

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum

27. September 2012 (27.09.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2012/127011 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/055144
- (22) Internationales Anmeldedatum:
22. März 2012 (22.03.2012)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2011 001 513.2 23. März 2011 (23.03.2011) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **OSWALD ELEKTROMOTOREN GMBH**
[DE/DE]; Benzstraße 12, 63897 Miltenberg (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SETZER, Max**
[DE/DE]; Amorbacher Straße 2, 63936 Schneeberg (DE).
- (74) Anwalt: **KATSCHER HABERMANN
PATENTANWÄLTE**; Dolivostraße 15 A, 64293
Darmstadt (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

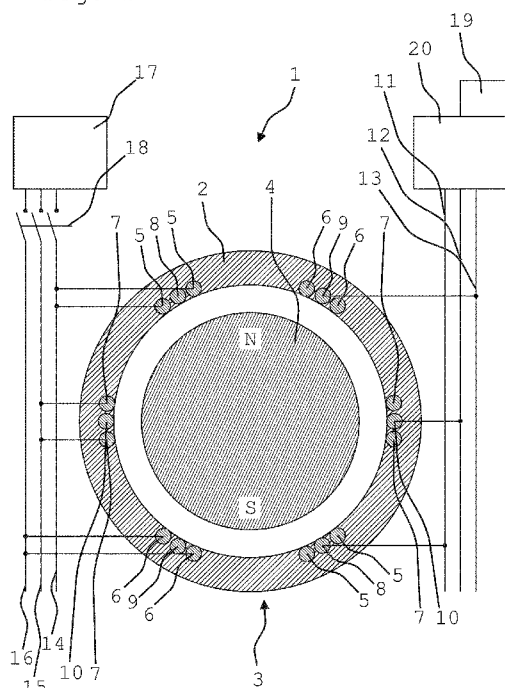
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR CONTROLLING A ROTATING ELECTRIC MACHINE IN AN OPEN-LOOP OR CLOSED-LOOP MANNER, AND ROTATING ELECTRIC MACHINE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR STEUERUNG ODER REGELUNG EINER ROTIERENDEN ELEKTRISCHEN MASCHINE UND ROTIERENDE ELEKTRISCHE MASCHINE

Fig. 1



(57) Abstract: The invention relates to a method for controlling a rotating electric machine in an open-loop or closed-loop manner. The electric machine has a stator (3), a rotor (4), several machine coils, and a supply apparatus that can be controlled in an open-loop manner. The several machine coils include at least one load coil (5, 6, 7) for connecting to an electric network (17) and at least one control coil (8, 9, 10), wherein only the at least one control coil (8, 9, 10) is connected to the supply apparatus in an electrically conductive manner, the supply apparatus being controllable in an open-loop or closed-loop manner, and the rotating electric machine is controlled in an open-loop manner with the aid of the at least one control coil (8, 9, 10). The at least one control coil (8, 9, 10) is supplied with an alternating control voltage by the supply apparatus that can be controlled in an open-loop or closed-loop manner. The invention further relates to a rotating electric machine for carrying out the method, comprising a stator (3), a rotor (4), a plurality of machine coils, and a supply apparatus that can be controlled in an open-loop or closed-loop manner. The plurality of machine coils include at least one load coil (5, 6, 7) for connecting to an electric network (17) and at least one control coil (8, 9, 10), wherein the at least one control coil (8, 9, 10) can be connected to the supply apparatus in an electrically conductive manner, the supply apparatus that can be controlled in an open-loop or closed-loop manner.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

**Veröffentlicht:**

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

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung oder Regelung einer rotierenden elektrischen Maschine. Die Elektrische Maschine weist einen Stator (3), einen Rotor (4), mehrere Maschinenspulen und eine steuerbare Versorgungseinrichtung auf. Bei den mehreren Maschinenspulen handelt es sich um mindestens eine Lastspule (5, 6, 7) zur Verbindung mit einem elektrischen Netz (17) und um mindestens eine Steuerspule (8, 9, 10), wobei nur die mindestens eine Steuerspule (8, 9, 10) mit der steuerbaren oder regelbaren Versorgungseinrichtung elektrisch leitend verbunden wird und die rotierende elektrische Maschine mit Hilfe der mindestens einen Steuerspule (8, 9, 10) gesteuert wird. Die mindestens eine Steuerspule (8, 9, 10) wird von der steuerbaren oder regelbaren Versorgungseinrichtung mit einer Steuerwechselspannung versorgt. Die Erfindung betrifft außerdem eine rotierende elektrische Maschine zur Durchführung des Verfahrens mit einem Stator (3), einem Rotor (4), mehreren Maschinenspulen und einer steuerbaren oder regelbaren Versorgungseinrichtung. Bei den mehreren Maschinenspulen handelt es sich um mindestens eine Lastspule (5, 6, 7) zur Verbindung mit einem elektrischen Netz (17) und um mindestens eine Steuerspule (8, 9, 10), wobei die mindestens eine Steuerspule (8, 9, 10) mit der steuerbaren oder regelbaren Versorgungseinrichtung elektrisch leitend verbindbar ist.

- 1 -

Verfahren zur Steuerung oder Regelung einer rotierenden
5 elektrischen Maschine und rotierende elektrische Maschine

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung oder
Regelung einer rotierenden elektrischen Maschine mit einem
10 Stator, mit einem Rotor, mit mehreren Maschinenspulen und
mit einer steuerbaren oder regelbaren
Versorgungseinrichtung.

Rotierende elektrische Maschinen werden beispielsweise als
15 Generatoren zur Speisung elektrischer Netze mit
elektrischer Energie eingesetzt. Als elektrische
Generatoren in Kraftwerken kommen häufig Synchronmaschinen
mit Leistungen bis zu 1500 Megawatt zum Einsatz. Teilweise
werden aber auch Asynchronmaschinen als Generatoren
20 eingesetzt.

In vielen Bereichen der Industrie aber auch beispielsweise
in der Haustechnik und der Automobiltechnik werden
rotierende elektrische Maschinen als elektrische Antriebe
25 eingesetzt. Neben den in dieser Anmeldung nicht näher
erläuterten Gleichstrommotoren kommen häufig
Asynchronmaschinen als elektrische Motoren zur Anwendung.

Üblicherweise werden Synchronmaschinen und
30 Asynchronmaschinen mit einem Dreiphasendrehstrom betrieben.
Die Drehzahl rotierender elektrischer Maschinen hängt im

- 2 -

Wesentlichen von der Frequenz der an den Maschinenspulen anliegenden Wechselspannung oder auch von der Polzahl ab.

Um große rotierende elektrische Maschinen an einem
5 Versorgungsnetz mit einer vorgegebenen Frequenz der von dem elektrischen Netz bereitgestellten Spannung betreiben zu können, müssen die rotierenden elektrischen Maschinen üblicherweise zunächst bis zu einer Nenndrehzahl beschleunigt werden, bevor die rotierende elektrische
10 Maschine mit dem elektrischen Netz elektrisch leitend verbunden wird. Zu diesem Zweck werden rotierende elektrische Maschinen beispielsweise mit Hilfe eines Hilfsaggregats beschleunigt beziehungsweise mit einer frequenzvariablen Versorgungsspannung versorgt, die durch
15 einen entsprechenden Frequenzumrichter bereitgestellt wird. Für den Anlauf von rotierenden elektrischen Maschinen gibt es verschiedene technische Verfahren, wie zum Beispiel den Sterndreieckanlauf. Rotierende elektrische Maschinen werden häufig aber auch mit Frequenzumrichtern betrieben,
20 insbesondere um einen drehzahlvariablen Betrieb der rotierenden elektrischen Maschinen zu ermöglichen.

Synchronmaschinen werden zudem häufig mit zusätzlichen Dämpfungselementen ausgestattet, um Drehzahlschwingungen
25 entgegenzuwirken, die sich der Grundfrequenz der Synchronmaschine überlagern.

Der Einsatz von Frequenzumrichtern zum Beschleunigen der rotierenden elektrischen Maschinen sowie zusätzlicher
30 Dämpfungselemente insbesondere bei einem Betrieb permanenterregter Synchronmaschinen ist äußerst aufwendig und kostenintensiv.

- 3 -

Als Aufgabe der Erfindung wird es daher angesehen, ein Verfahren bereitzustellen, mit dem eine rotierende elektrische Maschine kostengünstig und mit nur geringem
5 Aufwand an einem elektrischen Netz mit konstanter Frequenz und konstanter Amplitude der Versorgungsspannung betrieben werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass es
10 sich bei den mehreren Maschinenspulen um mindestens eine Lastspule zur Verbindung mit einem elektrischen Netz und um mindestens eine Steuerspule handelt, wobei nur die mindestens eine Steuerspule mit mindestens einer steuerbaren oder regelbaren Versorgungseinrichtung
15 elektrisch leitend verbunden wird und die rotierende elektrische Maschine mit Hilfe der mindestens einen Steuerspule gesteuert oder geregelt wird. Insbesondere kann die Steuerspule auch Bestandteil eines Regelkreises sein.

Um beispielsweise eine Synchronmaschine oder eine
20 Asynchronmaschine mit Hilfe der steuerbaren oder regelbaren Versorgungseinrichtung steuern oder regeln zu können, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die mindestens eine Steuerspule von der mindestens einen steuerbaren oder
25 regelbaren Versorgungseinrichtung mit einer Steuerwechselspannung versorgt wird.

Die rotierende elektrische Maschine kann dadurch gesteuert oder geregelt werden, dass eine Frequenz der
30 Steuerwechselspannung an eine Sollfrequenz angepasst wird und/oder eine Amplitude der Steuerwechselspannung an eine

- 4 -

Sollamplitude angepasst wird und/oder eine Phase der Steuerwechselspannung an eine Sollphase angepasst wird.

Im Folgenden werden einige vorteilhafte Ausgestaltungen des
5 erfindungsgemäßen Verfahrens am Beispiel eines zu steuernden beziehungsweise zu regelnden Anfahrvorgangs der rotierenden elektrischen Maschine beschrieben. Im Folgenden wird vereinfachend jeweils nur eine einzige steuerbare oder regelbare Versorgungseinrichtung genannt. Bei mehreren
10 Steuerspulen kann jede Steuerspule von einer zugeordneten steuerbaren oder regelbaren Versorgungseinrichtung angesteuert werden. Es können auch mehrere Versorgungseinrichtungen zur Ansteuerung von einer einzigen oder von jeder Steuerspule vorgesehen sein.

15 Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass ein Anfahrvorgang der rotierenden elektrischen Maschine mit Hilfe der mindestens einen steuerbaren oder regelbaren Versorgungseinrichtung und der mindestens einen Steuerspule realisiert wird.

20 Zu diesem Zweck ist vorteilhafterweise vorgesehen, dass während des Anfahrvorgangs der elektrischen Maschine die Frequenz und/oder Amplitude der Steuerspannung kontinuierlich erhöht wird, bis eine Rotordrehzahl
25 näherungsweise einer Synchronisationsdrehzahl entspricht. Bei der Synchronisationsdrehzahl kann es sich beispielsweise um die Drehzahl handeln, die ein elektromagnetisches Drehfeld einer Synchronmaschine nach Anlegen der Netzspannungen an die Lastspulen aufweist.

30 Um sicherzustellen, dass die Bedingungen, die vor dem Verbinden der Lastspulen mit dem elektrischen Netz

- 5 -

vorliegen müssen, erfüllt sind, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass mit Hilfe einer Überwachungseinrichtung eine Synchronisationsbedingung überwacht wird. Mit der Überwachungseinrichtung kann beispielsweise überwacht werden, ob die Frequenz, die Amplitude und die Phase der in den Lastspulen induzierten Wechselspannungen bei einem Anfahrvorgang der Frequenz, der Amplitude und der Phase der an den Leitern des elektrischen Netzes anliegenden Wechselspannungen entspricht.

10

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die mindestens eine Lastspule mit dem elektrischen Netz verbunden wird, falls die Synchronisationsbedingung erfüllt ist, wobei die mindestens eine Lastspule von dem elektrischen Netz mit einer Wechselspannung konstanter Frequenz und Amplitude versorgt wird.

Um die rotierende elektrische Maschine bei dem Anfahrvorgang nicht zu beschädigen kann zudem vorgesehen sein, dass die Frequenz der Steuerspannung so erhöht wird, dass ein Anlaufstrom kleiner oder gleich einem Anlaufmaximalstrom ist. Beispielsweise kann bei einer sprunghaften Veränderung der Drehfelddrehzahl des elektromagnetischen Drehfelds einer Asynchronmaschine in der Asynchronmaschine ein sehr hoher Anlaufstrom auftreten. Um diesen Anlaufstrom zu begrenzen, kann beispielsweise die Frequenz der Steuerspannung langsamer erhöht werden.

Bei der rotierenden elektrischen Maschine kann es sich beispielsweise um eine Synchronmaschine mit einem permanenterregten Rotor und einem Stator handeln, an dessen Umfang beispielsweise neun Lastspulen und drei Steuerspulen

- 6 -

angeordnet sind. Zum Betrieb der Synchronmaschine an dem elektrischen Netz muss eine stillstehende Synchronmaschine zunächst soweit beschleunigt werden, dass eine Rotordrehzahl mit einer Drehfelddrehzahl der

5 Synchronmaschine beziehungsweise eine Frequenz der Synchronmaschine mit einer Netzfrequenz übereinstimmt. Zu diesem Zweck sind die Lastspulen zunächst nicht mit dem elektrischen Netz verbunden und die Steuerspulen werden von der steuerbaren oder regelbaren Versorgungseinrichtung mit

10 elektrischer Energie versorgt.

Mit Hilfe der steuerbaren oder regelbaren Versorgungseinrichtung kann nun die gesamte elektrische Maschine beschleunigt werden, bis die

15 Synchronisationsbedingung erfüllt ist. Dann können die Lastspulen mit dem elektrischen Netz verbunden werden. Nun kann die mit dem Netz synchronisierte und verbundene Synchronmaschine als elektrischer Motor mit einer Maschine belastet werden oder im Generatorbetrieb Energie an das

20 elektrische Netz abgeben.

In den Fällen, in denen beim Anfahren einer rotierenden elektrischen Maschine weniger Energie als bei Nennlast benötigt wird, ist das Anfahren auch mit einem Teil der

25 Maschinenspulen möglich. Da nur ein Teil der Maschinenspulen mit einer Steuerspannung variabler Frequenz beziehungsweise variabler Amplitude versorgt werden muss, können kostengünstigere und kleinere Frequenzumrichter als bei einer frequenzvariablen Versorgung aller

30 Maschinenspulen eingesetzt werden.

- 7 -

Die Steuerung oder Regelung der Versorgungsspannung nur einiger Maschinenspulen stellt also ein kostengünstiges und wirksames Verfahren dar, um rotierende elektrische Maschinen, die an einem Versorgungsnetz konstanter
5 Netzfrequenz betrieben werden sollen, zu steuern beziehungsweise zu regeln.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann auch zur Dämpfung unerwünschter Schwingungen der rotierenden elektrischen
10 Maschine eingesetzt werden. Dadurch kann auf den kostenintensiven Einsatz zusätzlicher Dämpfungseinrichtungen verzichtet werden.

Daher ist vorteilhafter Weise vorgesehen, dass ein
15 Dämpfungsvorgang der rotierenden elektrischen Maschine mit Hilfe der mindestens einen Steuerspule gesteuert oder geregelt wird.

Zur Steuerung des Dämpfungsvorgangs ist vorteilhafter Weise
20 vorgesehen, dass in einem synchronisierten Betriebszustand der rotierenden elektrischen Maschine die Amplitude und Frequenz der Steuerwechselspannung so angepasst wird, dass einer überlagerten Schwingung oder Drehzahlschwingung entgegengewirkt wird.

25 Auf diese Weise ist es möglich, unerwünschte Drehzahlschwingungen einer Synchronmaschine durch eine Anpassung beispielsweise der Amplitude der Steuerspannung mit Hilfe bekannter Steuerungs- beziehungsweise
30 Regelungskonzepte zumindest teilweise auszuregeln.

- 8 -

Da die benötigte Hauptleistung von den an dem elektrischen Netz betriebenen Lastspulen aufgebracht wird, ist zur Dämpfung der Schwingungen nur eine Teilleistung nötig. Daher ist der Betrieb nur einiger Maschinenspulen an einer steuerbaren oder regelbaren Versorgungseinrichtung
5 ausreichend, um eine wirksame Dämpfung der rotierenden elektrischen Maschine sicherstellen zu können.

Im Folgenden werden weitere vorteilhafte Ausgestaltungen
10 des erfindungsgemäßen Verfahrens beschrieben.

Um in einem Generatorbetrieb der rotierenden elektrischen Maschine eine Wechselspannung konstanter Frequenz bereitstellen zu können, ist erfindungsgemäß vorgesehen,
15 dass während eines Generatorbetriebs der elektrischen Maschine die Rotordrehzahl mit Hilfe der mindestens einen Steuerspule so angepasst wird, dass die Frequenz der Steuerwechselspannung und einer Lastwechselspannung einer Sollfrequenz entspricht.

20 Erfindungsgemäß ist weiter vorgesehen, dass die elektrisch leitende Verbindung der mindestens einen Steuerspule mit der steuerbaren oder regelbaren Versorgungseinrichtung getrennt wird und die mindestens eine Steuerspule mit dem
25 elektrischen Netz elektrisch leitend verbunden wird, falls die Synchronisationsbedingung erfüllt ist. Soll beispielsweise nur der Anfahrvorgang einer rotierenden elektrischen Maschine mit Hilfe der steuerbaren oder regelbaren Versorgungseinrichtung gesteuert beziehungsweise
30 geregelt werden, so kann der Verschleiß der steuerbaren oder regelbaren Versorgungseinrichtung dadurch reduziert werden, dass nach Beendigung des Anfahrvorgangs die

- 9 -

Steuerspulen nicht mehr von der steuerbaren oder regelbaren Versorgungseinrichtung mit elektrischer Energie versorgt werden, sondern direkt mit dem elektrischen Netz verbunden werden. Dies führt auch zu reduzierten Verlusten und somit
5 höheren Wirkungsgraden.

Um die Rotordrehzahl der rotierenden elektrischen Maschine steuern beziehungsweise regeln zu können ist vorteilhafterweise vorgesehen, dass die Rotordrehzahl der
10 rotierenden elektrischen Maschine mit Hilfe eines mathematischen Modells auf Grundlage gemessener oder vorgegebener elektrischer Größen der mindestens einen Steuerspule und/oder der mindestens einen Lastspule bestimmt wird. Zu diesem Zweck können die elektrischen
15 Größen beispielsweise mit Hilfe eines entsprechenden Steuergeräts erfasst werden und auf einem Mikroprozessor des Steuergeräts mit Hilfe eines mathematischen Modells verarbeitet werden, um die aktuelle Rotordrehzahl zu bestimmen.

20 Es ist aber auch möglich und erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Rotordrehzahl der rotierenden elektrischen Maschine mit Hilfe eines an der rotierenden elektrischen Maschine angeordneten Drehzahlsensors erfasst wird.

25 Das erfindungsgemäße Verfahren kann zur Steuerung oder Regelung beispielsweise von permanent und fremderregten Synchronmaschinen, Asynchronmaschinen, rotierende elektrische Maschinen ausgeführt als Außenläufer,
30 Innenläufer oder Scheibenläufer sowie bei Radialfeldmaschine oder Axialfeldmaschine verwendet werden.

- 10 -

Die Erfindung betrifft auch eine rotierende elektrische Maschine zur Durchführung des Verfahrens gemäß einem der voranstehenden Ansprüche mit einem Stator, mit einem Rotor, mit mehreren Maschinenspulen und mit einer steuerbaren oder
5 regelbaren Versorgungseinrichtung.

Vorteilhafter Weise ist vorgesehen, dass es sich bei den mehreren Maschinenspulen um mindestens eine Lastspule zur Verbindung mit einem elektrischen Netz und um mindestens
10 eine Steuerspule handelt, wobei die mindestens eine Steuerspule mit der steuerbaren oder regelbaren Versorgungseinrichtung elektrisch leitend verbindbar ist. Auf diese Weise kann auf einen Dämpferkäfig verzichtet werden, so dass die steuerbare rotierende elektrische
15 Maschine besonders kostengünstig hergestellt werden kann.

Um die rotierende elektrische Maschine an herkömmlichen Drehstromnetzen betreiben zu können kann vorgesehen sein, dass eine Anzahl der Maschinenspulen einem Vielfachen von
20 drei entspricht. Die üblicherweise eingesetzten Drehstromnetze weisen einen Dreiphasenwechselstrom auf, der aus einzelnen Wechselspannungen gleicher Frequenz besteht, welche zueinander eine Phasenverschiebung von 120° aufweisen. Um die rotierende elektrische Maschine direkt an
25 einem solchen Dreiphasenwechselstromnetz betreiben zu können ist es zweckmäßig, jeweils mindestens drei Maschinenspulen mit jeweils verschiedenen Phasen der Dreiphasenwechselspannung zu verbinden und geeignet an der rotierenden elektrischen Maschine anzuordnen.

- 11 -

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass es sich bei der rotierenden elektrischen Maschine um einen permanentenerregten Generator handelt.

- 5 Zusammenfassend werden nachfolgend einige Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen rotierenden elektrischen Maschine aufgeführt.

Das beschriebene erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht
10 einen günstigen Aufbau der rotierenden elektrischen Maschine, da auf die Dämpfungswicklung verzichtet werden kann.

Zudem wird ein günstiger Aufbau der gesamten Anlage
15 bestehend aus rotierender elektrischer Maschine und steuerbarer oder regelbarer Versorgungseinrichtung ermöglicht, da die steuerbare oder regelbare Versorgungseinrichtung nur auf die Bereitstellung einer Teilleistung ausgelegt werden muss, da eine zusätzliche
20 Synchronisationseinrichtung und zusätzliche Anlaufeinrichtungen nicht benötigt werden.

Weiterhin wird der Wirkungsgrad der Anlage erhöht, da durch den Einsatz eines kleineren Frequenzumrichters
25 beziehungsweise einer auf die Bereitstellung einer Teilleistung ausgelegten steuerbaren oder regelbaren Versorgungseinrichtung weniger Verlustleistungen in der steuerbaren oder regelbaren Versorgungseinrichtung und der rotierenden elektrischen Maschine auftreten.

30

Darüber hinaus können nach der Synchronisation die Steuerspulen gegebenenfalls direkt an das elektrische Netz

- 12 -

angeschlossen werden, so dass ein noch besserer Wirkungsgrad erreicht wird.

Das beschriebene Verfahren ist prinzipiell bei allen
5 bekannten elektrischen Maschinen anwendbar.

Weitere Einzelheiten der Erfindung sind in der Zeichnung anhand von Ausführungsbeispielen näher dargestellt. Es zeigt:

10

Figur 1 eine schematische Darstellung einer Synchronmaschine mit einem permanenterregten Rotor, mit drei Steuerspulen und mit neun Lastspulen, und

15 Figur 2 eine zur Veranschaulichung stärker vereinfachte schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Synchronmaschine.

Die Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung eines
20 Querschnitts einer Synchronmaschine 1. Die Synchronmaschine 1 weist einen eisernen Hohlzylinder 2 auf, auf dessen Innenseite gleichmäßig verteilt zwölf axial ausgerichtete Leiter untergebracht sind. Im Innern des Hohlzylinders 2 ist ein Permanentmagnet drehbar gelagert angeordnet. Der
25 eiserne Hohlzylinder 2 mit den Leitern bildet den Stator 3. Der drehbar gelagerte Permanentmagnet bildet den Rotor 4. Die Leiter des Stators 3 liegen in Nuten und sind gegen das Eisen des Stators 3 elektrisch isoliert. Jeweils zwei
einander gegenüberliegende Leiter sind auf der Rückseite
30 miteinander verbunden und bilden so die beiden ersten Lastspulen 5, die beiden zweiten Lastspulen 6, die beiden dritten Lastspulen 7, die erste Steuerspule 8, die zweite

- 13 -

Steuerspule 9 und die dritte Steuerspule 10. Jeweils zwei der Maschinenspulen sind räumlich jeweils um 120° relativ zu den zwei vorausgehenden, beziehungsweise zu den zwei folgenden Spulen versetzt.

5

Die beiden ersten Steuerspulen 8 sind mit einer ersten Umrichterphase 11 elektrisch leitend verbunden. Die zweite Steuerspule 9 ist mit einer zweiten Umrichterphase 12 elektrisch leitend verbunden. Die dritte Steuerspule 10 ist
10 entsprechend mit einer dritten Umrichterphase 13 elektrisch leitend verbunden. Die beiden ersten Lastspulen 5, die beiden zweiten Lastspulen 6 und die beiden dritten Lastspulen 7 sind entsprechend mit einer ersten Netzphase 14, einer zweiten Netzphase 15 und einer dritten Netzphase
15 16 elektrisch leitend verbunden. Die Netzphasen werden von einem elektrischen Netz 17 mit einem Dreiphasendrehstrom konstanter Frequenz, Amplitude und Phase versorgt. Die Lastspulen der Synchronmaschine 1 können mit Hilfe des Schalters 18 von dem elektrischen Netz 17 getrennt werden.

20

Mit Hilfe einer Steuereinrichtung 19 kann eine Frequenz, eine Amplitude und eine Phase der ersten Umrichterphase 11, der zweiten Umrichterphase 12 und der dritten Umrichterphase 13 gesteuert werden.

25

Befindet sich die Synchronmaschine 1 im Stillstand, so ist der Schalter 18 geöffnet und an den Lastspulen liegt keine Spannung an. Ebenso wird von dem Frequenzumrichter 20 keine Spannung an den Umrichterphasen bereitgestellt.

30

Zum Anfahren der Synchronmaschine 1 wird mit Hilfe der Steuereinrichtung 19 der Umrichter 20 so angesteuert, dass

- 14 -

die Steuerspulen über die Umrichterphasen mit einem Dreiphasenwechselstrom kontinuierlich steigender Frequenz versorgt werden. Auf diese Weise wird die zunächst lastfreie Synchronmaschine 1 langsam und kontinuierlich bis zu einer Nenndrehzahl angefahren. Bei Erreichen der Nenndrehzahl beziehungsweise bei Vorliegen der Synchronisationsbedingungen kann der Schalter 18 geschlossen werden. Die Synchronmaschine 1 wird nun sowohl über das elektrische Netz 17 als auch über den Umrichter 20 mit elektrischer Energie versorgt. Nun steht die volle Leistung der Synchronmaschine 1 bereit.

Figur 2 zeigt eine weiter vereinfachte schematische Darstellung einer rotierenden elektrischen Maschine 21 mit einem Stator 3 und einem Rotor 4. Der Stator 3 weist einen Lastspulenbereich 22 und einen Steuerspulenbereich 23 auf. An dem Lastspulenbereich 22 und dem Steuerspulenbereich 23 sind nicht dargestellte Lastspulen beziehungsweise Steuerspulen angeordnet.

Die nicht dargestellten Steuerspulen sind mit einem Frequenzumrichter 20 elektrisch leitend verbunden, wenn der Schalter 24 geschlossen ist. Befindet sich die rotierende elektrische Maschine 21 in einem synchronisierten Betriebszustand, so kann der Schalter 24 geöffnet werden und die Steuerspulen mit Hilfe des Schalters 25 mit dem elektrischen Netz 17 elektrisch leitend verbunden werden.

Die nicht dargestellten Lastspulen sind mit dem elektrischen Netz 17 elektrisch leitend verbunden und können mit Hilfe des Schalters 18 von dem elektrischen Netz 17 getrennt werden.

Verfahren zur Steuerung oder Regelung einer rotierenden
5 elektrischen Maschine und rotierende elektrische Maschine

P A T E N T A N S P R Ü C H E

10

1. Verfahren zur Steuerung oder Regelung einer rotierenden
elektrischen Maschine (21) mit einem Stator (3), mit
einem Rotor (4), mit mehreren Maschinenspulen und mit
einer steuerbaren oder regelbaren
15 Versorgungseinrichtung, dadurch gekennzeichnet, dass es
sich bei den mehreren Maschinenspulen um mindestens
eine Lastspule (5, 6, 7) zur Verbindung mit einem
elektrischen Netz (17) und um mindestens eine
Steuerspule (8, 9, 10) handelt, wobei nur die
20 mindestens eine Steuerspule (8, 9, 10) mit mindestens
einer steuerbaren oder regelbaren
Versorgungseinrichtung elektrisch leitend verbunden
wird und die rotierende elektrische Maschine (21) mit
Hilfe der mindestens einen Steuerspule (8, 9, 10)
25 gesteuert oder geregelt wird.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
dass die mindestens eine Steuerspule (8, 9, 10) von
mindestens einer steuerbaren oder regelbaren
30 Versorgungseinrichtung mit einer Steuerwechselspannung
versorgt wird.

- 16 -

3. Verfahren gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,
dass eine Frequenz der Steuerwechselspannung an eine
Sollfrequenz angepasst wird und/oder eine Amplitude der
Steuerwechselspannung an eine Sollamplitude angepasst
5 wird und/oder eine Phase der Steuerwechselspannung an
eine Sollphase angepasst wird.
4. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass ein Anfahrvorgang der
10 rotierenden elektrischen Maschine (21) mit Hilfe der
steuerbaren oder regelbaren Versorgungseinrichtung und
der mindestens einen Steuerspule realisiert wird.
5. Verfahren gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,
15 dass während des Anfahrvorgangs der rotierenden
elektrischen Maschine (21) die Frequenz und/oder die
Amplitude der Steuerwechselspannung kontinuierlich
erhöht werden, bis eine Rotordrehzahl näherungsweise
einer Synchronisationsdrehzahl entspricht.
- 20 6. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass mit Hilfe einer
Überwachungseinrichtung eine Synchronisationsbedingung
überwacht wird.
- 25 7. Verfahren gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet,
dass die mindestens eine Lastspule mit dem elektrischen
Netz (17) verbunden wird, falls die
Synchronisationsbedingung erfüllt ist, wobei die
30 mindestens eine Lastspule (5, 6, 7) von dem
elektrischen Netz (17) mit einer Wechselspannung
konstanter Frequenz und Amplitude versorgt wird.

- 17 -

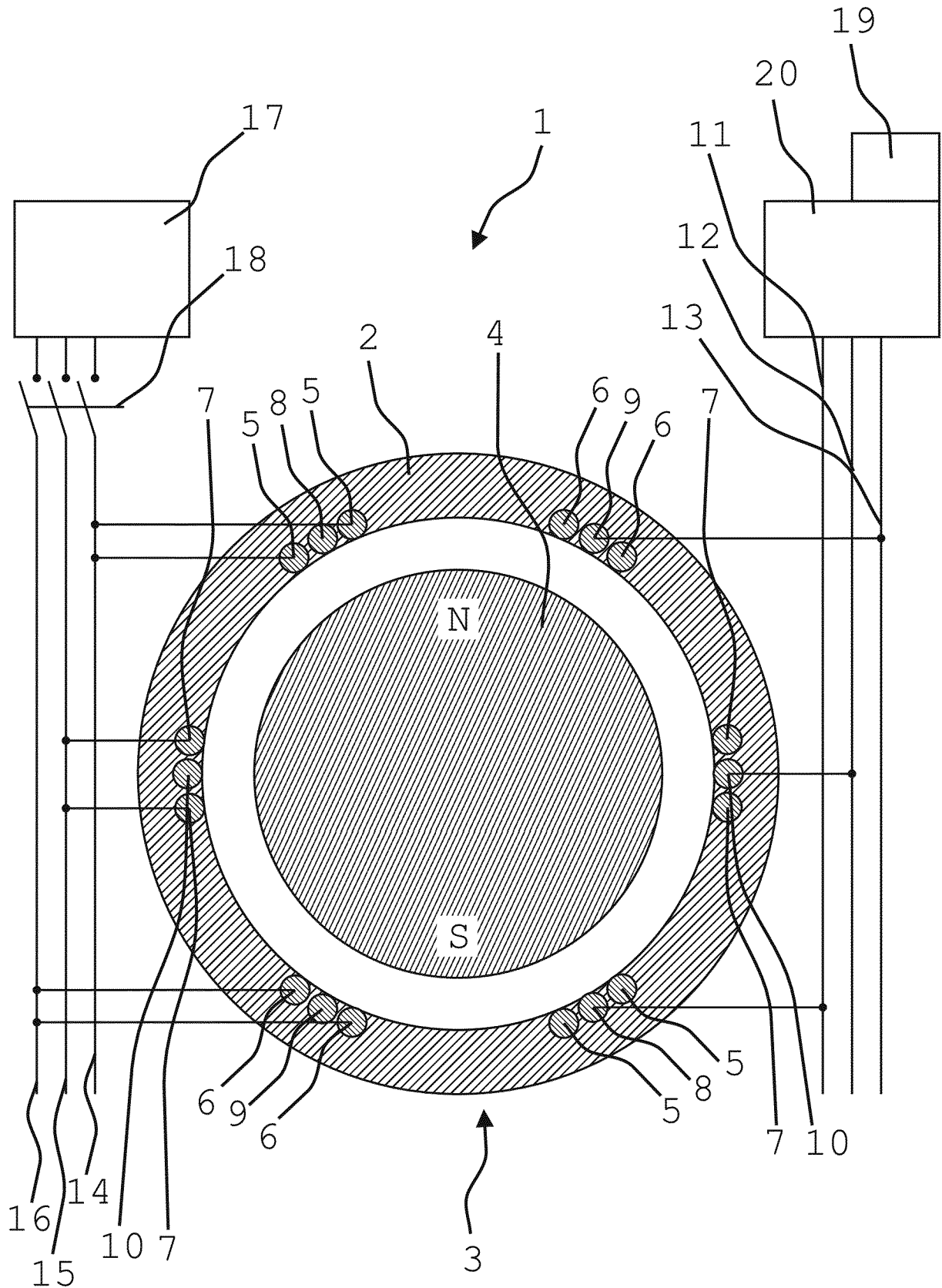
8. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Dämpfungsvorgang der rotierenden elektrischen Maschine (21) mit Hilfe der mindestens einen Steuerspule (8, 9, 10) gesteuert oder geregelt wird.
9. Verfahren gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass in einem synchronisierten Betriebszustand der rotierenden elektrischen Maschine (21) die Amplitude und Frequenz der Steuerwechselspannung so angepasst werden, dass einer überlagerten Schwingung oder Drehzahlschwingungen entgegengewirkt wird.
10. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass während eines Generatorbetriebs der rotierenden elektrischen Maschine (21) die Rotordrehzahl mit Hilfe der mindestens einen Steuerspule (8, 9, 10) so angepasst wird, dass die Frequenz der Steuerwechselspannung und einer Lastwechselspannung einer Sollfrequenz entspricht.
11. Verfahren gemäß Anspruch 6 oder Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrisch leitende Verbindung der mindestens einen Steuerspule (8, 9, 10) mit der steuerbaren oder regelbaren Versorgungseinrichtung (20) getrennt wird und die mindestens eine Steuerspule (8, 9, 10) mit dem elektrischen Netz (17) elektrisch leitend verbunden wird, falls die Synchronisationsbedingung erfüllt ist.

- 18 -

12. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Rotordrehzahl der rotierenden elektrischen Maschine (21) mit Hilfe eines mathematischen Modells auf Grundlage gemessener oder vorgegebener elektrischer Größen der mindestens einen Steuerspule (8, 9, 10) und/oder der mindestens einen Lastspule (5, 5, 7) bestimmt wird.
13. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Rotordrehzahl der rotierenden elektrischen Maschine (21) mit Hilfe eines an der rotierenden elektrischen Maschine (21) angeordneten Drehzahlsensors erfasst wird.
14. Rotierende elektrische Maschine (21) zur Durchführung des Verfahrens gemäß einem der voranstehenden Ansprüche mit einem Stator (3), mit einem Rotor (4), mit mehreren Maschinenspulen und mit einer steuerbaren oder regelbaren Versorgungseinrichtung, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei den mehreren Maschinenspulen um mindestens eine Lastspule (5, 6, 7) zur Verbindung mit einem elektrischen Netz (17) und um mindestens eine Steuerspule (8, 9, 10) handelt, wobei die mindestens eine Steuerspule (8, 9, 10) mit mindestens einer steuerbaren oder regelbaren Versorgungseinrichtung elektrisch leitend verbindbar ist.
15. Rotierende elektrische Maschine (21) gemäß Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der rotierenden elektrischen Maschine (21) um einen permanenterregten Generator handelt.

1/2

Fig. 1



2/2

Fig. 2

