



①9



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

①1 CH 692 933 A5

⑤1 Int. Cl.⁷: H 02 K 005/16

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

①2 PATENTSCHRIFT A5

②1 Gesuchsnummer: 00627/98

②2 Anmeldungsdatum: 17.03.1998

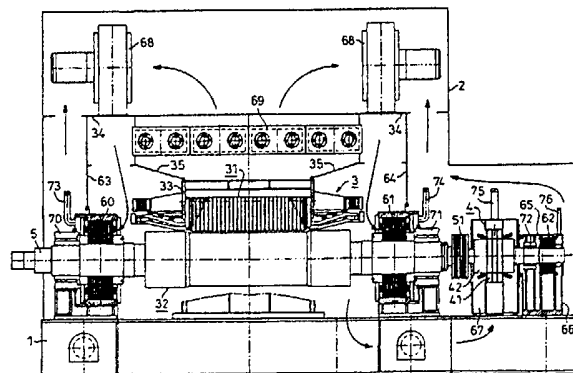
③0 Priorität: 21.03.1997 DE 19 714 172.2

②4 Patent erteilt: 13.12.2002

④5 Patentschrift
veröffentlicht: 13.12.2002⑦3 Inhaber:
Siemens Aktiengesellschaft, Wittelsbacherplatz 2,
80333 München (DE)⑦2 Erfinder:
Manfred Utech, Dachsberg 5,
14193 Berlin (DE)
Dr. Bernd Ponick, Mainstrasse 36,
14612 Falkensee (DE)
Hartmut Rauch, Holbeinstrasse 20,
12203 Berlin (DE)⑦4 Vertreter:
Siemens Schweiz AG, Albisriederstrasse 245,
8047 Zürich (CH)

⑤4 Grosser Synchronmotor mit veränderbarer Drehzahl.

⑤7 Um bei grossen, drehzahlveränderbaren Synchronmotoren die maximal zulässige Drehzahl anheben und/oder den Drehzahlstellbereich vergrössern zu können, sind die Lager der Rotorwelle (5) als aktive Magnetlager (60, 61, 62) ausgebildet und innerhalb einer für Haupt- und Erregermaschine (3, 4) gemeinsamen Maschinenhaube (2) angeordnet. Die Magnetlager (60, 61, 62) sind dabei luftungstechnisch (63, 64, 65, 66) als luftdurchlässige Grenzbereiche zwischen Räumen unterschiedlichen Luftdruckes in den Kühlkreislauf der Haupt- und der Erregermaschine integriert.



Beschreibung

Die Erfindung liegt auf dem Gebiet der dynamo-elektrischen Maschinen und ist bei der konstruktiven Ausgestaltung grosser, drehzahlveränderbarer Synchronmotoren anzuwenden, bei denen der Rotor der Hauptmaschine und der Rotor der Erregermaschine gleichachsig angeordnet und die diese Rotoren tragende Welle in wenigstens zwei Lagern gelagert ist und bei denen die Erregermaschine in den Kühlkreislauf der Hauptmaschine einbezogen ist.

Zum Antrieb von leistungsfähigen Pumpen und Verdichtern wie Kesselspeisepumpen für Kraftwerke und Gas-Verdichtern für Gaspipelines werden in neuerer Zeit stromrichter gespeiste und damit in ihrer Drehzahl veränderbare Synchronmotoren eingesetzt. Die Antriebsleistung dieser Motoren liegt bei mehr als 10 MW bei maximalen Drehzahlen von 4000–6500 Umdrehungen min^{-1} und einem betriebsmässigen Drehzahlstellbereich von 0,6:1. Der begrenzte Drehzahlstellbereich berücksichtigt dabei Resonanzstellen, die aufgrund der Maschinenabmessungen im unteren und oberen Drehzahlbereich auftreten und die bei der üblicherweise verwendeten Lagerung der Rotorwelle mit Schild oder Stehlagern nicht als Betriebsdrehzahl beherrschbar sind («Energie und Automation», 1987, Heft 9, Seiten 32–41). Für den konstruktiven Aufbau derartiger Maschinen ist charakteristisch, dass die Hauptmaschine und die Erregermaschine jeweils mit einer eigenen Maschinenhaube versehen sind und dass die drei Lager der Rotorwelle ausserhalb der Maschinenhauben und damit für Wartungszwecke zugänglich angeordnet sind; weiterhin ist charakteristisch, dass die Kühlung der Erregermaschine in den beispielsweise als Umluftkühlung ausgebildeten Kühlkreislauf der Hauptmaschine einbezogen ist. Dazu sind die beiden Maschinenhauben kühlflüssigkeitsmässig miteinander verbunden.

Zur Lagerung von bei höheren Drehzahlen rotierenden Teilen im Bereich von Spitzentechnologien wie der effektiven Hochgeschwindigkeitsbearbeitung bei Werkzeugmaschinen, dem Betrieb leistungsfähiger Verdichter und Pumpen, der Kerntechnik oder des Verkehrswesens ist es bereits bekannt, Rotoren unter Ausnutzung von Magnetkräften zu lagern und hierzu passive oder aktive Magnetlager zu verwenden, wobei die aktiven Magnetlager eine Regelbarkeit der Lagerkräfte ermöglichen («Elektrie», 1988, Heft 10, Seiten 365 bis 370). Dabei ist auch schon vorgeschlagen worden, die Läuferwelle eines Verdichters oder einer Turbine, sofern sie eine grosse Länge aufweist, mit drei geregelten elektromagnetischen Radial-Lagern und einem elektromagnetischen Axial-Lager zu lagern, wobei das zweite Radiallager etwa in der Mitte zwischen den beiden endseitigen Radiallagern und damit in der Mitte des Läufers und der Läuferwelle angeordnet ist (DE 2 658 687 A1).

Obwohl es bekannt ist, für kleine schnelllaufende Elektromotoren Magnetlager zu verwenden (DE 2 515 608 A1) ist es mit Rücksicht auf die hohen Kosten solcher Lager nicht üblich, diese auch für die Lagerung der Rotoren elektrischer Grossmaschinen einzusetzen.

Ausgehend von einem grossen Synchronmotor mit den Merkmalen des Oberbegriffes des Patentanspruches 1 liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, durch eine Veränderung des mechanisch-konstruktiven Aufbaus des Motors den Drehzahlstellbereich zu vergrössern.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist gemäss der Erfindung vorgesehen, dass die Lager als aktive Magnetlager ausgebildet und innerhalb der für Haupt- und Erregermaschine gemeinsamen Maschinenhaube angeordnet sind und dass die Magnetlager lüftungstechnisch in den Kühlkreislauf der Haupt- und der Erregermaschine integriert sind.

Bei einer derartigen Ausgestaltung des Synchronmotors kann der axiale Abstand zwischen den beiden Lagern des Rotors der Hauptmaschine und gegebenenfalls auch zwischen dem Rotor der Erregermaschine und dem äusseren Magnetlager und damit die Gesamtlänge der Rotorwelle erheblich verkürzt werden. Dies ermöglicht einerseits eine Erhöhung der maximalen Drehzahl n_{max} des Synchronmotors und andererseits infolge der Regelbarkeit der Magnetlager eine Vergrösserung des Drehzahlstellbereiches bis hinunter zu kleinen Drehzahlen, und zwar ohne Sperrbereiche zwischen $n = 0$ und n_{max} . Die Anordnung der Magnetlager innerhalb einer für Haupt- und Erregermaschine gemeinsamen Maschinenhaube ist möglich, weil Magnetlager kein Schmiermittel und dadurch einen erheblich geringeren Wartungsaufwand als mechanische Stehlager sowie eine wesentlich einfachere Kühlung, nämlich lediglich eine Luftkühlung, erfordern. In diesem Fall muss aber durch entsprechende Kühlluftführung eine angemessene Kühlung der Magnetlager gewährleistet sein. Die lüftungstechnische Integration der Magnetlager in den Kühlkreislauf der Haupt- und der Erregermaschine lässt sich zweckmässig in der Weise realisieren, dass der unter der gemeinsamen Maschinenhaube befindliche Raum lüftungstechnisch in Räume unterschiedlichen Luftdruckes unterteilt ist, wobei der Stator der Hauptmaschine und die dem Rotor der Hauptmaschine zugeordneten Magnetlager sowie die Erregermaschine luftdurchlässige Grenzbereiche zwischen Räumen unterschiedlichen Luftdruckes bilden. Dabei wird die Ausgestaltung der Magnetlager als luftdurchlässige Grenzbereiche zwischen Räumen unterschiedlichen Luftdruckes konstruktiv unter Verwendung von Trennwänden erreicht, die an den dem Rotor der Hauptmaschine zugeordneten Magnetlagern senkrecht zur Rotorachse verlaufen und gegen den Grundrahmen, die Lagergehäuse und den Stator der Hauptmaschine abgedichtet sind, wobei der von der Erregermaschine gebildete Grenzbereich über einen Luftkanal im Grundrahmen des Synchronmotors mit dem zwischen den beiden Magnetlagern des Rotors der Hauptmaschine befindlichen Raum verbunden ist. Je nach Art der Belüftung des Synchronmotors – Fremd- oder Eigenbelüftung – werden dabei die Lüfter entweder beidseits des Stators der Hauptmaschine in die Trennwände eingesetzt oder zwischen dem Rotor der Hauptmaschine und den diesem Rotor zugeordneten Magnetlagern angeordnet; bei Durchzugsbelüftung erfolgt die Kühlluftzuführung zweckmässig in

den Raum zwischen dem Rotor der Hauptmaschine und dem zugehörigen Magnetlager.

Um die dem jeweiligen Kühlluftbedarf entsprechende Luftaufteilung innerhalb des Motors zu gewährleisten, sollte weiterhin belüftungstechnisch in Reihe mit jedem Magnetlager und mit der Erregermaschine ein Drosselement angeordnet sein.

Bei Synchronmotoren grosser Leistung dürfte es zweckmässig sein, den Rotor der Erregermaschine nicht fliegend (wie an sich bekannt) zu lagern, sondern ihm ein eigenes, drittes Lager zuzuordnen. Hierbei kann es sich im einfachsten Fall – beispielsweise aus Kostengründen – um ein mechanisches Lager, also beispielsweise ein Gleitlager, insbesondere aber um ein Wälzlager mit äusserer Lagerdämpfung handeln. Gegebenenfalls kommt aber auch hierfür der Einsatz eines geregelten Magnetlagers in Betracht. Dieses an der Aussenseite der Erregermaschine angeordnete Magnetlager wird dann zweckmässig in den luftdurchlässigen Grenzbereich der Erregermaschine einbezogen; ihm kann wie den beiden Magnetlagern des Rotors der Hauptmaschine belüftungstechnisch in Reihe wenigstens ein Drosselement zugeordnet sein.

Ein Ausführungsbeispiel eines gemäss der Erfindung modifizierten Synchronmotors ist in der einzigen Figur dargestellt. Diese Darstellung erfolgt in Anlehnung an Bild 8 auf Seite 37 der Literaturstelle «Energie und Automation», 1987.

Die Figur zeigt einen durch einen Stromrichter gespeisten und damit in seiner Drehzahl veränderbaren Synchronmotor, der auf dem Grundrahmen 1 angeordnet und mit einer Maschinenhaube 2 abgedeckt ist. Der Synchronmotor besteht aus der Hauptmaschine 3 mit dem Stator 31 und dem Rotor 32, der Erregermaschine 4 mit dem Stator 41 und dem Rotor 42 und dem auf der Rotorwelle 5 angeordneten Stromrichter 51. Die Rotorwelle 5 ist durch die Maschinenhaube 2 hindurchgeführt.

Die beiden Rotoren 32 und 42 sind mittels der Rotorwelle 5 in den Stehlagern 60, 61 und 62 gelagert, wobei diese Stehlager als aktive Magnetlager ausgebildet sind. Die Ständer der Magnetlager 60 und 61 sind mit Trennwänden 63 und 64 versehen, die sich zunächst senkrecht zur Achse der Rotorwelle 5 bis zum Grundrahmen 1 und bis zur Maschinenhaube 2 und vertikal bis über das Statorgehäuse 33 erstrecken und in axial und geneigt verlaufende Wandteile 34, 35 übergehen. Mittels dieser Wände und Wandteile die Teil der Maschinenhaube 2 sein können und gegen das Gehäuse des jeweiligen Magnetlagers, den Grundrahmen 1 und das Statorgehäuse 33 abgedichtet sind, werden abgegrenzte Raumbereiche erzeugt, die zur Führung des Kühlluftstromes dienen. Hierzu sind in die zu den Trennwänden gehörenden Wandteile 34 Lüfter 68 eingesetzt, die von Kühlern 69 oberhalb des Stators 31 gekühlte Luft in den Raum zwischen dem Stator 31 und dem Rotor 32 einerseits und die Trennwände 63 und 64 andererseits einspeisen. Dadurch ergeben sich Kühlluftströme, wie sie durch die eingezeichneten Pfeile angedeutet sind.

Zur wirksamen Kühlung der Erregermaschine 4 ist dabei vorgesehen, einen Teil des Kühlluftstromes aus dem Bereich zwischen Stator 31 und Ro-

tor 32 einerseits und Trennwand 64 andererseits in nicht näher dargestellter Weise über den Grundrahmen 1 in den Stator 41 einzuspeisen. Zur Kühlung des Magnetlagers 62 ist dieses durch eine Längswand 65 und eine Trennwand 66 an den durch Wände abgegrenzten Kühlluftstrom 67 der Erregermaschine 4 angeschlossen, sodass ein Teil der die Erregermaschine durchströmende Kühlluft auch das Magnetlager 62 durchströmen muss. – Neben den Magnetlagern 60, 61 und 62 sind noch mechanische Notlauflager 70, 71 und 72 angeordnet, die zugleich belüftungstechnisch eine Drosselfunktion ausüben. Weitere Drosselemente zur Aufteilung des Luftstromes sind in Form von Lochblenden mit Hilfe von Luftführungsstutzen 73, 74, 75 und 76 an die Magnetlager 60, 61 und 62 und die Erregermaschine 4 angeschlossen. – Die Zuordnung von Magnetlager und Notlauflager kann zwecks Systemoptimierung auch so erfolgen, dass sich das jeweilige Notlauflager zwischen Magnetlager und Rotor befindet. Das Notlauflager kann dann keine Drosselfunktion ausüben.

Die beschriebene Ausgestaltung eines Synchronmotors ist auch bei einem Synchrongenerator anwendbar.

Bezugszeichenliste

- 1 Grundrahmen
- 2 Maschinenhaube
- 3 Hauptmaschine
- 4 Erregermaschine
- 5 Rotorwelle
- 31 Stator
- 32 Rotor
- 33 Statorgehäuse
- 34 Wandteil
- 35 Wandteil
- 41 Stator
- 42 Rotor
- 51 Stromrichter
- 52 Anschlussflansch
- 60 Stehlager
- 61 Stehlager
- 62 Stehlager
- 63 Trennwand
- 64 Trennwand
- 65 Längswand
- 66 Trennwand
- 67 Kühlluftstrom
- 68 Lüfter
- 69 Kühler
- 70 Notlauflager
- 71 Notlauflager
- 72 Notlauflager
- 73 Luftführungsstutzen
- 74 Luftführungsstutzen
- 75 Luftführungsstutzen
- 76 Luftführungsstutzen

Patentansprüche

1. Stromrichtergespeister und damit in seiner Drehzahl veränderbarer Synchronmotor mit einer maximalen Drehzahl von mehr als 4000 Umdrehun-

gen min^{-1} bei einer Antriebsleistung von wenigstens 10 MW, bestehend aus einer Hauptmaschine und einer Erregermaschine, die mittels einer Maschinenhaube gegen die Umgebung abgeschottet sind, wobei der Kühlkreislauf der Erregermaschine in den Kühlkreislauf der Hauptmaschine einbezogen ist und der Rotor der Hauptmaschine gleichachsig mit dem Rotor der Erregermaschine angeordnet und die den Rotor der Hauptmaschine und den Rotor der Erregermaschine tragende Welle in wenigstens zwei Lagern gelagert ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Lager (60, 61, 62) als aktive Magnetlager ausgebildet und innerhalb der für Haupt- und Erregermaschine (3, 4) gemeinsamen Maschinenhaube (2) angeordnet sind und dass die Magnetlager (60, 61, 62) lüftungstechnisch in den Kühlkreislauf der Haupt- und der Erregermaschine integriert sind.

2. Synchronmotor nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der unter der gemeinsamen Maschinenhaube (2) befindliche Raum lüftungstechnisch in Räume unterschiedlichen Luftdruckes unterteilt ist, wobei der Stator (31) der Hauptmaschine und die dem Rotor (32) der Hauptmaschine zugeordneten Magnetlager (60, 61) sowie die Erregermaschine (4) luftdurchlässige Grenzbereiche zwischen Räumen unterschiedlichen Luftdruckes bilden.

3. Synchronmotor nach Patentanspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Räume unterschiedlichen Luftdruckes durch Trennwände (63, 64, 65, 66; 34, 35) gebildet sind, die an den dem Rotor (32) der Hauptmaschine (3) zugeordneten Magnetlagern (60, 61) senkrecht zur Rotorachse verlaufen und gegen einen Grundrahmen des Synchronmotors (1), die Lagergehäuse der Magnetlager und den Stator (31) der Hauptmaschine abgedichtet sind, und dass der von der Erregermaschine (4) gebildete Grenzbereich über einen Luftkanal im Grundrahmen (1) des Synchronmotors mit dem zwischen den beiden Magnetlagern (60, 61) des Rotors der Hauptmaschine befindlichen Raum verbunden ist.

4. Synchronmotor nach Patentanspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass bei fremdbelüftetem Synchronmotor die Lüfter (68) beidseits des Stators (31) der Hauptmaschine in die Trennwände (63, 64; 34, 35) eingesetzt sind.

5. Synchronmotor nach Patentanspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass bei eigenbelüftetem Synchronmotor die Lüfter zwischen dem Rotor der Hauptmaschine und den diesem Rotor zugeordneten Magnetlagern angeordnet sind.

6. Synchronmotor nach Patentanspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass bei durchzugsbelüftetem Synchronmotor die Kühlluftzuführung an den Raum zwischen Rotor der Hauptmaschine und den zugehörigen Magnetlagern angeschlossen ist.

7. Synchronmotor nach einem der Patentansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass belüftungstechnisch in Reihe mit den Magnetlagern (60, 61) jeweils wenigstens ein Drosselement (73, 74, 75) angeordnet ist.

8. Synchronmotor nach einem der Patentansprüche 2 bis 7 mit drei Lagern, von denen das mittlere zwischen dem Rotor der Hauptmaschine und dem

Rotor der Erregermaschine angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass das dritte Lager ebenfalls als Magnetlager (62) ausgebildet, an der Aussenseite der Erregermaschine (4) angeordnet und in den luftdurchlässigen Grenzbereich einbezogen ist.

9. Synchronmotor nach Patentanspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass belüftungstechnisch in Reihe auch mit dem dritten Magnetlager (62) wenigstens ein Drosselement (76) angeordnet ist.

10. Synchronmotor nach einem der Patentansprüche 2 bis 7 mit drei Lagern, von denen das mittlere zwischen dem Rotor der Hauptmaschine und dem Rotor der Erregermaschine angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass das dritte Lager an der Aussenseite der Erregermaschine (4) angeordnet und als Wälzlager ausgebildet ist.

