

1

Bekanntlich wird bei vertikalen Großmaschinen, insbesondere bei elektrischen Großmaschinen, wie Wasserkraftgeneratoren oder auch großen Phasenschiebern, eine erhebliche Einsparung an Verlusten und damit eine Verbesserung des Wirkungsgrades der Maschine dadurch erzielt, daß die Welle mit dem Läufer tragende Traglager magnetisch entlastet wird, indem ein mit Gleichstrom erregter stillstehender Magnet auf einen mit der Welle verbundenen Anker durch einen Luftspalt eine Anziehungskraft ausübt, die das Gewicht der Welle und der an dieser befestigten Teile der Maschine teilweise, ganz oder übersteigend aufhebt. Im ersten Fall wird das Traglager entlastet, im zweiten Fall wird die Welle vom Traglager abgehoben und frei schwebend getragen, während im dritten Fall die Welle an einem Gegentraglager zum Anliegen kommt. Da das Gewicht der Welle mit den daran befestigten Teilen der Maschine je nach den Betriebsbedingungen stark schwanken kann, beispielsweise bei einem Wasserkraftgenerator durch Beaufschlagung bzw. Entlastung der an der vertikalen Welle hängenden Turbine, muß die vom Magnet aufgebrachte entlastende Kraft in Abhängigkeit vom Gewicht der Welle geregelt werden; denn bei Verringerung der Entfernung zwischen Magnet und Anker nimmt die Anziehungskraft an sich stark zu, während sie mit größer werdender Entfernung stark abnimmt.

Es ist bekannt, den Erregerstrom des Magneten durch feinfühligere Regeleinrichtungen entsprechend dem jeweiligen Gewicht der Welle, beispielsweise durch Druckdosen, zu regeln. Diese Regeleinrichtungen sind sehr aufwendig und bereiten Schwierigkeiten bezüglich ihrer Stabilität. Außerdem ist es bekannt, den den Magnet erregenden Strom dadurch zu regeln, daß am Magnet und am Anker mindestens zwei Paare von einander gegenüberstehenden Platten angeordnet sind, die mindestens zwei Kondensatoren bilden, deren Luftspalte sich proportional der Entfernung zwischen Magnet und Anker verändern. Diese Kondensatoren werden von hochfrequenten Strömen durchflossen und beeinflussen mit Hilfe eines Röhrenverstärkers infolge ihrer mit wechselndem Abstand wechselnden Kapazität den den Magnet erregenden Gleichstrom. Auch diese Anordnung läßt sich vor allem bei elektrischen Großmaschinen, beispielsweise Wasserkraftgeneratoren, bei denen erhebliche Laststöße auftreten können, nur schwer stabilisieren.

Ferner ist es bekannt, bei Rohrpostanlagen von einer elektromagnetischen Aufhängung Gebrauch zu machen. Die bei diesen Anlagen zur Regelung des den Magnet erregenden Gleichstromes verwendeten Mittel, nämlich die Änderung eines im Erregerkreis liegenden Widerstandes in Abhängigkeit von der Größe des tragenden Luftspaltes oder die Einschaltung einer vom erregenden Gleichstrom durchflossenen Gleichstrommaschine, lassen sich für die Regelung elektrischer Großmaschinen, beispielsweise für

Magnetisches Lager für vertikale Großmaschine, insbesondere Wasserkraftgenerator

Patentiert für:

Siemens-Schuckertwerke
Aktiengesellschaft,
Berlin und Erlangen

Dr.-Ing. Josef Tittel, Berlin-Lübars,
und Dr.-Ing. Hermann Harz, Berlin-Siemensstadt,
sind als Erfinder genannt worden

2

die Regelung der magnetischen Lagerung eines Wasserkraftgenerators, nicht verwenden, da die Erregerstromänderungen der bekannten Anlagen viel zu klein und zu träge sind, als daß ein Wasserkraftgenerator mit einer solchen Anordnung magnetisch stabil gelagert werden könnte. Dies gilt auch für die ebenfalls bekannte Einfügung eines zusätzlichen Luftspaltes in den magnetischen Kreis der Tragvorrichtung, dessen Größe in Abhängigkeit von der Größe des tragenden Luftspaltes verändert wird.

Die Erfindung befaßt sich demgegenüber mit der Lagerung einer vertikalen Großmaschine, insbesondere eines Wasserkraftgenerators, mit deren vertikaler Welle ein Anker verbunden ist, auf den ein mit Gleichstrom erregter Magnet durch einen Luftspalt eine Anziehungskraft ausübt, wobei der den Magnet erregende Gleichstrom in Abhängigkeit von der Größe des Luftspaltes geregelt wird. Gemäß der Erfindung wird der erregende Gleichstrom von einer Gleichstrommaschine geliefert, deren Erregung über Gleichrichter durch eine aus einer Konstantspannungsquelle gespeiste Eisendrosselspule beeinflusst wird; der Luftspalt dieser Eisendrosselspule ist dabei in Abhängigkeit von der Größe des Luftspaltes zwischen dem mit der Welle der Maschine verbundenen Anker und dem mit Gleichstrom erregten Magnet veränderbar. Die Erfindung sieht mithin die Verwendung einer mit Wechselstrom gespeisten Eisendrosselspule vor, also eines von der tragenden Magnetanordnung unabhängigen Baugliedes, deren Luftspalt in Abhängigkeit vom Luftspalt der tragenden Magnetanordnung verändert wird. Bei geeigneter Bemessung der den Erregerstrom für den Tragmagnet

liefernde Gleichstrommaschine, vor allem ihres Erregerkreises, wirkt sich die in Abhängigkeit von den Schwankungen des tragenden Luftspaltes veränderte Induktivität der Eisendrosselspule in einer stoßartigen Änderung des den Tragnagnet erregenden Gleichstromes aus, so daß auch bei sehr großen plötzlichen Laständerungen, wie sie beispielsweise bei Wasserkraftgeneratoren auftreten, die Stabilität des Traglagers nicht gefährdet ist.

Die gemäß der Erfindung vorgesehene Eisendrosselspule, deren Luftspalt dem Luftspalt der Traglageranordnung nachgebildet wird, braucht nicht übermäßig groß bemessen zu sein, da die durch die Luftspaltänderung hervorgerufene Induktivitätsänderung der Eisendrosselspule infolge ihrer Einwirkung auf die Erregung der verwendeten Gleichstrommaschine vollständig trägheitslos eine ausreichende stoßartige Änderung des den Magnet erregenden Gleichstromes erzwingt. Vorteilhafterweise wird hierbei für die den Erregerstrom des Magneten liefernde Gleichstrommaschine eine Verstärkermaschine mit hohem Spannungsbereich gewählt.

Eine weitere Verbesserung der Stabilität einer Anordnung gemäß der Erfindung läßt sich dadurch erreichen, daß die erste und gegebenenfalls auch die zweite zeitliche Ableitung der sich mit der Zeit ändernden Größe des Luftspaltes der Eisendrosselspule zur Regelung des den Magnet erregenden Gleichstromes herangezogen werden.

In der Zeichnung ist die Erfindung an Hand eines Ausführungsbeispiels erläutert, das eine schematisch angeordnete elektrische Maschine, beispielsweise einen Wasserkraftgenerator, darstellt. An der Welle 1 ist der Läufer 2 sowie die nicht dargestellte Turbine befestigt, die durch ihr Gewicht auf die Welle 1 mit der veränderlichen Kraft P einwirken. Die Welle 1 wird von dem magnetischen Lager 3 getragen, das aus dem mit dem Gleichstrom J_e erregten, am Fundament 6 befestigten Magnet 4 und aus dem an der Welle 1 befestigten Anker 5 besteht. Die vom Magnet 4 auf dem Anker 5 ausgeübte Anziehungskraft wirkt über den Luftspalt 7, der sich senkrecht zur Welle 1 erstreckt. Der Erregerstrom J_e wird vom Gleichstromgenerator E geliefert, der eine Hauptschlußerregewicklung besitzt. Der durch den Strom J_e hervorgerufenen Durchflutung dieser Wicklung wirkt die Durchflutung des in einer weiteren Erregerwicklung geführten Stromes i_e entgegen. Der Strom i_e wird dem Erregerstromkreis von der Sekundärwicklung des Stromwandlers W über die Gleichrichter Gl zugeführt. Die Primärwicklung des Stromwandlers W wird von dem Strom i_m durchflossen, der der Konstantspannungsquelle 8 entnommen wird und über die Eisendrosselspule K fließt. Die Eisendrosselspule K hat einen veränderbaren Luftspalt, dessen Größe δ_k mit Hilfe der mechanischen Übertragungseinrichtung 9 proportional der Größe Δ des Luftspaltes 7 gehalten wird. Beispielsweise kann die Übersetzung durch die mechanische Übertragungseinrichtung 9 so bemessen werden, daß sich die Luftspalte $\delta_k : \Delta$ wie 2 : 1 verhalten. Mit Hilfe des beweglichen Joches der Eisendrosselspule K wird also die Größe des Luftspaltes 7 des magnetischen Lagers 3 durch den äquivalenten Luftspalt δ_k an der Eisendrosselspule K nachgebildet.

Bei einer Zunahme der gesamten aus Läufergewicht und Wasserdruck bestehenden Belastung P wird der Luftspalt 7 größer, d. h., Δ nimmt zu. Entsprechend der gewählten Übersetzung 2 : 1 vergrößert sich der Luftspalt δ_k im doppelten Maße. Dadurch steigt augenblicklich der Magnetisierungsstrom i_m im Primärkreis des Stromwandlers W . Da der Strom in der Sekundärwicklung des Stromwandlers W nur nach Maßgabe der magnetischen Zeitkonstante des Erregerkreises ansteigen kann, steigt die Sekundärspannung des Stromwandlers W sehr steil an und erzwingt dadurch einen sehr raschen Anstieg

der Erregerspannung der in Differenzschaltung erregten Gleichstrommaschine auf das Mehrfache ihres Normalwertes, insbesondere wenn diese als Verstärkermaschine mit hohem Spannungsbereich ausgeführt ist. Infolge der starken Überschußspannung steigt dann auch der Erregerstrom des Magnets 4 sehr rasch an, so daß sich für den Erregerstrom in Abhängigkeit von dem auf die Welle 1 einwirkenden Gewicht bzw. in Abhängigkeit von der Größe des Luftspaltes 7 zwischen Anker 4 und Magnet 5 eine stabile Kennlinie ergibt.

Statt einer Verstärkermaschine kann auch ein Magnetverstärker Verwendung finden.

In Weiterbildung des Erfindungsgedankens empfiehlt es sich, die Regelung des den Magnet 4 erregenden Gleichstromes mit Hilfe der Eisendrosselspule K nicht allein in Abhängigkeit von der Größe δ_k des Luftspaltes dieser Drossel zu regeln, sondern auch die erste sowie gegebenenfalls auch die zweite zeitliche Ableitung von δ_k , also $\frac{\partial \delta_k}{\partial t}$ bzw. $\frac{\partial^2 \delta_k}{\partial t^2}$ beispielsweise mit Hilfe an sich bekannter elektronischer Regeleinrichtungen heranzuziehen. Dadurch, daß die Regelung des den Magnet 4 erregenden Gleichstromes nicht allein von δ_k , sondern auch von $\frac{\partial \delta_k}{\partial t}$ bzw. $\frac{\partial^2 \delta_k}{\partial t^2}$ abhängt, wird eine wesentlich schnellere

Regelung erreicht, die vor allem bei starken Laständerungen, wie sie beispielsweise bei plötzlicher Beaufschlagung bzw. plötzlicher Entlastung der an der Welle 1 hängenden Turbine auftreten, wesentlich ist. Um ein Pendeln der Anordnung gemäß der Erfindung bei solchen plötzlichen Laständerungen zu vermeiden, empfiehlt es sich, überdies Dämpfungs- und Rückführungskreise vorzusehen.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Vertikale Großmaschine, insbesondere Wasserkraftgenerator, mit deren vertikaler Welle ein Anker verbunden ist, auf den ein mit Gleichstrom erregter Magnet durch einen Luftspalt eine Anziehungskraft ausübt, wobei der den Magnet erregende Gleichstrom in Abhängigkeit von der Größe des Luftspaltes geregelt wird, dadurch gekennzeichnet, daß der erregende Gleichstrom von einer Gleichstrommaschine geliefert wird, deren Erregung über Gleichrichter durch eine aus einer Konstantspannungsquelle gespeisten Eisendrosselspule beeinflusst wird, deren Luftspalt (δ_k) in Abhängigkeit von der Größe des Luftspaltes (Δ) zwischen dem mit der Welle der Maschine verbundenen Anker und dem mit Gleichstrom erregten Magnet veränderbar ist.

2. Vertikale Großmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die den Erregerstrom des Magnets liefernde Gleichstrommaschine eine Verstärkermaschine mit hohem Spannungsbereich ist.

3. Vertikale Großmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Magnetisierungsstrom der Eisendrosselspule nach Übersetzung durch einen Stromwandler und nach Gleichrichtung die in Differenzschaltung erregte Gleichstrommaschine erregt.

4. Vertikale Großmaschine nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein Übersetzungsverhältnis zwischen dem Luftspalt (δ_k) der Eisendrosselspule und dem Luftspalt (Δ) zwischen dem mit der Welle der Maschine verbundenen Anker und dem mit Gleichstrom erregten Magnet, der größer als Eins ist.

5. Vertikale Großmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste zeitliche Ableitung ($\frac{\partial \delta_k}{\partial t}$) der Größe des Luftspaltes der Eisendrosselspule

zur Regelung des den Magnet erregenden Gleichstromes herangezogen ist.

6. Vertikale Großmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite zeitliche Ableitung $\left(\frac{\partial^2 \delta_k}{\partial t^2}\right)$ der Größe des Luftspaltes der Eisen-

drosselspule zur Regelung des den Magnet erregenden Gleichstromes herangezogen ist.

In Betracht gezogene Druckschriften:

5 Deutsche Patentschriften Nr. 261 085, 281 291, 281 378; schweizerische Patentschrift Nr. 10 220.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

