



(19) Republik
Österreich
Patentamt

(11) Nummer: AT 397 440 B

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 823/91

(51) Int.Cl.⁵ : G01R 29/18

(22) Anmelddatum: 19. 4.1991

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 8.1993

(45) Ausgabetag: 25. 4.1994

(56) Entgegenhaltungen:

TAGUNGSBUCH (S. 48-54) DER ETG/VDE-KONFERENZ
"ANTRIEBSSYSTEME FÜR DIE GERÄTE- UND
KRAFTFAHRZEUGTECHNIK", BAD NAUHEIM, DEUTSCHLAND, 1988
KAPITEL "DETECTION OF THE ROTOR POSITION OF A
PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MACHINE AT STANDSTILL",
IN DEN PROCEEDINGS ZUR "INTERNATIONAL CONFERENCE ON
ELECTRICAL MACHINES", PISA, ITALIEN, 1988.
DISSERTATION "DIE PERMANENTERREGTE UMRICHTERGESPEISTE
SYNCHRONMASCHINE OHNE POLRADGEBER ALS
DREHZAHLCREGEELTER ANTRIEB" VON H. VOGELMANN,
UNIVERSITÄT KARLSRUHE, DEUTSCHLAND, 1986.
DE-AS1273686

(73) Patentinhaber:

ELIN ENERGIEANWENDUNG GES.M.B.H.
A-1141 WIEN (AT).

(72) Erfinder:

SCHRÖDL MANFRED DIPLO.ING. DR.
SIEGGRABEN, BURGENLAND (AT).
ENSBACHER RICHARD
WIEN (AT).

(54) VERFAHREN UND SCHALTUNGSANORDNUNG ZUR SENSORLOSEN DREHWINKELERFASSUNG EINER VORZUGSWEISE
PERMANENTMAGNETEREGTEN, ÜBER EINEN STROMRICHTER GESPEISTEN SYNCHRONMASCHINE

(57) Die Erfindung betrifft die sensorlose Drehwinkelera-
fassung einer Synchronmaschine durch Meßsignale, welche
von einem Stromrichter generierte Spannungssprünge
sind.

Erfindungsgemäß erfolgt die Bestimmung der Rotorpo-
sition, mittels der bekannten Methoden der komplexen
Rechnung, durch Subtraktion von zwei Stromanstiegsme-
sungen, bei denen in beiden Teilmessungen der gleiche
Spannungsraumzeiger anliegt, und wobei die Statorstrom-
raumzeiger, die im Mittel während der beiden Teilmes-
sungen anliegen, so verschieden sein müssen, daß sich
die Statorinduktivität aufgrund der unterschiedlichen
Statorströme dabei merkbar unterscheidet. Dadurch ist
dann die gemessene Differenz der beiden Stromraumzei-
ger-Änderungsgeschwindigkeiten ein komplexer Zeiger,
dessen Real- und Imaginärteil mit Rotor-Umlaufgeschwin-
digkeit oszillieren, so daß das Argument dieses komple-
xen Zeigers mit der elektrischen Lage des Rotors in
eindeutigen Zusammenhang steht.

Der Vorteil der Erfindung besteht sowohl in seiner
großen Genauigkeit als auch darin, daß Zweideutigkeiten
hinsichtlich der Rotorpositionsbestimmung vollkommen
ausgeschlossen sind.

B
AT 397 440

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung zur sensorlosen Drehwinkelerfassung einer vorzugsweise permanentmagneterregten, über einen Stromrichter gespeisten Synchronmaschine durch Meßsignale, wobei die Meßsignale vom Stromrichter generierte Spannungssprünge sind, die einem Rechner zugeführt werden.

5 Permanentmagneterregte Synchronmaschinen gewinnen durch die Fortschritte auf dem Sektor der Magnetmaterialien, der Leistungs- und Informationselektronik zunehmend an Bedeutung in der Antriebstechnik. Sie zeichnen sich gegenüber Asynchronmaschinen durch eine einfachere regelungstechnische Struktur und höheren Wirkungsgrad aufgrund der sehr geringen Rotorverluste aus.

10 Für die Durchführung der Regelalgorithmen bei dynamisch hochwertigen feld- bzw. polradorientierten Regelkonzepten ergibt sich die Notwendigkeit eines mechanischen Gebers zur Erfassung der Polradposition. Es ist daher das Ziel vieler Forschungsaktivitäten, den mechanischen Geber durch mathematische Modelle oder durch Ausnutzung physikalischer Effekte zu ersetzen.

Es sind verschiedene Verfahren zur Lage erfassung des Polrades einer permanentmagneterregten Synchronmaschine bekannt.

15 Ein derartiges Verfahren wird im Kapitel "Algorithmus zur rechnerischen Erfassung der Polradlage einer permanentmagneterregten Synchronmaschine ohne Lagegeber" von M. Schrödl und T. Stefan im Tagungsbuch (Seite 48 bis 54) der ETG/VDE-Konferenz "Antriebssysteme für die Geräte- und Kraftfahrzeugtechnik", veranstaltet 1988 in Bad Nauheim, BRD, beschrieben. Dabei erfolgt die Erfassung der Polradlage bei Vollpolmaschinen durch Auswertung der induzierten Spannung. Ab einer gewissen mechanischen Drehzahl kann ein dauer magnet erregter Rotor selbst als Lagegeber verwendet werden, da ein in einer Statorwicklung induzierter Spannungsraumzeiger im allgemeinen in eindeutiger Weise mit der gesuchten Rotorposition in Zusammenhang steht. Dabei können auch nichtsinusförmige Induktionsverteilungen im Luftspalt zugelassen werden. Dieser induzierte Spannungsraumzeiger kann aus den Klemmenspannungen unter Berücksichtigung der ohmschen und induktiven Spannungsabfälle berechnet werden.

20 25 Nachteilig dabei ist, daß diese Auswertung erst ab einer gewissen Mindestdrehzahl erfolgen kann, da der induzierte Spannungsraumzeigerbetrag proportional mit der Drehzahl abnimmt.

Über ein anderes Verfahren berichtet das Kapitel "Detection of the rotor position of a permanent magnet synchronous machine at standstill" von M. Schrödl, enthalten in den Proceedings, die zur "International Conference on Electrical Machines" 1988 in Pisa, Italien, publiziert wurden.

30 35 Bei diesem Verfahren wird mittels elektrischer Meßsignale die von den permanenten Magneten hervorgerufene, varierende magnetische Sättigung gemessen. Da sich diese Art der Messung reproduzieren läßt, ist die Rotorposition exakt feststellbar. Die für die Durchführung der Messung notwendige Kenntnis der Polarität der Magnete läßt sich durch Veränderung des magnetischen Arbeitspunktes und die Messung seiner Auswirkung auf die Impedanz feststellen. Es ist hier die Eruierung der Rotorposition auch bei stillstehender Maschine möglich.

Der Nachteil dieser Methode besteht darin, daß durch die Notwendigkeit einer zusätzlichen analogen Stromquelle das Meßverfahren sehr aufwendig ist. In der DE-AS 1 273 686 wird ein Meßwertgeber zur Erfassung des Polradwinkels von Synchronmaschinen beschrieben.

40 Konkret bezieht sich die Erfindung auf einen Meßwertgeber zur Bildung einer Ausgangsgröße, welche vom Polradwinkel einer Synchronmaschine abhängig ist. Es wird ein Polradwinkel-Meßgerät verwendet, dessen Ausgangsgröße eine Impulsspannung mit konstanter Impulsamplitude sowie dem Polradwinkel proportionaler Impulsdauer ist. Der Mittelwert der Ausgangsgröße des Polradwinkel-Meßgerätes verläuft mit wachsendem Beitrag des Polradwinkels nach einer Dreiecksfunktion. Die Periode der Dreiecksfunktion stimmt mit einem Winkelbereich von 360° des Polradwinkels überein. Der Meßwertgeber ermöglicht es, die zur Beeinflussung der Erregung einer Synchronmaschine geforderte gebrochen lineare Funktion mit Schwellwert und Amplitudenbegrenzung nachzubilden.

Auch diese Erfindung erfordert einen mechanischen Geber sowie analoge Zusatzstromquellen.

50 Auch die Dissertation "Die permanenterregte umrichtergespeiste Synchronmaschine ohne Polradgeber als drehzahlgeregelter Antrieb" von H. Vogelmann (Universität Karlsruhe, BRD, 1986) befaßt sich mit einem Verfahren zur Ortung der Polradlage.

Dabei wird ein mittels eines Umrichters erzeugter, relativ hochfrequenter Strom als Prüfsignal dem eigentlichen Nutzsignal überlagert. Der Grundgedanke dabei ist, daß ein in eine gewisse (Raumzeiger-)Richtung aufgeschaltetes elektrisches Wechsel signal aufgrund der unterschiedlichen Induktivitäten in Längs- und Querachse im allgemeinen auch in der orthogonalen Richtung eine Reaktion hervorruft. Nur für den Fall, daß das Wechsel signal genau in der Rotor-Längs- bzw. -Querrichtung aufgebracht wird, tritt eine derartige Verkopplung nicht auf. Damit ergibt sich ein Kriterium, ob das Signal in die gesuchte ausgezeichnete Richtung appliziert wird oder nicht. Eine Voraussetzung zur Erreichung exakter Meßergebnisse ist eine permanentmagneterregte Synchronmaschine mit Schenkelpolcharakter, also mit ungleichen Induktivitäten in Längs- und Querrichtung, wie etwa bei flußkonzentrierenden Anordnungen.

60 Der überwiegende Teil der permanentmagneterregten Synchronmaschinen wird jedoch nicht in flußkonzentrierender Bauweise ausgeführt, sondern mit konstantem Luftspalt und auf die Rotoroberfläche aufgeklebten Magneten. Dies ist fertigungstechnisch einfacher und erlaubt bei Verwendung von hochwertigen

Samarium-Kobalt- bzw. Neodynam-Eisen-Magneten Luftspaltinduktionen von etwa 1 Tesla.

Bei den erwähnten Ortungsverfahren besteht also der Nachteil, daß sich damit nur bei Maschinen mit ausgeprägter Schenkelpolcharakteristik brauchbare Ergebnisse ergeben.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren zur geberlosen Lageerfassung des Rotors einer permanentmagnetregten Synchronmaschine durch Messung ausschließlich elektrischer Größen zu realisieren und die Nachteile bzw. Ungenauigkeiten der bekannten Verfahren zu vermeiden.

Die Aufgabe wird durch die Erfindung gelöst. Diese ist dadurch gekennzeichnet, daß die Bestimmung der Rotorposition, mittels der bekannten Methoden der komplexen Rechnung, durch Subtraktion von zwei Stromanstiegsmessungen erfolgt, bei denen in beiden Teilmessungen der gleiche Spannungsraumzeiger anliegt, und wobei die Statorstromraumzeiger, die im Mittel während der beiden Teilmessungen anliegen, so verschieden sein müssen, daß sich die Statorinduktivität aufgrund der unterschiedlichen Statorströme dabei merkbar unterscheidet, wodurch dann die gemessene Differenz der beiden Stromraumzeiger-Änderungsgeschwindigkeiten ein komplexer Zeiger ist, dessen Real- und Imaginärteil mit Rotor-Umlaufgeschwindigkeit oszillieren, so daß das Argument dieses komplexen Zeigers mit der elektrischen Lage des Rotors in eindeutigem Zusammenhang steht.

Der Vorteil des erfundungsgemäßen Verfahrens besteht sowohl in seiner großen Genauigkeit als auch darin, daß für die Polradortung keine analogen Zusatzstromquellen benötigt werden, sondern der - ohnehin vorhandene speisende Stromrichter als Meßsignalgenerator eingesetzt wird. Bei diesem Verfahren sind Zweideutigkeiten hinsichtlich der Rotorbestimmung vollkommen ausgeschlossen.

Eine Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß eine Kombination von mehreren, vorzugsweise der Strangzahl entsprechenden, Messungen dergestalt erfolgt, daß diese in verschiedenen Raumzeigerrichtungen durchgeführt werden und daß entweder nur die Realteile der komplexen Zeiger, oder nur die Imaginärteile, vorzugsweise entsprechend der üblichen Raumzeigerdefinition, zu neuen komplexen Kenngrößen zusammengefaßt werden, welche beide die Eigenschaft haben, daß deren Argumente mit der elektrischen Lage des Rotors korrespondieren oder beide Auswertungen, also jene der Realteile und jene der Imaginärteile, kombiniert werden und zwar vorzugsweise so, daß der statistische Wert des Fehlers der auf diese Weise ermittelten Rotorlage minimiert wird.

Der Vorteil dieser Ausgestaltung besteht darin, daß damit die Genauigkeit der Auswertung erhöht wird.

In einer Weiterbildung der Erfindung werden die in den Ansprüchen 1 und 2 angeführten Meßvorgänge kombiniert, so daß eine Elimination des Einflusses der induzierten Spannung durch Subtraktion von je zwei Messungen erfolgt, wobei der Spannungsraumzeiger der zweiten Messung entweder entgegengesetzt dem Spannungsraumzeiger der ersten Messung oder der Nullspannungsraumzeiger ist, und daß die Differenz der in diesen Messungen verwendeten Spannungsraumzeiger einerseits und die Differenz der aus diesen Messungen ermittelten zeitlichen Änderungen der Stromraumzeiger anderseits gebildet werden und diese Raumzeigergrößen an die Stelle der entsprechenden Raumzeigergrößen bei Einzelmessungen treten. Dadurch wird der Einfluß der induzierten Spannung eliminiert.

Eine besondere Ausgestaltung des erfundungsgemäßen Verfahrens sieht vor, daß die bei der Bildung der komplexen Kennwerte auftretenden spannungs-, strom-, drehzahl- und flußbetriebsabhängigen Offsets in Real- bzw. Imaginärteil durch Korrekturwerte berücksichtigt bzw. eliminiert werden, wobei die Korrekturwerte entweder aus Tabellen entnommen werden oder durch einfache, vorzugsweise lineare, Korrekturfunktionen ermittelt werden, oder, bei Überschreitung eines gewissen Wertes der Drehzahl, durch direkte Echtzeitbestimmung aus den Real- bzw. Imaginärteilen über Tiefpässe bestimmt werden.

Diese Ausgestaltung ist vorteilhaft, weil dadurch die Genauigkeit der Flußerfassung wesentlich verbessert wird.

Eine Weiterbildung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß eine Berücksichtigung des Einflusses des Ankerstromes auf die ermittelte Rotorposition durch einen Korrekturwert erfolgt, welcher entweder aus Tabellen entnommen oder mittels einfacher, vorzugsweise linearer, Korrekturfunktion berechnet wird.

Damit ist es möglich, die Genauigkeit der Rotorpositionserfassung auch bei Belastung beizubehalten.

Eine zusätzlich erfundungsgemäße Ausgestaltung sieht vor, daß die gewonnene Rotorpositionsinformation mit einem Spannungsmodell für Synchronmaschinen, durch Integration der Statorspannungsgleichung, kombiniert wird und in Drehzahlbereichen, in denen das Spannungsmodell durch die offene Integration der Statorspannung unzuverlässig arbeitet, fallweise Messungen nach obigen Ansprüchen eingebaut werden, welche dann als Adaption bzw. Korrektur der durch das Spannungsmodell ermittelten Rotorposition dienen.

Der Vorteil dieser Ausgestaltung besteht darin, daß damit die Anzahl der Meßzyklen drastisch vermindert werden kann. Dadurch werden die durch die Messung verursachten Zusatzverluste zufolge des erhöhten Stromoverschwingungsgehaltes verringert, außerdem wird die Geräuschentwicklung wesentlich reduziert.

Eine spezielle Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß die Rotorgeschwindigkeit durch Addition von zwei korrespondierenden Teilmessungen ermittelt wird, wobei diese Teilmessungen mit komplementärer Umrichterschalterstellung verwendet werden, und daß bei der Addition die Umrichterspannung eliminiert wird, und daß aufgrund des Raumzeigers der Stromänderungssumme unmittelbar das Produkt aus Drehfeldgeschwindigkeit und Statorflußverkettungsraumzeiger folgt und damit aus dem Argument dieses komplexen Ausdruckes die Rotorposition, und aus dem Betrag die Rotorgeschwindigkeit folgt.

Diese Ausgestaltung ermöglicht die Realisierung eines Spannungsmodells, welches ohne Spannungsmessung, also unter alleiniger Verwendung der Strommessung auskommt und speziell bei höheren Drehzahlen vorteilhaft verwendet wird.

Im Rahmen der Erfindung ist eine Schaltungsanordnung vorgesehen - wobei die zufolge der Spannungssprünge und zur Berechnung der zeitlichen Änderung des Stromraumzeigerbetrages notwendigen Stromänderungen von an den zwischen Stromrichter und Synchronmaschine angeordneten Strommeßeinrichtungen abgenommenen werden, - welche dadurch gekennzeichnet ist, daß die Istströme vom Ausgang eines Stromerfassungsmoduls jeweils einem ersten Eingang eines Rotorlagerechners und einem ersten Eingang einer Stromnachführungseinrichtung zugeführt sind, und daß die Drehmomentvorgabe über einen ersten Eingang 5 einem Stromvorgabemodul zugeführt ist, und daß der Ausgang des Stromvorgabemoduls mit einem zweiten Eingang der Stromnachführungseinrichtung verbunden ist, und daß eine Umschaltelogik von einer übergeordneten Steuerung angesteuert wird, und daß der erste Eingang der Umschaltelogik mit dem Ausgang 10 der Stromnachführungseinrichtung verbunden ist, und daß der Ausgang der Umschaltelogik mit einem Brückensteuerungsmodul verbunden ist, und daß ein zweiter Eingang der Umschaltelogik mit einem ersten 15 Ausgang eines Meßsignalgenerators verbunden ist, und daß ein Eingang des Stromerfassungsmoduls mit einem dritten Ausgang der übergeordneten Steuerung verbunden ist, und daß ein erster Ausgang der übergeordneten Steuerung mit einem zweiten Eingang des Stromvorgabemoduls verbunden ist, und daß ein zweiter Ausgang 20 der übergeordneten Steuerung mit einem Eingang des Meßsignalgenerators verbunden ist, und daß ein zweiter Ausgang des Meßsignalgenerators mit einem zweiten Eingang des Rotorlagerechners verbunden ist, und daß die berechnete Rotorlage vom Ausgang des Rotorlagerechners über eine Leitung einem überlagerten Regler und der Drehmomentenvorgabe bekanntgegeben wird.

Mit der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung sind die vorangeführten Verfahrensschritte realisierbar.

An Hand eines Ausführungsbeispieles soll nun die Erfindung näher erläutert werden. Dabei wurde eine dreistrangige Synchronmaschine verwendet. Das erfindungsgemäße Prinzip ist für Synchronmaschinen mit anderen Strangzahlen in gleicher Weise anwendbar.

Wie die Fig. zeigt, wird eine Synchronmaschine (2) über einen Spannungzwischenkreis-Umrichter (1) von drei Drehstromleitungen (14), (15), (16) gespeist, wobei die Strangströme mit drei Strommeßeinrichtungen (3) erfaßt werden. Es genügt jedoch auch, wenn lediglich zwei Strangströme gemessen werden, da die Stromsumme Null sein muß. Ein Stromerfassungsmodul (4) wird von einer übergeordneten Steuerung (5) gesteuert und liefert die Istströme zu den Meßzeitpunkten. Diese Istströme werden gemeinsam mit den Sollströmen, die von einem Stromvorgabemodul (7) erzeugt werden, in einer Stromnachführungseinrichtung (6) verarbeitet und liefern ein Brückensteuersignal. Das Stromvorgabemodul (7) erhält seine Eingangswerte über eine Leitung (13) von einer Drehmomentenvorgabe und wird von der übergeordneten Steuerung (5) gesteuert. Während einer Messung mit Testzyklen aktiviert die übergeordnete Steuerung (5) einen Meßsignalgenerator (8), der dann über eine von der übergeordneten Steuerung (5) bediente Umschaltelogik (10) die Brückensteuersignale einem Brückensteuerungsmodul (11) zuführt. In diesem Fall wird das bereits genannte, von der Stromnachführungseinrichtung (6) generierte Brückensteuersignal unwirksam. Ein Rotorlagerechner (9) berechnet dann, unter Verwendung der vom Stromerfassungsmodul (4) gelieferten Istströme sowie dem vom Meßsignalgenerator (8) gelieferten Wechselrichterschaltzustand, die Rotorlage und leitet diese Information über eine Leitung (12) zur Drehmomentenvorgabe sowie zu übergeordneten Reglern weiter.

PATENTANSPRÜCHE

- 45 1. Verfahren zur sensorlosen Drehwinkel erfassung einer vorzugsweise permanentmagneterregten, über einen Stromrichter gespeisten Synchronmaschine durch Meßsignale, wobei die Meßsignale vom Stromrichter generierte Spannungssprünge sind, die einem Rechner zugeführt werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Bestimmung der Rotorposition, mittels der bekannten Methoden der komplexen Rechnung, durch Subtraktion von zwei Stromanstiegsmessungen erfolgt, bei denen in beiden Teilmessungen der gleiche Spannungsraumzeiger anliegt, und wobei die Statorstromraumzeiger, die im Mittel während der beiden Teilmessungen anliegen, so verschieden sein müssen, daß sich die Statorinduktivität aufgrund der unterschiedlichen Statorströme dabei merkbar unterscheidet, wodurch dann die gemessene Differenz der beiden Stromraumzeiger-Änderungsgeschwindigkeiten ein komplexer Zeiger ist, dessen Real- und Imaginärteil mit Rotor-Umlaufgeschwindigkeit oszillieren, so daß das Argument dieses komplexen Zeigers mit der elektrischen Lage des Rotors in eindeutigem Zusammenhang steht.
- 50 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Kombination von mehreren, vorzugsweise der Strangzahl entsprechenden, Messungen dergestalt erfolgt, daß diese in verschiedenen Raumzeigerrichtungen durchgeführt werden und daß entweder nur die Realteile der komplexen Zeiger, oder nur die Imaginärteile, vorzugsweise entsprechend der üblichen Raumzeigerdefinition, zu neuen komplexen Kenngrößen zusammengefaßt werden, welche beide die Eigenschaft haben, daß deren Argumente mit der
- 55 60

elektrischen Lage des Rotors korrespondieren oder beide Auswertungen, also jene der Realteile und jene der Imaginärteile, kombiniert werden und zwar vorzugsweise so, daß der statistische Wert des Fehlers der auf diese Weise ermittelten Rotorlage minimiert wird.

- 5 3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die in diesen beiden Ansprüchen angeführten Meßvorgänge kombiniert werden, und daß eine Elimination des Einflusses der induzierten Spannung durch Subtraktion von je zwei Messungen erfolgt, wobei der Spannungsraumzeiger der zweiten Messung entgegengesetzt dem Spannungsraumzeiger der ersten Messung oder der Nullspannungsraumzeiger ist, und daß die Differenz der in diesen Messungen verwendeten Spannungsraumzeiger einerseits und die Differenz der aus diesen Messungen ermittelten zeitlichen Änderungen der Stromraumzeiger anderseits gebildet werden und diese Raumzeigergrößen an die Stelle der entsprechenden Raumzeigergrößen bei Einzelmessungen treten.
- 10 4. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die bei der Bildung der komplexen Kennwerte auftretenden spannungs-, strom-, drehzahl- und flußbetragabhängigen Offsets in Real- bzw. Imaginärteil durch Korrekturwerte berücksichtigt bzw. eliminiert werden, wobei die Korrekturwerte entweder aus Tabellen entnommen werden oder durch einfache, vorzugsweise lineare, Korrekturfunktionen ermittelt werden, oder, bei Überschreitung eines gewissen Wertes der Drehzahl, durch direkte Echtzeitbestimmung aus den Real- bzw. Imaginärteilen über Tiefpässe bestimmt werden.
- 15 5. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine Berücksichtigung des Einflusses des Ankerstromes auf die ermittelte Rotorposition durch einen Korrekturwert erfolgt, welcher entweder aus Tabellen entnommen oder mittels einfacher, vorzugsweise linearer, Korrekturfunktion berechnet wird.
- 20 6. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die gewonnene Rotorpositionsinformation mit einem Spannungsmodell für Synchronmaschinen, durch Integration der Statorspannungsgleichung, kombiniert wird und in Drehzahlbereichen, in denen das Spannungsmodell durch die offene Integration der Statorspannung unzuverlässig arbeitet, fallweise Messungen nach obigen Ansprüchen eingebaut werden, welche dann als Adaption bzw. Korrektur der durch das Spannungsmodell ermittelten Rotorposition dienen.
- 25 7. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1, 2, 4, 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Rotorgeschwindigkeit durch Addition von zwei korrespondierenden Teilmessungen ermittelt wird, wobei diese Teilmessungen mit komplementärer Umrichterschalterstellung verwendet werden, und daß bei der Addition die Umrichterspannung eliminiert wird, und daß aufgrund des Raumzeigers der Stromänderungssumme unmittelbar das Produkt aus Drehfeldgeschwindigkeit und Statorflußverkettungsraumzeiger folgt und damit aus dem Argument dieses komplexen Ausdruckes die Rotorposition, und aus dem Betrag die Rotorgeschwindigkeit folgt.
- 30 8. Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die zufolge der Spannungssprünge und zur Berechnung der zeitlichen Änderung des Stromraumzeigerbetrages notwendigen Stromänderungen von an den zwischen Stromrichter und Synchronmaschine angeordneten Strommeßeinrichtungen abgenommenen werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Istströme vom Ausgang eines Stromerfassungsmoduls (4) jeweils einem ersten Eingang eines Rotorlagerechners (9) und einem ersten Eingang einer Stromnachführungseinrichtung (6) zugeführt sind, und daß die Drehmomentvorgabe über einen ersten Eingang einem Stromvorgabemodul (7) zugeführt ist, und daß der Ausgang des Stromvorgabemoduls (7) mit einem zweiten Eingang der Stromnachführungseinrichtung (6) verbunden ist, und daß eine Umschaltelogik, (10) von einer übergeordneten Steuerung (5) angesteuert wird, und daß der erste Eingang der Umschaltelogik (10) mit dem Ausgang der Stromnachführungseinrichtung (6) verbunden ist, und daß der Ausgang der Umschaltelogik (10) mit einem Brückenansteuerungsmodul (11) verbunden ist, und daß ein zweiter Eingang der Umschaltelogik (10) mit einem ersten Ausgang eines Meßsignalgenerators (8) verbunden ist, und daß ein Eingang des Stromerfassungsmoduls (4) mit einem dritten Ausgang der übergeordneten Steuerung (5) verbunden ist, und daß ein erster Ausgang der übergeordneten Steuerung (5) mit einem zweiten Eingang des Stromvorgabemoduls (7) verbunden ist, und daß ein zweiter Ausgang der übergeordneten Steuerung (5) mit einem Eingang des Meßsignalgenerators (8) verbunden ist, und daß ein zweiter Ausgang des Meßsignalgenerators (8) mit einem zweiten Eingang des Rotorlagerechners (9) verbunden ist, und daß die berechnete Rotorlage vom Ausgang des Rotorlagerechners (9) über eine Leitung (12) einem überlagerten Regler und der Drehmomentenvorgabe bekanntgegeben wird.
- 35 9. Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die zufolge der Spannungssprünge und zur Berechnung der zeitlichen Änderung des Stromraumzeigerbetrages notwendigen Stromänderungen von an den zwischen Stromrichter und Synchronmaschine angeordneten Strommeßeinrichtungen abgenommenen werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Istströme vom Ausgang eines Stromerfassungsmoduls (4) jeweils einem ersten Eingang eines Rotorlagerechners (9) und einem ersten Eingang einer Stromnachführungseinrichtung (6) zugeführt sind, und daß die Drehmomentvorgabe über einen ersten Eingang einem Stromvorgabemodul (7) zugeführt ist, und daß der Ausgang des Stromvorgabemoduls (7) mit einem zweiten Eingang der Stromnachführungseinrichtung (6) verbunden ist, und daß eine Umschaltelogik, (10) von einer übergeordneten Steuerung (5) angesteuert wird, und daß der erste Eingang der Umschaltelogik (10) mit dem Ausgang der Stromnachführungseinrichtung (6) verbunden ist, und daß der Ausgang der Umschaltelogik (10) mit einem Brückenansteuerungsmodul (11) verbunden ist, und daß ein zweiter Eingang der Umschaltelogik (10) mit einem ersten Ausgang eines Meßsignalgenerators (8) verbunden ist, und daß ein Eingang des Stromerfassungsmoduls (4) mit einem dritten Ausgang der übergeordneten Steuerung (5) verbunden ist, und daß ein erster Ausgang der übergeordneten Steuerung (5) mit einem zweiten Eingang des Stromvorgabemoduls (7) verbunden ist, und daß ein zweiter Ausgang der übergeordneten Steuerung (5) mit einem Eingang des Meßsignalgenerators (8) verbunden ist, und daß ein zweiter Ausgang des Meßsignalgenerators (8) mit einem zweiten Eingang des Rotorlagerechners (9) verbunden ist, und daß die berechnete Rotorlage vom Ausgang des Rotorlagerechners (9) über eine Leitung (12) einem überlagerten Regler und der Drehmomentenvorgabe bekanntgegeben wird.
- 40 10. Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die zufolge der Spannungssprünge und zur Berechnung der zeitlichen Änderung des Stromraumzeigerbetrages notwendigen Stromänderungen von an den zwischen Stromrichter und Synchronmaschine angeordneten Strommeßeinrichtungen abgenommenen werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Istströme vom Ausgang eines Stromerfassungsmoduls (4) jeweils einem ersten Eingang eines Rotorlagerechners (9) und einem ersten Eingang einer Stromnachführungseinrichtung (6) zugeführt sind, und daß die Drehmomentvorgabe über einen ersten Eingang einem Stromvorgabemodul (7) zugeführt ist, und daß der Ausgang des Stromvorgabemoduls (7) mit einem zweiten Eingang der Stromnachführungseinrichtung (6) verbunden ist, und daß eine Umschaltelogik, (10) von einer übergeordneten Steuerung (5) angesteuert wird, und daß der erste Eingang der Umschaltelogik (10) mit dem Ausgang der Stromnachführungseinrichtung (6) verbunden ist, und daß der Ausgang der Umschaltelogik (10) mit einem Brückenansteuerungsmodul (11) verbunden ist, und daß ein zweiter Eingang der Umschaltelogik (10) mit einem ersten Ausgang eines Meßsignalgenerators (8) verbunden ist, und daß ein Eingang des Stromerfassungsmoduls (4) mit einem dritten Ausgang der übergeordneten Steuerung (5) verbunden ist, und daß ein erster Ausgang der übergeordneten Steuerung (5) mit einem zweiten Eingang des Stromvorgabemoduls (7) verbunden ist, und daß ein zweiter Ausgang der übergeordneten Steuerung (5) mit einem Eingang des Meßsignalgenerators (8) verbunden ist, und daß ein zweiter Ausgang des Meßsignalgenerators (8) mit einem zweiten Eingang des Rotorlagerechners (9) verbunden ist, und daß die berechnete Rotorlage vom Ausgang des Rotorlagerechners (9) über eine Leitung (12) einem überlagerten Regler und der Drehmomentenvorgabe bekanntgegeben wird.
- 45 11. Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die zufolge der Spannungssprünge und zur Berechnung der zeitlichen Änderung des Stromraumzeigerbetrages notwendigen Stromänderungen von an den zwischen Stromrichter und Synchronmaschine angeordneten Strommeßeinrichtungen abgenommenen werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Istströme vom Ausgang eines Stromerfassungsmoduls (4) jeweils einem ersten Eingang eines Rotorlagerechners (9) und einem ersten Eingang einer Stromnachführungseinrichtung (6) zugeführt sind, und daß die Drehmomentvorgabe über einen ersten Eingang einem Stromvorgabemodul (7) zugeführt ist, und daß der Ausgang des Stromvorgabemoduls (7) mit einem zweiten Eingang der Stromnachführungseinrichtung (6) verbunden ist, und daß eine Umschaltelogik, (10) von einer übergeordneten Steuerung (5) angesteuert wird, und daß der erste Eingang der Umschaltelogik (10) mit dem Ausgang der Stromnachführungseinrichtung (6) verbunden ist, und daß der Ausgang der Umschaltelogik (10) mit einem Brückenansteuerungsmodul (11) verbunden ist, und daß ein zweiter Eingang der Umschaltelogik (10) mit einem ersten Ausgang eines Meßsignalgenerators (8) verbunden ist, und daß ein Eingang des Stromerfassungsmoduls (4) mit einem dritten Ausgang der übergeordneten Steuerung (5) verbunden ist, und daß ein erster Ausgang der übergeordneten Steuerung (5) mit einem zweiten Eingang des Stromvorgabemoduls (7) verbunden ist, und daß ein zweiter Ausgang der übergeordneten Steuerung (5) mit einem Eingang des Meßsignalgenerators (8) verbunden ist, und daß ein zweiter Ausgang des Meßsignalgenerators (8) mit einem zweiten Eingang des Rotorlagerechners (9) verbunden ist, und daß die berechnete Rotorlage vom Ausgang des Rotorlagerechners (9) über eine Leitung (12) einem überlagerten Regler und der Drehmomentenvorgabe bekanntgegeben wird.
- 50 12. Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die zufolge der Spannungssprünge und zur Berechnung der zeitlichen Änderung des Stromraumzeigerbetrages notwendigen Stromänderungen von an den zwischen Stromrichter und Synchronmaschine angeordneten Strommeßeinrichtungen abgenommenen werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Istströme vom Ausgang eines Stromerfassungsmoduls (4) jeweils einem ersten Eingang eines Rotorlagerechners (9) und einem ersten Eingang einer Stromnachführungseinrichtung (6) zugeführt sind, und daß die Drehmomentvorgabe über einen ersten Eingang einem Stromvorgabemodul (7) zugeführt ist, und daß der Ausgang des Stromvorgabemoduls (7) mit einem zweiten Eingang der Stromnachführungseinrichtung (6) verbunden ist, und daß eine Umschaltelogik, (10) von einer übergeordneten Steuerung (5) angesteuert wird, und daß der erste Eingang der Umschaltelogik (10) mit dem Ausgang der Stromnachführungseinrichtung (6) verbunden ist, und daß der Ausgang der Umschaltelogik (10) mit einem Brückenansteuerungsmodul (11) verbunden ist, und daß ein zweiter Eingang der Umschaltelogik (10) mit einem ersten Ausgang eines Meßsignalgenerators (8) verbunden ist, und daß ein Eingang des Stromerfassungsmoduls (4) mit einem dritten Ausgang der übergeordneten Steuerung (5) verbunden ist, und daß ein erster Ausgang der übergeordneten Steuerung (5) mit einem zweiten Eingang des Stromvorgabemoduls (7) verbunden ist, und daß ein zweiter Ausgang der übergeordneten Steuerung (5) mit einem Eingang des Meßsignalgenerators (8) verbunden ist, und daß ein zweiter Ausgang des Meßsignalgenerators (8) mit einem zweiten Eingang des Rotorlagerechners (9) verbunden ist, und daß die berechnete Rotorlage vom Ausgang des Rotorlagerechners (9) über eine Leitung (12) einem überlagerten Regler und der Drehmomentenvorgabe bekanntgegeben wird.
- 55 13. Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die zufolge der Spannungssprünge und zur Berechnung der zeitlichen Änderung des Stromraumzeigerbetrages notwendigen Stromänderungen von an den zwischen Stromrichter und Synchronmaschine angeordneten Strommeßeinrichtungen abgenommenen werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Istströme vom Ausgang eines Stromerfassungsmoduls (4) jeweils einem ersten Eingang eines Rotorlagerechners (9) und einem ersten Eingang einer Stromnachführungseinrichtung (6) zugeführt sind, und daß die Drehmomentvorgabe über einen ersten Eingang einem Stromvorgabemodul (7) zugeführt ist, und daß der Ausgang des Stromvorgabemoduls (7) mit einem zweiten Eingang der Stromnachführungseinrichtung (6) verbunden ist, und daß eine Umschaltelogik, (10) von einer übergeordneten Steuerung (5) angesteuert wird, und daß der erste Eingang der Umschaltelogik (10) mit dem Ausgang der Stromnachführungseinrichtung (6) verbunden ist, und daß der Ausgang der Umschaltelogik (10) mit einem Brückenansteuerungsmodul (11) verbunden ist, und daß ein zweiter Eingang der Umschaltelogik (10) mit einem ersten Ausgang eines Meßsignalgenerators (8) verbunden ist, und daß ein Eingang des Stromerfassungsmoduls (4) mit einem dritten Ausgang der übergeordneten Steuerung (5) verbunden ist, und daß ein erster Ausgang der übergeordneten Steuerung (5) mit einem zweiten Eingang des Stromvorgabemoduls (7) verbunden ist, und daß ein zweiter Ausgang der übergeordneten Steuerung (5) mit einem Eingang des Meßsignalgenerators (8) verbunden ist, und daß ein zweiter Ausgang des Meßsignalgenerators (8) mit einem zweiten Eingang des Rotorlagerechners (9) verbunden ist, und daß die berechnete Rotorlage vom Ausgang des Rotorlagerechners (9) über eine Leitung (12) einem überlagerten Regler und der Drehmomentenvorgabe bekanntgegeben wird.
- 60 14. Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die zufolge der Spannungssprünge und zur Berechnung der zeitlichen Änderung des Stromraumzeigerbetrages notwendigen Stromänderungen von an den zwischen Stromrichter und Synchronmaschine angeordneten Strommeßeinrichtungen abgenommenen werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Istströme vom Ausgang eines Stromerfassungsmoduls (4) jeweils einem ersten Eingang eines Rotorlagerechners (9) und einem ersten Eingang einer Stromnachführungseinrichtung (6) zugeführt sind, und daß die Drehmomentvorgabe über einen ersten Eingang einem Stromvorgabemodul (7) zugeführt ist, und daß der Ausgang des Stromvorgabemoduls (7) mit einem zweiten Eingang der Stromnachführungseinrichtung (6) verbunden ist, und daß eine Umschaltelogik, (10) von einer übergeordneten Steuerung (5) angesteuert wird, und daß der erste Eingang der Umschaltelogik (10) mit dem Ausgang der Stromnachführungseinrichtung (6) verbunden ist, und daß der Ausgang der Umschaltelogik (10) mit einem Brückenansteuerungsmodul (11) verbunden ist, und daß ein zweiter Eingang der Umschaltelogik (10) mit einem ersten Ausgang eines Meßsignalgenerators (8) verbunden ist, und daß ein Eingang des Stromerfassungsmoduls (4) mit einem dritten Ausgang der übergeordneten Steuerung (5) verbunden ist, und daß ein erster Ausgang der übergeordneten Steuerung (5) mit einem zweiten Eingang des Stromvorgabemoduls (7) verbunden ist, und daß ein zweiter Ausgang der übergeordneten Steuerung (5) mit einem Eingang des Meßsignalgenerators (8) verbunden ist, und daß ein zweiter Ausgang des Meßsignalgenerators (8) mit einem zweiten Eingang des Rotorlagerechners (9) verbunden ist, und daß die berechnete Rotorlage vom Ausgang des Rotorlagerechners (9) über eine Leitung (12) einem überlagerten Regler und der Drehmomentenvorgabe bekanntgegeben wird.

Hiezu 1 Blatt Zeichnung

Ausgegeben

25. 4.1994

Int. Cl.⁵: G01R 29/18

Blatt 1

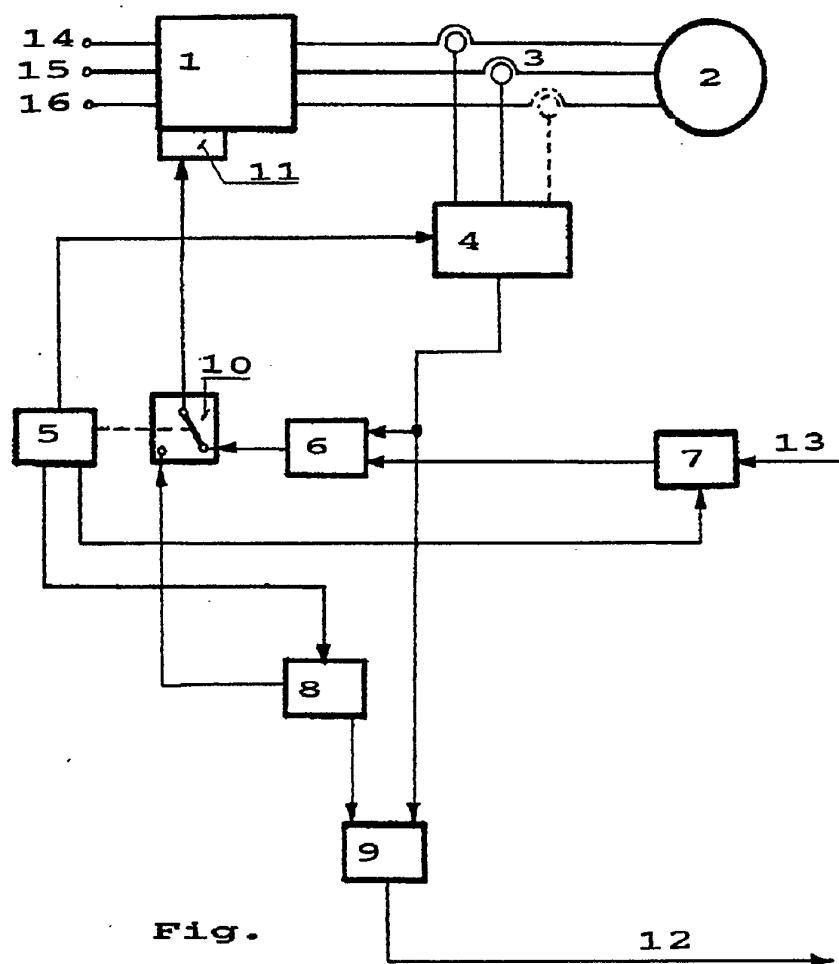


Fig.

12