

Passives Magnetisches Axiallager mit Mantelfeld-Struktur

Patentanmeldung am 2006-03-30 mit Priorität 29.12.2001

Trennanmeldung aus DE 101 64 435 A1

Erfinder: Friedbert Schäfer

www.homopolar.de

fribb@t-online.de

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein passives magnetisches Axiallager mit Mantelfeld-Struktur, bestehend aus zwei konzentrischen, massiv ausgeführten, im Wesentlichen rotationssymmetrischen Mantelfeld-Kernhälften,

- deren äußere Kernhälfte im zentralen Querschnitt auf der linken Seite des Querschnitts ungefähr C-förmig und dessen korrespondierende Kernhälfte an gleicher Stelle wie ein seitenverkehrtes C erscheint, so dass beide Kernhälften sich zum magnetischen Kreis ergänzen,
- die sich auf gleicher axialer Höhe (= Soll-Lage) mit radialem Abstand einander gegenüberstehen, also einen rotationssymmetrischen, achsenparallel verlaufenden Luftspalt begrenzen, der sich aus zwei axial versetzten Teil-Luftspalten zusammensetzt,
- welche im Betriebszustand ein beidseitiges gemeinsames zirkulares, homopolares magnetisches Feld führen,
- deren stoffliche Zusammensetzung im Wesentlichen homogen „wie aus einem Guss“ ist,
- und deren mechanische Einbindung in die Nutzanwendung mit unmagnetischen Materialien erfolgt.

Es werden sowohl permanentmagnetische als auch elektromagnetische Lösungen angegeben. Insbesondere für große Schwungenergiespeicher werden Ausführungen mit supraleitenden Erregerspulen vorgeschlagen.

Beschreibung:

Die Erfindung betrifft ein passives magnetisches Axiallager mit Mantelfeldstruktur

Regenerative Energiequellen wie Solarenergie und Windenergie gewinnen zunehmend an Bedeutung. Die diskontinuierliche Einspeisung elektrischer Energie aus Windenergieanlagen führt jedoch oft zu Problemen in den Netzen der Energieversorger.

Eine Verstetigung und bedarfsgerechte Einspeisung ist wünschenswert und könnte mit großen Schwungrad-Energiespeicheranlagen gemanagt werden. Voraussetzung für den wirtschaftlich sinnvollen Betrieb derartiger Energiespeicher ist die Verfügbarkeit von effizienten Magnetlagern, mit deren Hilfe die Lagerverluste der Schwungräder so minimiert werden können, dass die gespeicherte Energie über Stunden und Tage hinweg ohne große Verluste konserviert und bedarfsgerecht in elektrische Energie zurückverwandelt werden kann. Betreiber von Windkraftanlagen könnten die gewonnene elektrische Energie als kinetische Energie in Zeiten schwacher Netzauslastung so lange speichern, bis sie den besten Preis für den ins Netz eingespeisten Strom erzielen.

Mechanische Lager sind mit hohen Reibungsverlusten behaftet und sind deshalb für Langzeitenergiespeicher wenig geeignet.

Passive supraleitende Magnetlager sind bereits in der Entwicklung und erscheinen für kleine Baugrößen geeignet. In der bisher ausgeführten Technik sind diese aus kleinen massiven HTSL-Blöcken (HTSL = Hochtemperatur-Supraleiter) zusammengesetzt, welche mit Permanentmagnetringen unter Ausnutzung des Pinning-Effekts zusammenwirken. Eine Anwendung dieser Technologie in wirklich großem Maßstab ist jedoch nicht ohne weiteres möglich. Große Permanentmagnetringe oder auch HTSL-Ringe mit Durchmesser von einem bis mehreren Metern sind bislang nicht aus homogenem Material verfügbar und müssten aus kleinen Segmenten zusammengesetzt werden. Werden größere Permanentmagnetringe aus kleinen Einzelmagneten zusammengesetzt, entstehen in Folge der inhomogenen Feldstärke entlang des Umfangs bei schneller Relativbewegung Wirbelstromverluste, welche zu einer Abbremsung des Schwungrads führen.

Große Durchmesser sind mehrfach vorteilhaft:

- In einem rotierenden Körper wächst die Energie einer Schwungmasse mit dem Quadrat der Entfernung zum Rotationszentrum.
- Ein Schwungenergiespeicher mit großer radialer Ausdehnung und kurzer axialer Baulänge sollte weniger anfällig für Schwingungen sein als einer mit langer axialer Ausdehnung und kleinem Radius.

Für die berührungsfreie axiale Lagerung schwerer Schwungräder wird deshalb ein supraleitendes magnetisches Lager mit Mantelfeld-Struktur vorgeschlagen, wie es bereits in der DE 101 64 435 A1 als geeignet für ein magnetisches Axiallager erkannt wurde und dort integraler Bestandteil einer Homopolarmaschine ist.

Die magnetische Anziehung zweier Mantelfeld-Kernhälften, von denen eine Kernhälfte im Querschnitt ungefähr C-förmig und dessen korrespondierende Kernhälfte im Querschnitt spiegelbildlich zur anderen erscheint, die sich auf gleicher axialer Höhe (= Soll-Lage) gegenüberstehen und zu einem zirkularen magnetischen Feld ergänzen, kann für magnetische Axiallager beinahe jeder Größenordnung genutzt werden.

Die Kernhälften bestehen in der elektromagnetischen Ausführung bevorzugt aus massivem ferromagnetischem Material hoher Permeabilität und können rotationssymmetrisch mit sehr großer Homogenität entlang des Umfangs wie aus einem Guss gefertigt werden.

Die Funktion soll nun am Beispiel eines Mantelfeld-Axiallagers mit vertikal ausgerichteter Achse beschrieben werden: Prinzipiell gibt es mindestens drei verschiedene Arten, wie man ein derartiges Lager verwenden kann:

- Äußere Kernhälfte feststehend – innere Kernhälfte rotiert
- Innere Kernhälfte feststehend – äußere Kernhälfte rotiert
- Beide Kernhälften rotieren gegenläufig zueinander

Nachfolgend soll die Version beschrieben werden, bei der die äußere Kernhälfte feststehend montiert ist, innerhalb der die innere Kernhälfte frei beweglich ist, ohne dass dabei im Betrieb eine mechanische Vorrichtung der Gewichtskraft des Rotors entgegen wirkt, wobei ein geeignetes Radiallager-System, welches entweder mechanisch oder besser ebenfalls magnetisch und berührungsfrei wirkt, dafür sorgt, dass die beiden immer einen ausreichenden radialen Abstand zueinander einhalten:

Das Mantelfeld wird durch zwei korrespondierende Ringspulen elektromagnetisch erzeugt, welche bevorzugt an der feststehenden Kernhälfte angelagert sind, wobei die eine Ringspule an der radial inneren Oberfläche, also innerhalb der Aushöhlung und die andere an der radial äußeren Oberfläche der selben Kernhälfte anliegt. Folgt die Geometrie der Ringspulen sehr auffällig der Geometrie des Kerns, wie etwa in DE 101 64 435 A1 illustriert, ist die Bezeichnung Schalenwicklung besonders passend.

Werden nun beide Erregerspulen gegensinnig von Gleichstrom durchflossen, so wird sowohl in der die Erregerspulen tragenden (fixierten) Kernhälfte als auch in der korrespondierenden (beweglichen) Kernhälfte ein beide Kernhälften durchflutendes Mantelfeld erzeugt. Die zwei Kernhälften bilden jetzt über den trennenden Luftspalt hinweg einen im Querschnitt zirkular polarisierten Magnetkreis.

Ist das Kernmaterial (möglichst bis zur Sättigung) magnetisiert, wird sich der Rotor dem Einfluss einer axial auf ihn einwirkenden äußeren Kraft selbsttätig widersetzen und die oben erwähnte Soll-Lage umso weniger verlassen, je stärker die magnetische Feldstärke in den zwei Teil-Luftspalten zwischen den korrespondierenden Polen der beiden sich ergänzenden Kernhälften ist.

Als Material für die Kernhälften kann beispielsweise magnetisierbarer Stahl verwendet werden, der in großen, homogenen Werkstücken hergestellt werden kann, womit Speicher in der langfristig anvisierten Größenordnung von einigen Hundert Tonnen Schwungmasse mit einem Energieinhalt von mehreren MWh möglich werden sollen.

Die magnetische Feldstärke in den Luftspalten zwischen den Mantelfeld-Kernhälften sollte nun ebenfalls rotationssymmetrisch homogen sein. Dann ist zu erwarten, dass in den beiden Kernhälften keinerlei Wirbelströme entstehen.

Denkt man sich den Rotor des hier beschriebenen Mantelfeld-Magnetlagers unter dem Einfluss einer äußeren Kraft **radial** aus der Soll-Lage verschoben, wird sich am magnetischen Widerstand im Mantelfeld nicht viel ändern. Daher kann vermutet werden, dass sich das gefundene Axiallager neutral bezüglich der radialen Lagerung verhält. Intuitiv könnte man sogar vermuten, dass die zentrierte Position aus Symmetriegründen eine energetisch bevorzugte Konstellation darstellt.

Die mechanische Einbindung des Magnetlagers in die Nutzenanwendung sollte mit unmagnetischen Materialien erfolgen.

Der Betrieb des Lagers kann sehr effizient erfolgen, da bei supraleitender Ausführung der Gleichstrom in den Erregerspulen verlustfrei fließt - vorzugsweise als Kurzschluss-Strom nach dem Vorbild des bei Supraleitenden Magnetischen Energiespeichern (SMES) angewandten Verfahrens.

Der Einsatz von Supraleitern erfordert allerdings kältetechnische Vorrichtungen und ist vermutlich nur für relativ große Mantelfeld-Magnetlager sinnvoll. Für kleinere Mantelfeld-Magnetlager können Erregerspulen aus handelsüblichen, normalleitenden Drähten gebaut werden oder man verzichtet ganz auf Erregerspulen und setzt die Mantelfeld-Kerne aus permanent magnetisierten Materialien zusammen, wobei es von Vorteil ist, wenn die Kernhälften jeweils aus einem oder wenigen in sich rotationssymmetrischen Teilen besteht.

Mit Hilfe von Schalenwicklungen sollte es möglich sein, entsprechend geformte Permanentmagnete herzustellen, in welche der zirkulare Feldverlauf fest eingeprägt ist.

Patentansprüche:

1. **Passives Magnetisches Axiallager**, bestehend aus zwei konzentrischen, massiv ausgeführten, im Wesentlichen rotationssymmetrischen ferromagnetischen „Kernhälften“,
 - a) deren äußere Kernhälfte im zentralen Querschnitt auf der linken Seite der Symmetrieachse ungefähr C-förmig und dessen korrespondierende Kernhälfte an gleicher Stelle wie ein seitenverkehrtes C erscheint , so dass beide Kernhälften sich zum magnetischen Kreis ergänzen,
 - b) die sich auf gleicher axialer Höhe (= Soll-Lage) mit radialem Abstand einander gegenüberstehen, also einen rotationssymmetrischen, achsenparallel verlaufenden Luftspalt begrenzen, der sich aus zwei axial versetzten Teil-Luftspalten zusammensetzt,
 - c) welche im Betriebszustand ein beidseitiges gemeinsames zirkulares, homopolares magnetisches Feld führen, welches sich größtenteils über die Pole schließt, die sich an den Teil-Luftspalten gegenüberstehen.
 - d) deren mechanische Einbindung in die Nutzanwendung mit unmagnetischen Materialien erfolgt (in Nachbarschaft zu den Spulen und Kernhälften),
 - e) von denen mindestens eine Kernhälfte mindestens eine innerhalb der Kernhöhlung gelegene und mindestens eine außerhalb der Kernhöhlung gelegene im Wesentlichen rotationssymmetrische Erregerspule trägt, wobei die jeweils innere Spule gegensinnig zur korrespondierenden äußeren von Gleichstrom durchflossen wird. Die Stromstärken und Anzahl der Windungen können dabei zwischen innen und außen differieren.
2. Passives Magnetisches Axiallager nach Anspruch 1e) deren innere Erregerwicklung die Kernhöhlung möglichst vollständig ausfüllt und deren äußere Erregerwicklung sich der zirkularen Kerneometrie möglichst eng anschmiegt (Schalenwicklung).
3. Passives Magnetisches Axiallager nach Anspruch 1. oder 2., wobei die Erregerwindungen aus supraleitendem Material hergestellt sind.
4. Passives Magnetisches Axiallager nach Anspruch 3., wobei die Erregerwindungen jeweils von einem Kurzschluss-Strom durchflossen werden.
5. Passives Magnetisches Axiallager, welches die Merkmale des Anspruchs 1. (mit Ausnahme des Merkmals e)) aufweist, wobei das ferromagnetische Material durch permanentmagnetisches Material ersetzt ist, in welches der zirkulare Feldverlauf mittels Schalenwicklungen permanent eingeprägt wurde.