



(12)

PATENTCHRIFT

(21) Anmeldenummer: A 1468/99
(22) Anmeldetag: 26.08.1999
(42) Beginn der Patentedauer: 15.04.2002
(45) Ausgabetag: 27.12.2002

(51) Int. Cl.⁷: **H02P 7/292**
H02P 6/18

(73) Patentinhaber:
WOLBANK THOMAS M.
A-1050 WIEN (AT).
(72) Erfinder:
WOLBANK THOMAS M.
WIEN (AT).
WÖHRNSCHIMMEL REINHARD
WIEN (AT).

(54) VERFAHREN ZUR ERKENNUNG VON ASYMMETRIEN IN UMRICHTERGESPEISTEN DREHFELDMASCHINEN WÄHREND DES BETRIEBES DURCH ÜBERWACHUNG DER SCHALTZUSTANDSDAUER

(57) Es wird aus den, von einer Antriebsregelung an einen Umrichter weitergeleiteten Schaltzuständen die Einschalt-dauer der aktiven Schaltzustände während einer Beobach-tungsdauer ermittelt. Durch einen Vergleich der Einschalt-dauer der einzelnen aktiven Schaltzustände ist es möglich, auch während des Betriebes der Drehstrommaschine an einem Umrichter Asymmetrien, die beispielsweise in der Statorwicklung als Folge von Kurzschlüssen zwischen den Statorwindungen auftreten gleich bei ihrem Entstehen zu erkennen und zu lokalisieren. Zur Anwendung des Verfah-rens werden nur die in modernen Drehstromantrieben bereits vorhandenen Sensoren benötigt.

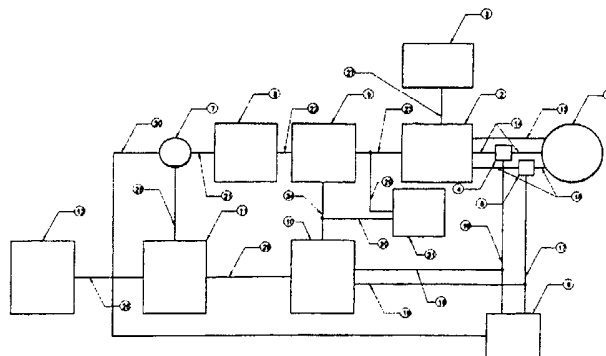


Fig. 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung von Asymmetrien in umrichter gespeisten Drehfeldmaschinen während des Betriebes wie es im Oberbegriff des Patentanspruches 1 beschrieben ist.

Nach dem derzeitigen Stand der Technik werden bei drehzahlstellbaren Antrieben überwiegend Drehstrommaschinen mit Spannungszwischenkreisumrichtern eingesetzt. Die von den schnell schaltenden Leistungshalbleitern der modernen Umrichter hervorgerufenen extrem schnellen Spannungsänderungen bedeuten eine außerordentliche Belastung für die Isolation der Statorwicklung der Maschinen. Die Folge dieser außerordentlichen Belastung ist eine Zunahme von Wicklungsisolationsfehlern in Maschinen, die zur Bildung von Windungskurzschlüssen führen und in weiterer Folge meist eine totale Zerstörung der Wicklung und damit einen Ausfall des Antriebs bewirken. Eine frühzeitige Erkennung solcher Isolationsschäden kann den Totalausfall des Antriebs verhindern und die Reparaturzeiten reduzieren. Asymmetrien in einer Drehstrommaschine, wie sie beispielsweise in der Statorwicklung durch das Auftreten eines Windungskurzschlusses als Folge eines Fehlers in der Wicklungsisolation hervorgerufen werden, können derzeit nur erkannt und lokalisiert werden, indem die Meßwerte der Maschine bei reiner Sinusspeisung aus dem Spannungsnetz, also ohne Umrichterspeisung, beobachtet und ausgewertet werden.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, die Maschine während des Betriebes am Spannungszwischenkreisumrichter zu überwachen und Asymmetrien, die beispielsweise in den Statorwicklungen durch einen Windungskurzschluß hervorgerufen werden frühzeitig zu erkennen. Dabei sollen nur die bereits im Antriebssystem zur Regelung der Maschine vorhandenen Sensoren verwendet werden.

Diese Aufgabe wird gelöst, indem erfindungsgemäß während des Betriebes der Maschine an einem Umrichter das Schaltverhalten eines Stromreglers während einer definierten Zeit beobachtet wird und für jeden möglichen aktiven Schaltzustand des Umrichters die relative Einschaltdauer gebildet wird. Aus einem Vergleich der Einschaltdauer der, in der Raumzeigerebene symmetrisch um den Ursprung verteilten aktiven Spannungsraumzeiger werden Asymmetrien in der Maschine, wie sie beispielsweise bei Windungskurzschlüssen auftreten erkannt und lokalisiert. Der laufende Betrieb des Antriebes wird durch Anwendung des Verfahrens nicht beeinträchtigt. Die Erkennung einer solchen Asymmetrie wird auch dann ermöglicht, wenn die Maschine an einem Umrichter betrieben wird. Es werden nur die, zur Regelung der Maschine notwendigen Meßgrößen verwendet. Es sind daher keine zusätzlichen Sensoren nötig. Das Verfahren kann auch in bereits bestehenden Antrieben nachträglich angewendet werden.

Die Erfindung wird im weiteren anhand von Zeichnungen näher erläutert.

Figur 1 Die Grundstruktur (vereinfachte, schematische Darstellung) eines Umrichtergespeisten Antriebes zur Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens nach Anspruch 1.

In Figur 1 ist eine Vorrichtung zur Umsetzung des erfindungsgemäßen Verfahrens als Blockschaltbild für einen prädiktiven Stromregler in der Raumzeigerebene und für einen dreiphasigen aus einem Spannungsnetz versorgten Umrichter mit angeschlossener Drehstrommaschine erläutert. Dabei ist der erste Eingang einer Drehstrommaschine 1 über eine erste Energieleitung 13 mit dem ersten Ausgang eines Umrichters 2 verbunden und der zweite Eingang der Drehstrommaschine 1 ist über eine zweite Energieleitung 14 mit einem ersten Stromsensor 4 und mit dem zweiten Ausgang des Umrichters 2 verbunden und der dritte Eingang der Drehstrommaschine 1 ist über eine dritte Energieleitung 15 mit einem zweiten Stromsensor 5 und mit dem dritten Ausgang des Umrichters 2 verbunden. Der Umrichter 2 ist über eine vierte Energieleitung 27 an das Spannungsnetz 3 geschaltet. Der Ausgang des ersten Stromsensors 4 ist über eine erste Signalleitung 16 mit dem ersten Eingang eines Raumzeigerbildungsgliedes 6 und über eine zweite Signalleitung 18 mit dem ersten Eingang eines Flußwinkelberechnungsgliedes 10 verbunden und der Ausgang des zweiten Stromsensors 5 ist über eine dritte Signalleitung 17 mit dem zweiten Eingang des Raumzeigerbildungsgliedes 6 und über eine vierte Signalleitung 19 mit dem zweiten Eingang des Flußwinkelberechnungsgliedes 10 verbunden und der Ausgang des Raumzeigerbildungsgliedes 6 ist über eine fünfte Signalleitung 20 mit dem negativen Eingang eines Summiergliedes 7 verbunden und der Ausgang eines Sollwertvorgabegliedes 12 ist über eine sechste Signalleitung 26 mit dem ersten Eingang eines Regelungsgliedes 11 verbunden und der Ausgang des Regelungsgliedes 11 ist über eine siebente Signalleitung 28 mit dem positiven Eingang des Summiergliedes 7 verbunden und der Ausgang des Summiergliedes 7 ist über eine achte Signalleitung 21 mit dem

Eingang eines Maschinenmodellgliedes 8 verbunden und der Ausgang des Maschinenmodellgliedes 8 ist über eine neunte Signalleitung 22 mit dem Eingang eines Stromreglergliedes 9 verbunden und das Stromreglerglied 9 ist über eine zehnte Signalleitung 23 mit dem Umrichter 2 und über eine elfte Signalleitung 29 mit dem ersten Eingang des Einschaltdauerverarbeitungsglied 31 verbunden und das Stromreglerglied 9 ist über eine zwölfte Signalleitung 24 mit dem Flußwinkelberechnungsglied 10 und über eine dreizehnte Signalleitung 30 mit dem zweiten Eingang des Einschaltdauerverarbeitungsgliedes 31 verbunden und das Flußwinkelberechnungsglied 10 ist über eine vierzehnte Signalleitung 25 mit dem zweiten Eingang des Regelungsgliedes 11 verbunden.

In dem Ausführungsbeispiel der hochdynamisch geregelten, von einem Umrichter mit Spannungszwischenkreis gespeisten Drehstrommaschine, werden die Strangströme der Maschine 1 mittels zweier Stromsensoren 4 und 5 gemessen. Aus diesen Meßwerten wird in einem Raumzeigerbildungsglied 6 der Statorstromraumzeiger der Maschine gebildet und in einem Summierglied 7 die Abweichung des gemessenen Statorstromraumzeigers von dem, von dem Regelungsglied 11 vorgegebenen Sollstatorstromraumzeiger bestimmt. Das Regelungsglied 11 erhält dabei von dem Sollwertvorgabeglied 12 beispielsweise einen Drehmomentsollwert vorgegeben. Von dem Flußwinkelberechnungsglied 10 wird der aktuelle Wert des Flußraumzeigers berechnet und an das Regelungsglied 11 weitergeleitet. Aus dem Ausgang des Summiergliedes 7, das die Abweichung des Istwertes des Statorstromraumzeigers von seinem Sollwert darstellt, wird durch das Maschinenmodell 8, in dem die Maschine durch eine grundswingungsfrequente innere Spannung und eine in Serie geschaltene Induktivität angenähert wird, der Sollspannungsraumzeiger berechnet, der nötig ist um den Istwert des Statorstromraumzeigers während einer Abtastperiode des Regelkreises an den vorgegebenen Sollwert heranzuführen. Der Sollspannungsraumzeiger wird an das Stromreglerglied 9 weitergeleitet, in dem, von den insgesamt sieben möglichen unterschiedlichen Spannungsraumzeigern (32), (33), (34), (35), (36), (37) und (38) erfindungsgemäß derjenige ausgewählt wird, der dem Sollspannungsraumzeiger in Phase und Betrag am nächsten liegt. Der dem ausgewählten Spannungsraumzeiger entsprechende Schaltbefehl wird dem Umrichter 2 und dem Einschaltdauerverarbeitungsglied 31 zugeführt. In dem Einschaltdauerverarbeitungsglied 31 wird die Einschaltdauer der sechs aktiven Schaltzustände (33), (34), (35), (36), (37) und (38) während einer definierten Beobachtungsdauer, die beispielsweise einer Umdrehung des Stromraumzeigers entspricht, gebildet. Rotiert der Sollstromraumzeiger beispielsweise mit konstantem Betrag und konstanter Winkelgeschwindigkeit, so kann beispielsweise eine Asymmetrie in der Statorwicklung direkt an der dann ungleichen Verteilung der Einschaltdauer der einzelnen aktiven Schaltzustände erkannt und lokalisiert werden.

Bei dieser Anordnung ist es auf relativ einfache Art und Weise möglich, das erfindungsgemäße Verfahren laut Anspruch 1 zu verwirklichen.

In Figur 2 ist entsprechend dem Stand der Technik die Lage der, durch die unterschiedlichen Schaltzustände eines Umrichters mit Spannungszwischenkreis festgelegten, Raumzeiger der Umrichterausgangsspannung in der komplexen Raumzeigerebene dargestellt. Dabei zeigt die waagrechte Koordinatenachse 39 in Richtung positiver reeller Werte der Raumzeigerebene, die senkrecht dazu stehende Koordinatenachse 40 zeigt in Richtung positiver imaginärer Werte und der Ursprung des Koordinatensystems ist durch den Schnittpunkt 32 der Koordinatenachse 39 mit der Koordinatenachse 40 festgelegt. Definitionsgemäß fällt die Strangachse des ersten Stranges der Maschine mit der reellen Koordinatenachse 39 zusammen, wobei die Richtung der Strangachse des ersten Stranges in die Richtung positiver reeller Werte zeigt. Die Strangachse des zweiten Stranges der Maschine liegt gegenüber der Strangachse des ersten Stranges um 120° in mathematisch positiver Drehrichtung um den Ursprung 32 verdreht in der Raumzeigerebene und zeigt in Richtung des Spannungsraumzeigers 35. Die Strangachse des dritten Stranges der Maschine liegt gegenüber der Strangachse des ersten Stranges um 240° in mathematisch positiver Drehrichtung um den Ursprung 32 verdreht in der Raumzeigerebene und zeigt in Richtung des Spannungsraumzeigers 37. Durch unterschiedliche Schaltzustände der Leistungsschalter des Umrichters lassen sich insgesamt sieben unterschiedliche Spannungsraumzeiger erzeugen die mit den Bezugszeichen 33, 34, 35, 36, 37, 38 und 32 gekennzeichnet sind. Der Spannungsraumzeiger 32 mit der Länge null fällt mit dem Ursprung 32 des Koordinatensystems zusammen und tritt dann auf, wenn die Schalter aller drei Phasen des Umrichters 2 den gleichen Schaltzustand aufweisen. Die Spannungsraumzeigern 33, 34, 35, 36, 37 und 38 werden als aktive Spannungsraumzeiger bezeichnet

und die zugehörigen Schalterkombinationen werden als aktive Schaltzustände bezeichnet. Alle anderen Spannungsraumzeiger und Schalterkombinationen werden als inaktive Spannungsraumzeiger und Schaltzustände bezeichnet.

5

PATENTANSPRUCH:

Verfahren zur Erkennung von Asymmetrien in umrichter gespeisten, von, auf der Raumzeigerrechnung basierenden Regelverfahren, geregelten Drehfeldmaschinen während des Betriebes, **dadurch gekennzeichnet**, daß von einem Stromreglerglied (9) jene Schaltzustände an den Umrichter (2) ausgegeben werden, die dem, zur Reduktion der Abweichung des gemessenen Statorstromraumzeigers (20) von einem vorgegebenen Sollstatorstromraumzeiger innerhalb einer Abtastperiode optimalen, Sollspannungsraumzeiger in Betrag und Phase jeweils am nächsten liegen, und daß die ausgegebenen Schaltzustände in einem Einschaltdauerverarbeitungsglied (31) erfaßt und für die, den aktiven Schaltzuständen entsprechenden Spannungsraumzeiger (33), (34), (35), (36), (37) und (38) die jeweilige Einschaltdauer bestimmt wird, und daß ein Vergleich der Einschaltdauer der einzelnen aktiven Spannungsraumzeiger (33), (34), (35), (36), (37) und (38) durchgeführt wird, und daß im beispielsweise Fall eines mit konstantem Betrag und konstanter Winkelgeschwindigkeit rotierenden Sollstromraumzeigers, eine Asymmetrie in der Maschine direkt an der dann ungleichen Verteilung der Einschaltdauer der einzelnen aktiven Schaltzustände erkannt und lokalisiert werden kann.

25

HIEZU 1 BLATT ZEICHNUNGEN

30

35

40

45

50

55

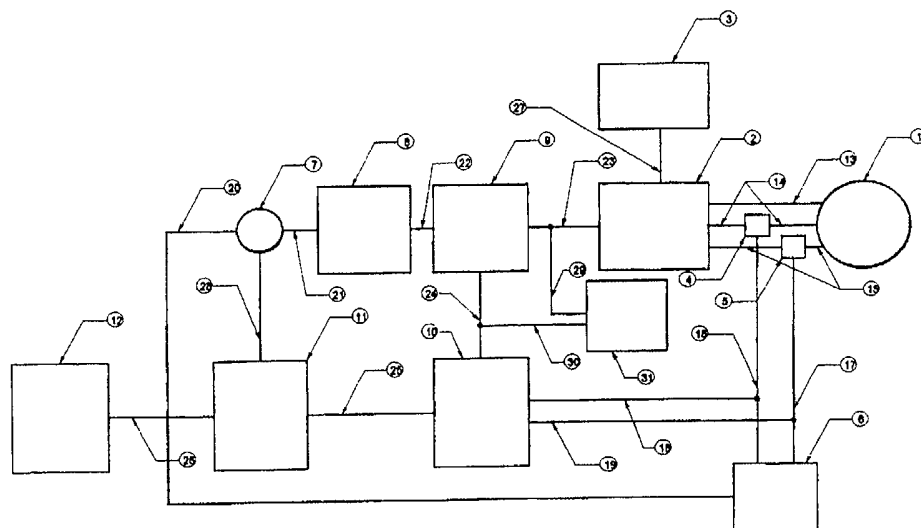


Fig. 1 Erfindungsgegenstand: Verfahren zur Erkennung von Asymmetrien in umrichtergespeisten Drehfeldmaschinen während des Betriebes durch Überwachung der Schaltzustandsdauer

Erfinder: Thomas M. WOLBANK und Reinhard WÖHRNSCHIMMEL

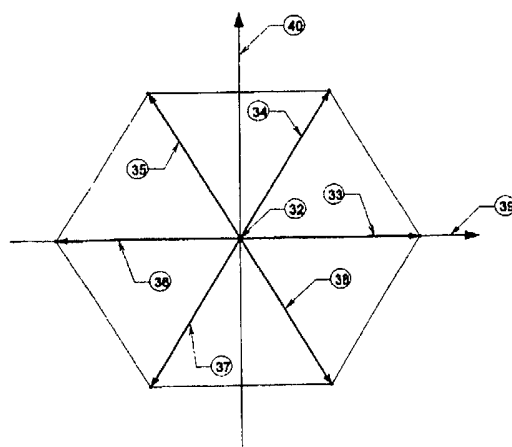


Fig. 2 Erfindungsgegenstand: Verfahren zur Erkennung von Asymmetrien in umrichtergespeisten Drehfeldmaschinen während des Betriebes durch Überwachung der Schaltzustandsdauer

Erfinder: Thomas M. WOLBANK und Reinhard WÖHRNSCHIMMEL