



(12) **Ausschließungspatent**

(11) **DD 205 277 B3**

Teilweise bestätigt gemäß § 18
Absatz 1 Patentgesetz der DDR
vom 27. 10. 1983

5(51) G 21 D 3/04

in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

DEUTSCHES PATENTAMT

(21)	DD G 21 D / 234 334 5	(22)	26. 10. 81	(45)	12. 11. 92
				(44)	21. 12. 83

(72)	Kunze, Ulrich, Dr.-Ing.; Pfeiffer, Günter, Dr.-Ing.; Glauser, Horst, Dipl.-Phys.; Jahn, Reinhard; Joswig, Bernd; Kottwitz, Ralph, Dipl.-Ing.; Weiß, Frank-Peter, Dipl.-Phys., DE
(73)	Energiewerke Nord AG, O - 2200 Greifswald, DE

(54)	Verfahren zur Grenzwertbildung bei der Rauschsignalüberwachung in Kernkraftwerken
------	--

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Grenzwertbildung bei der Rauschsignalüberwachung in Kernkraftwerken anhand von spektralen Werten der Signale, ausgehend davon, daß vom normalen Betriebszustand der zu überwachenden Anlage eine mehrmalige Messung von Rauschsignalen und daraus die Ermittlung von spektralen Werten erfolgt, jede Messung aus mehreren Einzelmessungen besteht, aus denen der Mittelwert, der Ausgangswert und die Standardabweichung die Ausgangsstandardabweichung gebildet werden und daß zum Soll-Ist-Vergleich eine Messung von Rauschsignalen mit Ermittlung der mittleren spektralen Werte und der dazugehörigen Werte der Standardabweichung erfolgt, **gekennzeichnet dadurch**, daß aus Ausgangsmittelwert und Ausgangsstandardabweichung für jeden spektralen Wert abgeleitete Grenzen fixiert werden, wobei die Überprüfung der Ordnungsmäßigkeit so erfolgt, daß im Soll-Ist-Vergleich die ermittelten mittleren spektralen Werte innerhalb der Grenzen liegen müssen und/oder die Standardabweichung für jeden spektralen Wert geringer als die zugehörige Ausgangsstandardabweichung sein muß, und daß bei einer Abweichung eine Wiederholung des Soll-Ist-Vergleiches so lange erfolgt, bis die Werte innerhalb der Grenzen liegen oder eine vorher festgelegte Wiederholungsanzahlgrenze erreicht ist, so daß im Ergebnis ausgesagt wird, ob die betreffenden spektralen Werte ein plötzliches atypisches Verhalten oder den Normalzustand signalisieren.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß bei Signalisierung des Normalzustandes die Ausgangsmittelwerte und Ausgangsstandardabweichungen mit den für den Soll-Ist-Vergleich ermittelten mittleren spektralen Werten und den dazugehörigen Werten der Standardabweichung bewichtet gemittelt werden, wobei diese dann als neue Ausgangsmittelwerte und Ausgangsstandardabweichungen dem nächsten periodischen Soll-Ist-Vergleich als Grundlage dienen und für Langzeitvergleiche verwendet werden.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung von Rauschsignalen in Kernkraftwerken an Hand von Kennfunktionen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Nach Bendat, J. S., A. G. Piersol, Measurement and Analysis of Random Data, New York 1966 ist bekannt, Rauschsignale durch Kennfunktionen, z. B. Leistungsspektren, Korrelationsfunktionen, Wahrscheinlichkeitsdichteverteilungen und Histogramme, zu beschreiben und zu beurteilen. Nach Williams, M. M. R., Random Processes in Nuclear Reactors, Oxford 1974 ist ebenfalls bekannt, aus Veränderungen von Kennfunktionen von Rauschsignalen Rückschlüsse auf Veränderungen im Betrieb des betreffenden Aggregates zu ziehen, von dem die zugehörigen Rauschsignale gewonnen wurden. Nachteilig an diesem Verfahren ist, daß keine Grenzwerte für erlaubte Kennfunktionsänderungen angegeben werden, wie sie für eine kontinuierliche Überwachung notwendig sind.

Bekannt sind Grenzen für eine Schwingungsüberwachung an rotierenden Maschinen, z. B. nach der VDI-Richtlinie 2056. Nachteilig ist an dieser Vorgehensweise, daß nur für sehr einfache Kennfunktionen (z. B. mittlere Schwinggeschwindigkeit) eine von der Größe des Aggregates abhängige Grenzwertfestlegung vorgenommen wird und daß Exemplar- und Einsatzspezifika nicht berücksichtigt werden.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist die Erhöhung der Betriebssicherheit von Kernkraftwerksanlagen durch Überwachung der an den Anlagen gewonnenen Rauschsignale, um über den Rahmen der gegenwärtig üblichen Betriebsmeßtechnik hinaus das ordnungsgemäße Funktionieren des Kraftwerkes nachzuweisen bzw. auftretende Fehler in ihrem Frühstadium erkennen zu können.

Wesen der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu entwickeln, mit dem der normale Betriebszustand überwacht und ein atypisches Verhalten von Anlagen eines Kraftwerkes frühzeitig ermittelt werden kann.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß ausgehend vom normalen Betriebszustand der zu überwachenden Anlage eine mehrmalig Messung von Rauschsignalen und daraus die Ermittlung von typischen Kennfunktionen erfolgt. Jede Messung besteht aus mehreren Einzelmessungen, aus denen ein Mittelwert der jeweiligen Kennfunktion und eine dazugehörige Funktion ihrer mittleren Abweichung abgeleitet werden.

Von den gemessenen Werten werden diejenigen mit der durchschnittlich größten Abweichung eliminiert, aus den verbleibenden mittleren Kennfunktionen einschließlich den dazugehörigen Funktionen ihrer mittleren Abweichung und in gleicher Weise aus in mehreren periodischen Abständen gewonnenen mittleren Kennfunktionen nebst den dazugehörigen

Funktionen der mittleren Abweichungen wird die mittlere Ausgangskennfunktion mit dazugehöriger Funktion ihrer mittleren Ausgangsabweichung ermittelt. Daraus und aus den aus der mittleren Ausgangskennfunktion und der dazugehörigen Funktion der mittleren Ausgangsabweichung abgeleiteten Grenzen erfolgt die Vorgabe für den Soll-Ist-Vergleich, wobei dazu eine Kennfunktionsermittlung erfolgt, die auf mehreren Einzelmessungen basiert und die mittlere Kennfunktion und die Funktion ihrer mittleren Abweichung umfaßt. Die Überprüfung für die Ordnungsmäßigkeit erfolgt dabei so, daß die mittlere Kennfunktion aus dem Soll-Ist-Vergleich mit der mittleren Ausgangskennfunktion verglichen wird, wobei die aus der Ist-Zustands-Messung ermittelte mittlere Kennfunktion innerhalb der Soll-Grenzen der mittleren Ausgangskennfunktion liegen muß und/oder die Funktion der mittleren Abweichung in jedem Funktionswert geringer ist als die Funktion der mittleren Ausgangsabweichung. Bei einer Abweichung erfolgt eine Wiederholung der Messung und die Ermittlung der mittleren Kennfunktion so lange, bis die Werte innerhalb der zulässigen Grenzen liegen oder eine obere, vorher festgelegte Wiederholungsanzahl erreicht ist oder von vornherein eine Wiederholungsanzahl gegeben wurde und von diesen Messungen nicht mehr als festgelegt die Soll-Grenze überschritten wird. Im Ergebnis dessen wird ausgesagt, ob die betreffende Kennfunktion ein plötzliches atypisches Verhalten oder den Normalzustand signalisiert. Wurde Normalzustand ermittelt, so werden die gemessene Kennfunktion und die dazugehörige Funktion ihrer mittleren Abweichung mit einem Wichtungsfaktor belegt und diese Werte mit der mittleren Ausgangskennfunktion und der dazugehörigen Funktion der mittleren Ausgangsabweichung gemittelt, wobei diese für den nächsten periodischen Soll-Ist-Vergleich und als Grundlage für Langzeitvergleiche mit der ursprünglich ermittelten Ausgangskennfunktion einschließlich dazugehöriger Funktion der mittleren Ausgangsabweichung oder einer vorher ermittelten Kennfunktion verwendet werden.

Als Funktion der mittleren Abweichung wird dabei die Funktion der für jeden Kennfunktionswert gebildeten Standardabweichung verwendet.

Zur Ermittlung der Kennfunktion werden insbesondere spektrale Werte von Signalen ausgewertet.

In gleicher Weise erfolgt die Überwachung für alle anderen aus den Rauschsignalen ermittelten typischen Einzelkennfunktionen für die betreffende Anlage.

Durch die Zuordnung von Prioritäten ist eine differenzierte Aussage möglich.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden.

Zur Messung von Rauschsignalen werden in einem Kernkraftwerk an verschiedenen Teilkomponenten Geber angebracht, die es gestatten, beispielsweise den Neutronenfluß, den Druck oder mechanische Schwingungen zu messen. Diese Rauschsignale werden vorzugsweise in elektrische Größen umgewandelt und in Meßgeräten oder Prozeßrechnern zu Kennfunktionen (vorzugsweise Leistungsspektren) verdichtet. Die durch die Erfindung beabsichtigte Überwachung der Kernkraftwerksanlagen anhand der Kennfunktionen der Rauschsignale erfolgt dadurch, daß ausgehend von mehrmaligen Messungen typischer Werte, die jeweils aus mehreren Einzelmessungen bestehen, die mittlere Kennfunktion und die Funktion der mittleren Kennfunktionsabweichung, vorzugsweise die Standardabweichung, für jeden Wert der Kennfunktion, abgeleitet werden, wobei die Werte mit der größten Abweichung unberücksichtigt bleiben.

Aus den verbleibenden mittleren Kennfunktionen nebst der Funktion ihrer mittleren Abweichungen und in gleicher Weise aus in mehreren periodischen Abständen gewonnenen mittleren Kennfunktionen mit der dazugehörigen Funktion der mittleren Abweichungen wird die mittlere Ausgangskennfunktion mit dazugehöriger Funktion der mittleren Ausgangsabweichung ermittelt. Diese und die aus beiden Größen abgeleiteten Grenzen dienen als Vorgänge für den Soll-Ist-Vergleich. Dafür erfolgt eine Kennfunktionsermittlung aus der Ist-Zustands-Messung, die aus mehreren Einzelmessungen besteht und die mittlere Kennfunktion und die Funktion ihre mittlere Abweichung umfaßt. Die Überprüfung auf Ordnungsmäßigkeit erfolgt dabei so, daß die ermittelte mittlere Kennfunktion aus der Ist-Messung der mittleren Ausgangskennfunktion gegenübergestellt wird, wobei die gemessene mittlere Kennfunktion innerhalb der Soll-Grenzen der mittleren Ausgangsfunktion liegen muß und/oder die Funktion der mittleren Abweichung in jedem Funktionswert geringer ist als die Funktion der mittleren Ausgangsabweichung.

Bei einer Anwendung erfolgt eine Wiederholung der Messung und die Ermittlung der mittleren Kennfunktion so lange, bis die Werte innerhalb der zulässigen Grenzen liegen oder eine obere vorher festgelegte Wiederholungsanzahl erreicht ist oder von vornherein eine Wiederholungsanzahl vorgegeben wurde und von diesen Messungen nicht mehr als festgelegt die Soll-Grenze überschritten wird. Im Ergebnis dessen wird ausgesagt, ob die betreffende Kennfunktion ein plötzliches atypisches Verhalten oder den Normalzustand signalisiert.

Wurde Normalzustand ermittelt, so wird die gemessene Kennfunktion und die dazugehörige Funktion der mittleren Abweichung mit der mittleren Ausgangskennfunktion und der Funktion der mittleren Ausgangsabweichung bewichtet gemittelt, wobei dann diese für den nächsten periodischen Soll-Ist-Vergleich und als Grundlage für Langzeitvergleiche mit der ursprünglich ermittelten oder einer vorher ermittelten Kennfunktion einschließlich dazugehöriger Funktion der mittleren Abweichung verwendet werden.