

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Patent  
aufrechterhalten nach  
§ 12 Abs. 3 ErstrG

(12) **PATENTSCHRIFT**  
**DD 282 983**

**B5**

(11) (51) Int. Cl.<sup>5</sup>: G01H 11/00

**DEUTSCHES PATENTAMT**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Aufrechterhaltung kann Einspruch eingelegt werden

(21) Aktenzeichen:

DD G 01 H / 328 353 2

(22) Anmeldetag:

08.05.89

(44) Veröff.-tag der  
DD-Patentschrift:

26.09.90

(45) Veröff.-tag der  
Aufrechterhaltung:

19.05.93

(30) Unionspriorität:

-

(72) Erfinder: Gebbensleben, Reiner, Dipl.-Ing., O - 8030 Dresden, DE; Schilling, Peter, Dipl.-Ing.,  
O - 8019 Dresden, DE

(73) Patentinhaber: VEAG Vereinigte Energiewerke AG, Allee der Kosmonauten 29, PF 420, O - 1140 Berlin, DE

**(54) Verfahren zur Überwachung des Schwingungszustandes von Ständerwicklungen und Blechpaketen großer  
rotierender elektrischer Wechselstrommaschinen**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DD 280 672    DD 267 641    DD 224 934

## **Patentanspruch:**

**Verfahren zur Überwachung des Schwingungszustandes von Ständerwicklungen und Blechpaketen großer rotierender Wechselstrommaschinen durch Messung, Aufnahme und Auswertung an der Ständerwicklung und/oder am Blechpaket und/oder am Ständergehäuse aufgenommener Schwingungssignale, gekennzeichnet dadurch,**

- daß die Schwingungssignale während des An- und Abfahrvorganges bei kurzgeschlossener oder offener Ständerwicklung und elektrischer Erregung des Läufers der Wechselstrommaschine aufgenommen werden
- und daß die so aufgenommenen Schwingungssignale in ihrem Resonanzverhalten nach Amplitude und Frequenz ausgewertet werden und hieraus der Zustand der Ständerwicklung und des Blechpakets komplex beurteilt wird.

## **Anwendungsgebiet der Erfindung**

**Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung des Schwingungszustandes großer rotierender elektrischer Wechselstrommaschinen während des An- oder Abfahrvorganges, bei denen ein 3phasiges Kurzschluß der Ständerwicklung und eine Erregung auf einen Kurzschlußstrom genügender Größe oder bei denen bei offener Ständerwicklung eine Erregung auf ein ausreichend großes Luftspaltfeld durchführbar ist, wie zum Beispiel bei Synchronmaschinen in Pumpspeicherwerken mit reversiblen Maschinensätzen bei betriebsmäßiger elektrischer Bremsung. Sie dient der Früherkennung von Lockerungen der Wicklungsstäbe und des Blechpakets des Ständers dieser Maschinen und wird auf dem Gebiet der technischen Diagnostik angewendet.**

## **Charakteristik des bekannten Standes der Technik**

In der technischen Diagnostik großer rotierender elektrischer Wechselstrommaschinen ist es bekannt, den Schwingungszustand von Ständerwicklungen durch Messung der Amplituden-Frequenz-Kennlinien der Wickelköpfe zu bestimmen (Nadocij, v. M., Rekomendacij po kontrolju vibracionnogo sostojanija lobovych castej obmotki statora gidrogeneratorov. Sbornik naucnych trudov VNIIIE, Moskva, 1983, S. 10–15. Glebov, I.A.u.a., Vibratory Behaviour Study and Control of Large Turbo- and Hydrogenerators, CIGRE-Bericht 11–11 Session 1988). Hierzu wird die betreffende Maschine aus dem laufenden Betrieb herausgenommen und im Dreiphasen-Dauerkurzschluß betrieben. Die Drehzahl wird im Bereich 0,4 bis 1,2 ihres Nennwertes stufenweise eingestellt. Die Schwingungen der Wickelköpfe werden durch an ihnen befestigte Sensoren erfaßt. Durch die punktweise Aufnahme werden nur Resonanzen im genannten Drehzahlbereich sicher erfaßt. Durch den notwendigen Dreiphasen-Dauerkurzschluß ist die betreffende Maschine für die Dauer des Versuches für den normalen Betrieb nicht verfügbar.

Es ist bekannt (Patentschrift CH 571 714), daß auch systeminterne stochastische Vorgänge benutzt werden können, um Eigenschwingungen in teilweise rotierenden Systemen anzuregen, wobei durch Frequenzanalyse der Resonanzkurven Eigenfrequenz und Dämpfung der Systemeigenschwingungen bestimmt werden. Dieses Verfahren ist bei rein sinusförmiger Anregung, wie sie in Generatoren gegeben ist, nicht anwendbar.

Ferner wurde vorgeschlagen, den Schwingungszustand eines elektrischen Generators auch nach der Herausbildung der harmonischen der doppelten Generatorfrequenz im Autoleistungsspektrum von Schwingungssignalen zu beurteilen, die durch Sensoren vom Generatorständer abgenommen werden. Dabei sind das an einem Leitsignal phasenorientierte Mittelungsverfahren und die anschließende Signalanalyse relativ aufwendige Verfahren. Außerdem sind besonders Betriebszustände des Generators notwendig, die seine betriebliche Verfügbarkeit beeinträchtigen. Mit diesem Verfahren ist ein Erkennen von Resonanzerscheinungen und eine Beurteilung ihrer Gefährlichkeit für den Betrieb der Maschine nicht möglich.

## **Ziel der Erfindung**

Das Ziel der Erfindung besteht darin, den Schwingungszustand der Ständerbaugruppen eines Generators komplex zu beurteilen und auftretende Lockerungen der Ständerwicklungen und des Blechpakets frühzeitig mit geringen technischen Mitteln und ohne ökonomische Verluste zu erkennen, wobei die üblichen aufwendigen Methoden zur Signaltrennung und Analyse entfallen können, da die notwendigen Informationen direkt aus dem Meßsignal gewonnen werden.

## **Darlegung des Wesens der Erfindung**

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, mit Hilfe von Schwingungssignalen, die am Ständer der Maschine abgenommen werden, eine Diagnose des Schwingungszustandes der Ständerbaugruppen innerhalb des normalen Betriebsregimes der Maschine unter Umgehung einer aufwendigen Signalanalyse durchzuführen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß während des betriebsmäßigen An- oder Abfahrens der elektrischen Maschine und bei kurzgeschlossener oder leerlaufender Ständerwicklung und elektrischer Erregung Schwingungssignale am Ständergehäuse und/oder am Blechpaket und/oder an der Wicklung der Maschine abgegriffen und in ihrem zeitlichen Verlauf kontinuierlich zwischen Nenndrehzahl und Stillstand der Maschine registriert werden. Dabei freigestellte Resonanzerscheinungen werden nach Amplitude und Frequenz ausgewertet. Der Maschinenzustand wird einerseits nach dem

**Vorhandensein von Resonanzen und ihrer Lage** in bezug auf betriebsmäßig angeregte Frequenzen (z.B. der doppelten Stromfrequenz) und andererseits durch Vergleich der gemessenen Resonanzschwingungen mit den im Neuzustand der Maschine gemessenen Schwingungswerten beurteilt.

Es hat sich gezeigt, daß bei auftretenden Lockerungen von Elementen der verschiedenen Ständerbaugruppen, die zu nichtlinearen Kennlinien ihrer Schwingwege in Abhängigkeit von der erregenden Kraft zu führen, auch Resonanzfrequenzen erregt werden können, deren Werte ein ganzzahliges Vielfaches des Frequenzwertes der erregenden Kraft betragen (subharmonische Erregung).

Der Vorteil der kontinuierlichen Registrierung des Schwingungsverlaufes während des An- und Abfahrvorganges besteht darin, daß auch Eigenresonanzen von Elementen erfaßt werden können, die naturgemäß oberhalb des betriebsmäßig angeregten Frequenzbereiches liegen. Da diese Eigenresonanzen in der Regel nur innerhalb kleiner Drehzahlbereiche angeregt werden, wäre es aufwendig, bei der bisher üblichen punktweisen Aufnahme alle möglichen Resonanzen zu erfassen. Die Messung wird innerhalb betriebsmäßiger Fahrweisen durchgeführt und beeinträchtigt nicht die Verfügbarkeit der Maschine.

#### Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel erläutert werden.  
An reversiblen Hydrogeneratoren großer Leistung mit kunstharzisolierten Ständerwicklung traten Lockerungen der

Wicklungsstäbe und des Blechpakets des Generatorständers auf. Die Diagnose des Lockerungszustandes beispielsweise der Wicklungsstäbe erfolgt durch mehrere über die Maschine verteilte Schwingungssensoren, die direkt auf den Wicklungsstäben oder am Blechpaket oder am Gehäuse befestigt sein können. Während des betriebsmäßigen elektrischen Abbremsens des Generators vorzugsweise mit Ständernennstrom von der Nenndrehzahl bis zum Stillstand werden die Schwingungen von diesen Sensoren abgenommen. Bei einer Generatorenennfrequenz von 50Hz durchlaufen die elektrischen Erregerkräfte dabei einen Frequenzbereich von 100Hz bis 0Hz. Neben Resonanzen, die in diesem Bereich liegen, wird bei Lockerung eines Wicklungsstabes in der Nut, der beispielsweise eine Eigenresonanz bei 160Hz hat, diese Eigenresonanz durch subharmonische Erregung auch bei Frequenzen der Erregerkraft von  $\frac{1}{2} f_0$ ,  $\frac{1}{3} f_0$ ,  $\frac{1}{4} f_0$  usw., d.h. bei 80Hz, 53,3Hz, 40Hz usw., bzw. bei Stromfrequenzen von 40Hz, 26,7Hz, 20Hz usw. angeregt.

Die beim elektrischen Bremsen registrierten Schwingungssignale werden auf Vorhandensein von Resonanzerscheinungen geprüft, die nach maximaler Amplitude und Frequenz ausgewertet werden. Aus der Frequenz lassen sich Rückschlüsse über die Ursache der erhöhten Schwingungen ziehen. Die Lage der Resonanzfrequenzen im Spektrum gibt Aufschluß über ihre Gefährlichkeit für den Betrieb der Maschine. Zum Beispiel sind in der Nähe von 100Hz gemessene Resonanzfrequenzen besonders gefährlich, da sie bei einer Stromfrequenz von 50Hz, d.h. einer Frequenz der Erregerkraft von 100Hz im stationären Betrieb der Maschine ständig angeregt werden. Die gemessenen Resonanzschwingungen werden mit den im Neuzustand der Maschine gemessenen Werten verglichen. Auf diese Weise kann der Trend des Schwingungszustandes der Ständerbaugruppe ermittelt werden, woraus Zeitpunkt und Umfang vorbeugender Instandhaltungsmaßnahmen abgeleitet werden können.