind.
10. Anordnung einer Vielzahl von elektrischen Rotationsmaschinen (M1, ..., N1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Rotoren (2) unterschiedlicher elektrischer Rotationsmaschinen (M1, ..., N1) mechanisch gekoppelt sind, mindestens eine Rotorversorgung (11) zu allen elektrischen Rotationsmaschinen (M1, ..., N1) gekoppelt ist oder einzeln Rotorstromversorgungen (11) elektrisch miteinander gekoppelt sind, die Anschlüsse von Statorwicklungen (14) von elektrischer Rotationsmaschine (N1) kurzgeschlossen sind, während die Anschlüsse der Statorwicklungen (14) der elektrischen Rotationsmaschine oder Maschinen (M1, ...) entweder direkt oder über eine Schalteinheit (5) mit der Wechselstromversorgung (4) gekoppelt sind.
11. Anordnung einer Vielzahl von elektrischen Rotationsmaschinen (M1, M2, M3) gemäß Anspruch 8, die entweder direkt oder über eine Schalteinheit (5) mit einer Mehrphasen-Wechselstromversorgung (4) elektrisch gekoppelt sind, dadurch gekennzeichnet, dass für jede elektrische Rotationsmaschine (M1, M2, M3) mindestens ein Anschluss jeder aktiven Statorwicklung (3) elektrisch an eine andere Phase der Mehrphasen-Wechselstromversorgung (4) gekoppelt ist.
12. Verfahren zum Betreiben einer elektrischen Rotationsmaschine gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei: während eines stationären Betriebs der elektrischen Rotationsmaschine: - der Rotorstrom-Phasor (IR) mehrere Komponenten umfasst: (IR1), (IR2) ..., - Komponente (IR1) in Statorkoordinaten rotiert synchron mit Statorspannungs-Phasor (VS), - Komponente (IR2) in Statorkoordinaten rotiert asynchron gegenüber Statorspannungs-Phasor (VS) und - Summe der durchschnittlichen Leistungsübertragungen zwischen Rotorwicklungen (6) und Rotorsteuerung (8), die mit verschiedenen Komponenten des Rotorstrom-Phasors verbunden sind, wird durch geeignete Einstellung elektrischer Ströme in Rotorwicklungen (6) abgeglichen, wobei die elektrische Ströme in Rotorwicklungen (6) durch elektronische Rotorschalter (9) und Rotorstromversorgung (11) gesteuert sind.
13. Verfahren zum Betreiben einer Anordnung von elektrischen Rotationsmaschinen gemäß einem der Ansprüche 9 bis 12, wobei im stationären Betrieb: - jeder Maschine (M1, M2,) jeweils ein Rotorstrom-Phasor (IR\_M1), (IR\_M2) zugeordnet ist, - jeder Maschine (M1, M2,) ein Statorstrom-Phasor (IS\_M1), (IS\_M2) zugeordnet ist, - jeder Rotorstrom-Phasor (IR\_M1), (IR\_M2) zwei Komponenten enthält: der (IR\_M1) enthält (IR1\_M1) und (IR2\_M2) und der (IR\_M2) enthält (IR1\_M2) und (IR2\_M2), - jeder Statorstrom-Phasor zwei Komponenten enthält: der (IS\_M1) enthält (IS1\_M1) und (IS2\_M1) und der (IS\_M2) enthält (IS1\_M2) und (IS2\_M2), - für jede Maschine (M1, M2,) Komponenten der Rotorstromphasor: (IR1\_M1), (IR1\_M2) rotieren synchron mit Spannungszeiger der Statorwicklungen (VS), - für jede Maschine (M1, M2,) Komponenten der Statorstromzeiger: (IS1\_M1), (IS1\_M2) synchron mit Statorspannungs-Phasor VS in Statorkoordinaten rotieren, - für jede Maschine (M1, M2,) der Komponente (IR2\_M1) des Rotorstrom-Phasors rotiert synchron mit (IS2\_M1) und (IR2\_M2) rotiert synchron mit (IS2\_M2) ..., - für jede Maschine (M1, M2,) die Strom-Phasoren IS2\_M1, IS2\_M2 in Statorkoordinaten asynchron gegen VS rotieren - mittlere Leistungsübertragungen zwischen Rotorwicklungen (6) von alle Maschinen (M1, M2,) und die Rotorstromversorgung (11) oder alle Rotorstromversorgungen (11) verschiedener Maschinen (M1, M2,) abgeglichen sind - und die Phasorsumme  $IS2\_M1 + IS2\_M2 + \dots$  gleich oder ausreichend nahe bei null reguliert ist durch geeignete Einstellung elektrischer Ströme in den Rotorwicklungen (6), gesteuert durch elektronische Rotorschalter (9) und Rotorstromversorgung (11).
14. Verfahren zum Betreiben einer Anordnung von elektrischen Rotationsmaschinen gemäß Anspruch 10, wobei im stationären Betrieb: - jeder Maschine (M1,) ein Statorstrom-Phasor (IS\_M1) zugeordnet ist, - jeder Maschine (N1) ein Statorstrom-Phasor (IS\_N1) zugeordnet ist, in jeder Maschine (M1) IS\_M1, ... rotiert in Statorkoordinaten synchron mit Statorspannungs-Phasor (VS) - in jeder Maschine (N1, ...) in rotiert IS\_N1 in Statorkoordinaten asynchron zum Stator Spannungszeiger (VS) - durchschnittliche Leistungsübertragung zwischen den Rotorwicklungen aller Maschinen (M1,

..., N1) und der Rotorstromversorgung (11) aufgrund aller Komponenten der Rotorstrom-Phasor in den Maschinen (M1, ..., N1 ,...) ist ausgeglichen.

15. Verfahren zum Betreiben einer elektrischen Rotationsmaschine gemäß Anspruch 8, wobei im stationären Betrieb: - das Einphasen-Wechselstromversorgung (4) in Statorkoordinaten einen Statorspannungs-Phasor (VS) erzeugt, - der Statorspannungs-Phasor (VS) zwei Komponenten: VS1 und VS2 umfasst, wobei VS1 und VS2 gleiche Größen haben und in entgegengesetzten Richtungen synchron mit der elektrischen Wechselstromversorgung (4) rotieren, und - der Rotorstrom-Phasor (IR) zwei Komponenten : IR1 und IR2 umfasst, wobei in Statorkoordinaten IR1 ist synchron mit VS1 und IR2 ist synchron mit VS2 - durchschnittliche Leistungsübertragung zwischen Rotorwicklungen (6) und Rotorsteuerung (8) aufgrund aller Komponenten des Rotorstrom-Phasors ist ausgeglichen.
16. Verfahren zum Betreiben einer elektrischen Rotationsmaschine oder einer Anordnung von elektrischen Rotationsmaschinen gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei für einen Soll-Rotorstrom-Phasor (IR\_D) und Ist-Rotorstrom-Phasor (IR) die Rotorsteuerung (8) oder die Statorsteuerung (19) eine gültige Konfiguration von elektronischen Rotorschaltern (9) auswählt, für die der Absolutwert eines Winkels zwischen dem Rotorspannungs-Phasor, der der ausgewählten Konfiguration von elektronischen Rotorschaltern (9) entspricht, und der Differenz von IR D-IR am kleinsten ist.

Fig.1



# Fig.2

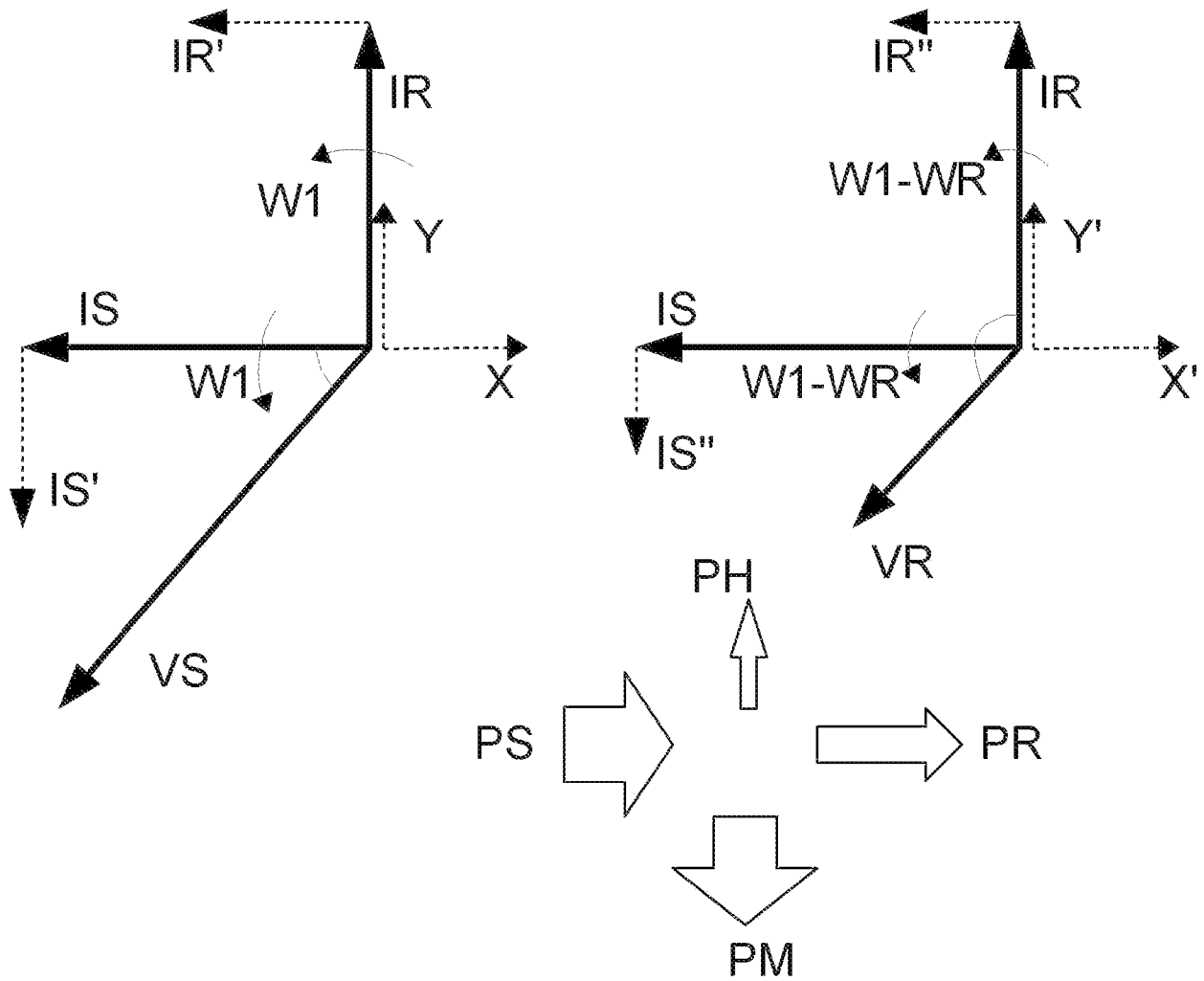


Fig.3a

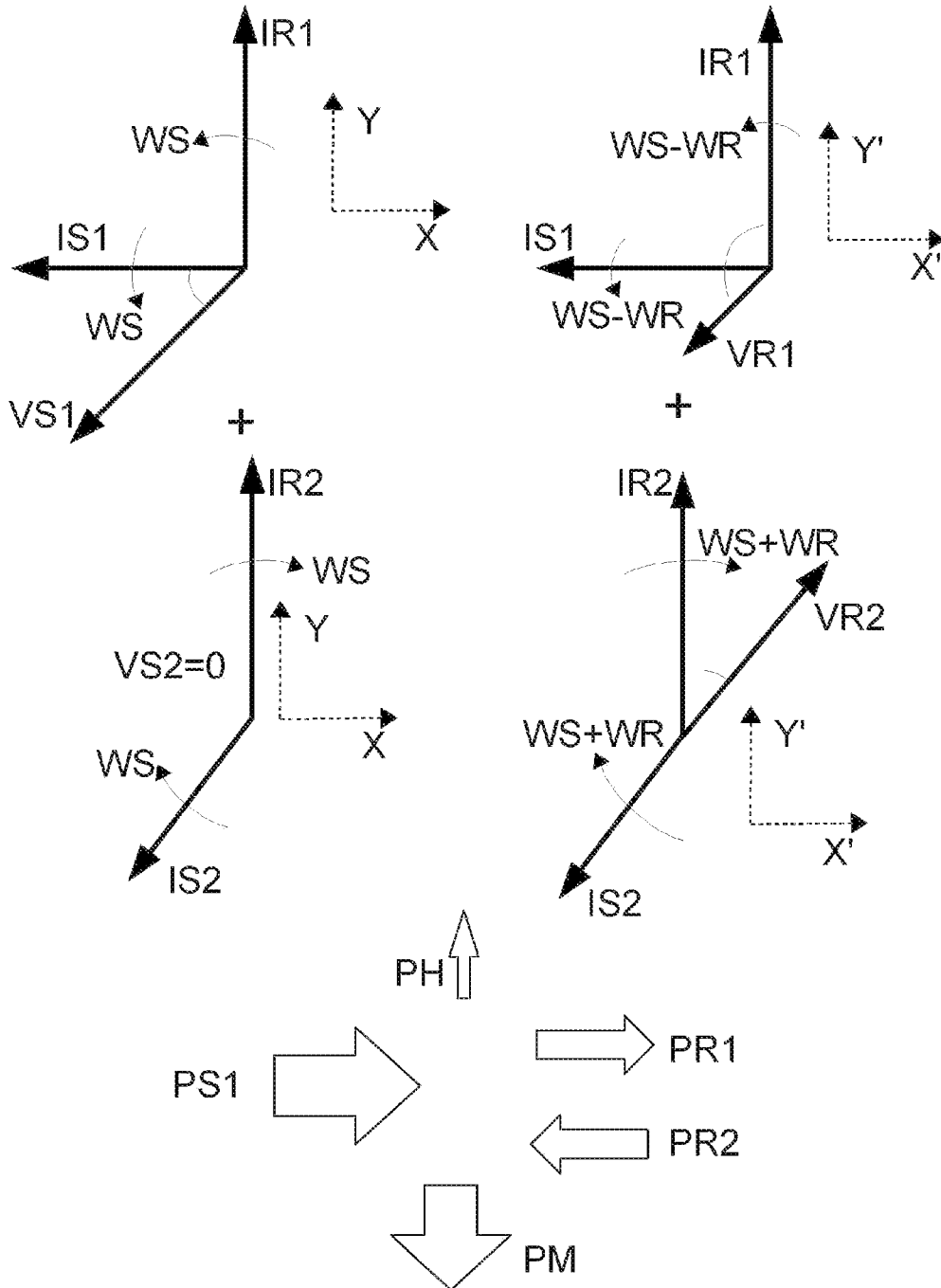
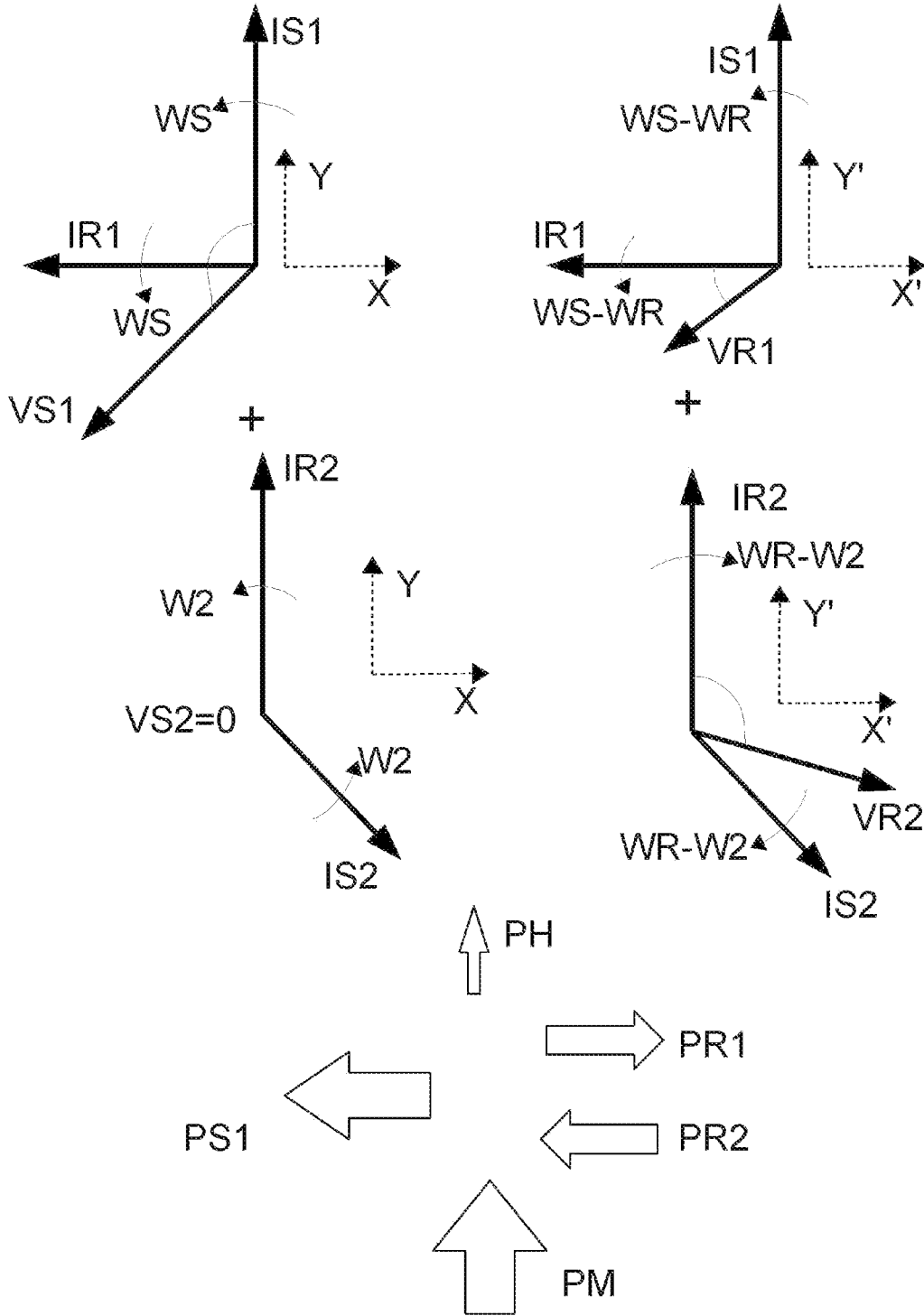


Fig.3b



# Fig.4

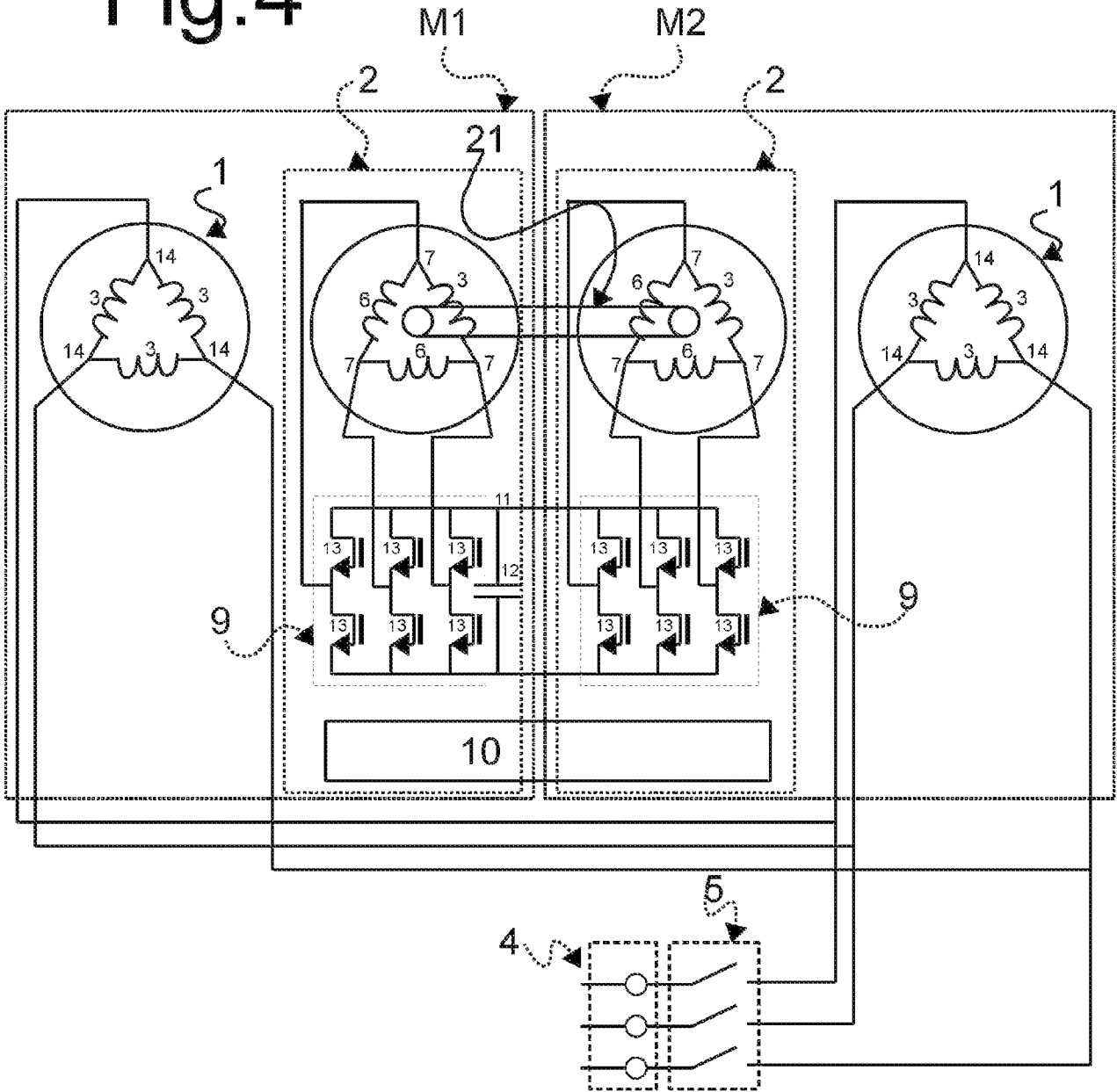
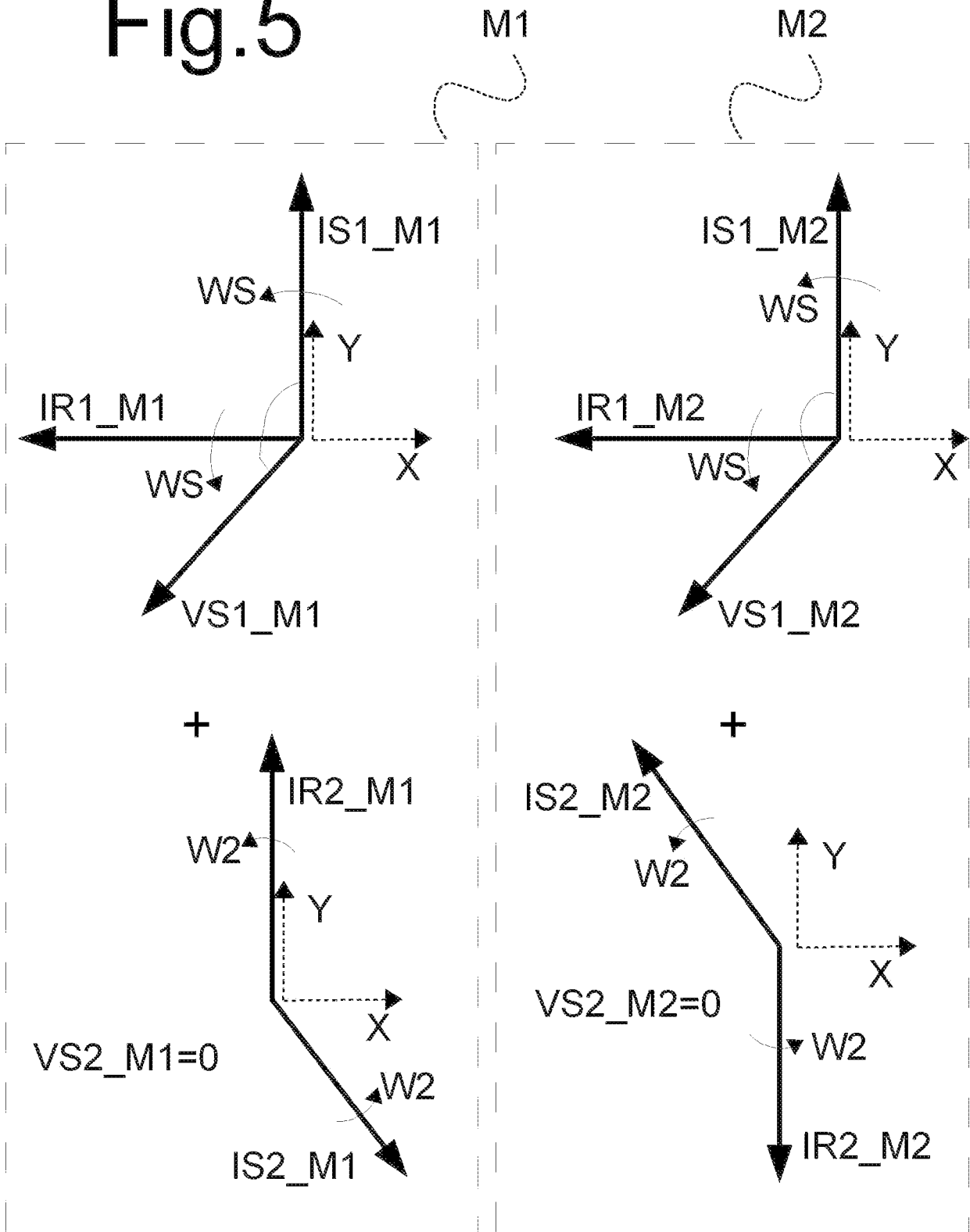
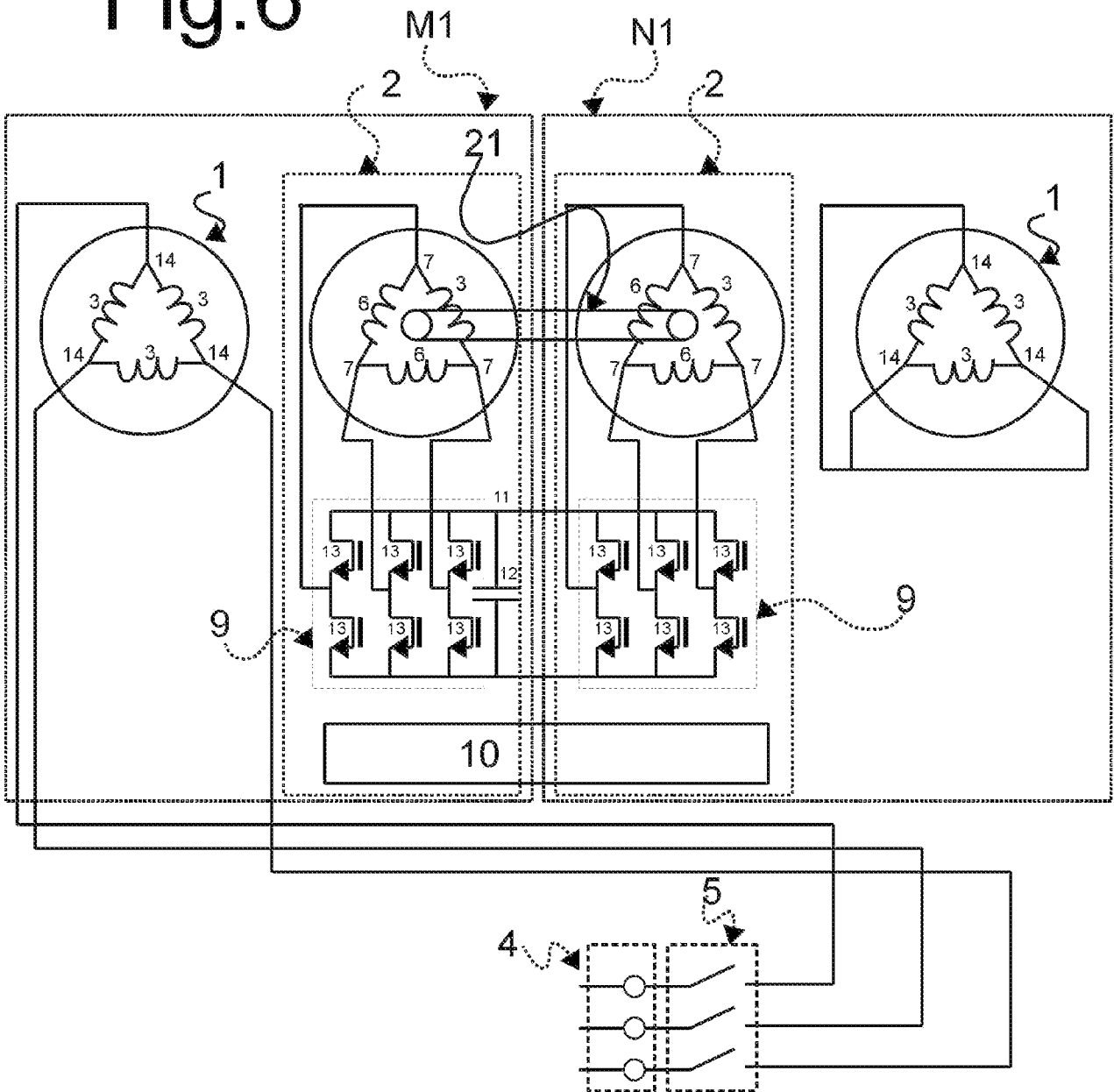


Fig.5

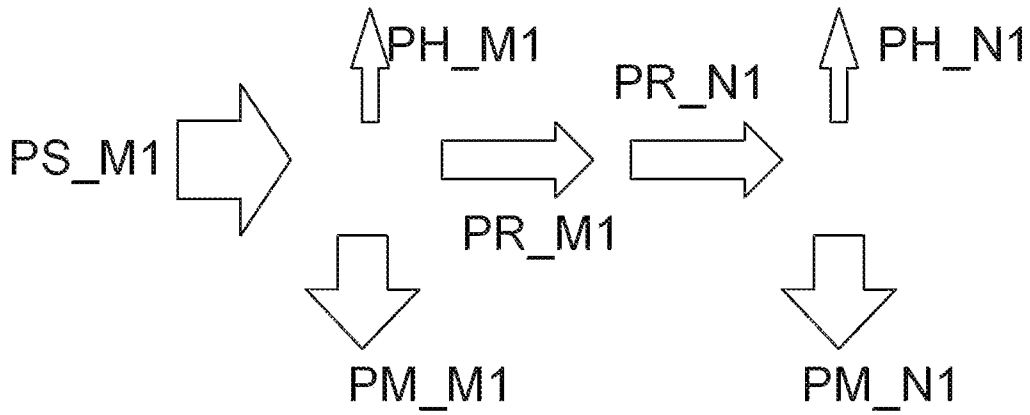
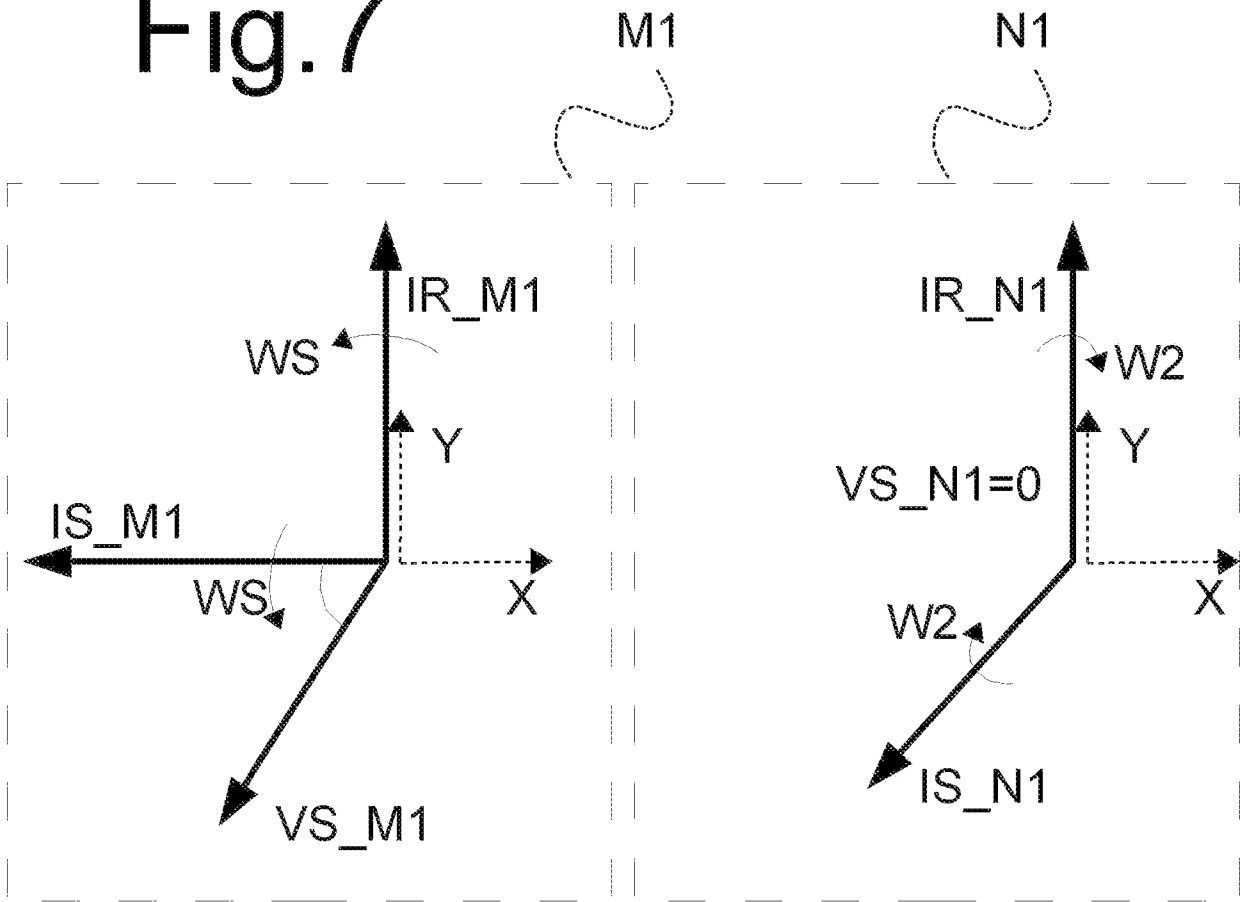


$$IS2\_M1 + IS2\_M2 = 0$$

Fig.6



# Fig.7



# Fig.8

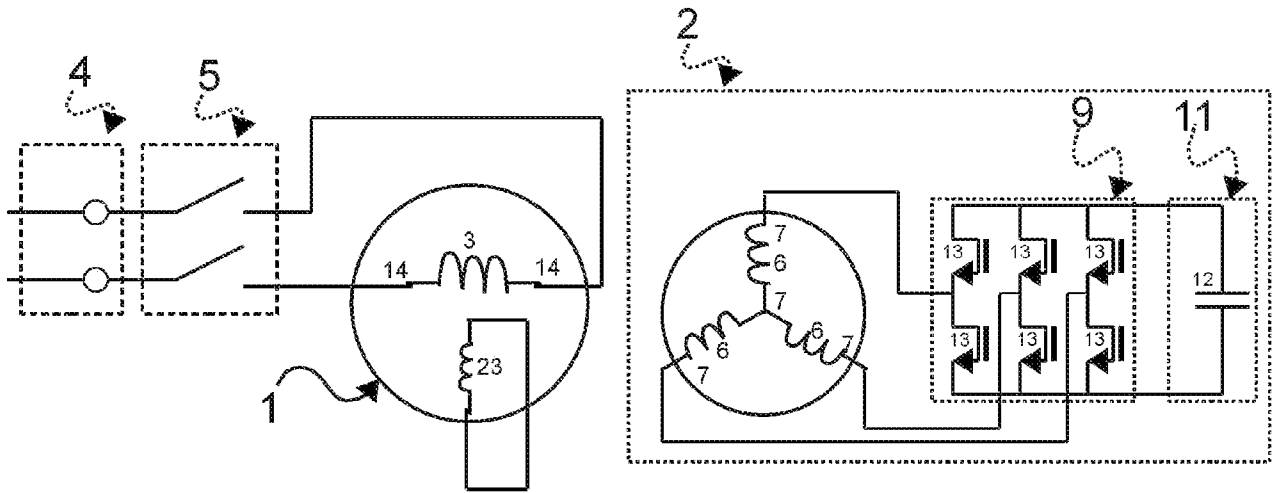


Fig.9

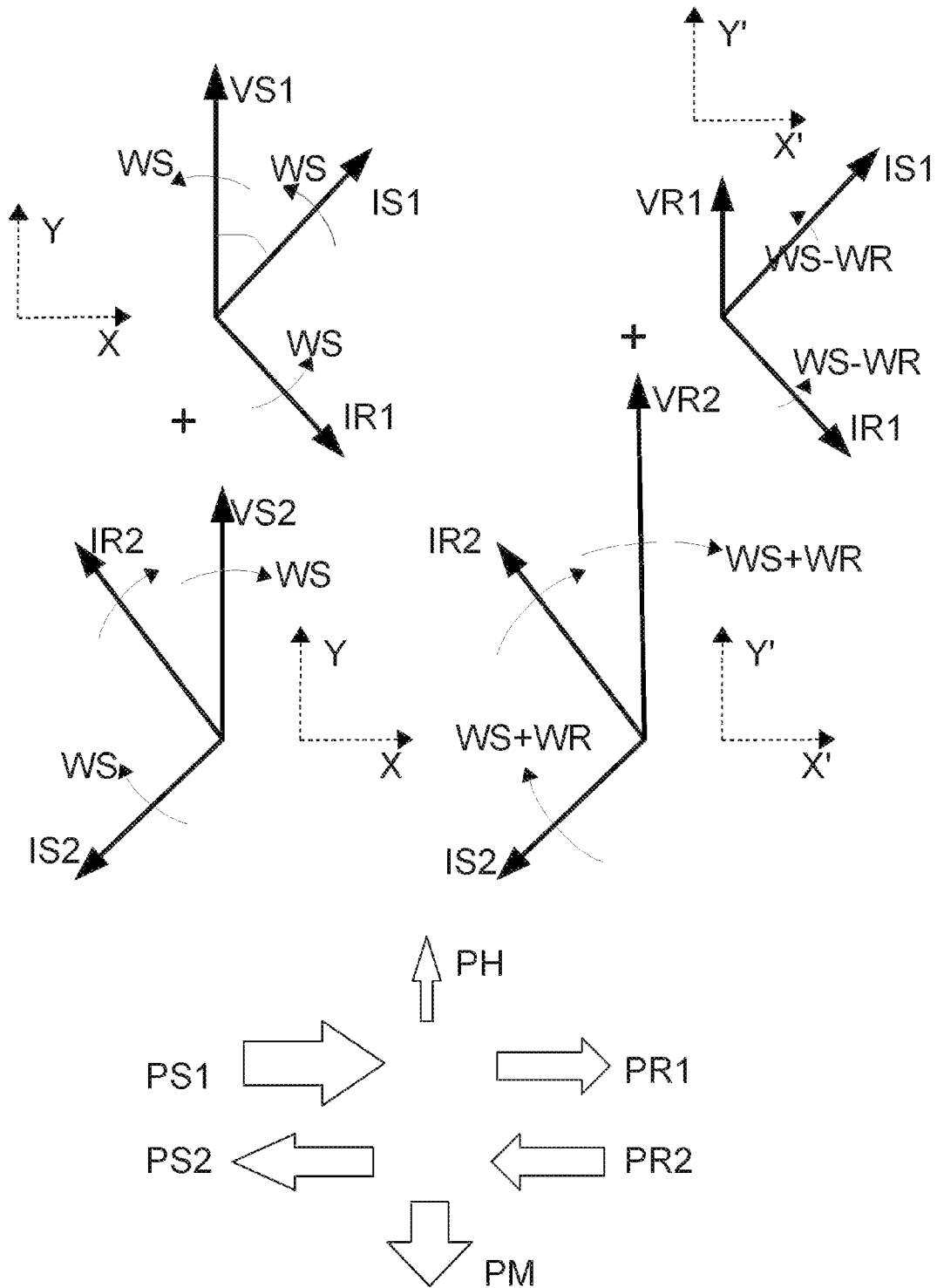


Fig.10a

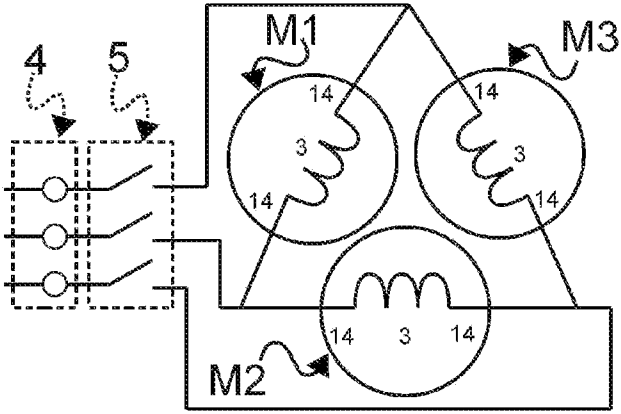


Fig.10b

