



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes
zum Patentgesetz

ISSN 0433 6461

(11) 205 277

Int.Cl.³

3(51) G 21 D 3/04

G 06 F 15/34

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 21 D/ 2343 345

(22) 26.10.81

(44) 21.12.83

(71) siehe (72)

(72) KUNZE, ULRICH, DR.-ING.; PFEIFFER, GUENTER, DR.-ING.; GLAUSER, HORST, DIPL.-PHYS.;

JAHN, REINHARD; DD;

JOSWIG, BERND; KOTTWITZ, RALPH, DIPL.-ING.; WEISS, FRANK PETER, DIPL. PHYS.; DD;

(73) siehe (72)

(74) VE KOMB. KERNKRAFTWERKE "BRUNO LEUSCHNER" BÜRO F. SCHUTZRECHTE 2200 GREIFSWALD

4) VERFAHREN ZUR RAUSCHSIGNALUEBERWACHUNG IN KERNKRAFTWERKEN AN HAND VON
KENNFUNKTIONEN

7) Ziel der Erfindung ist die Erhöhung der Betriebssicherheit von Kernkraftwerksanlagen. Aufgabe der Erfindung ist die Entwicklung eines Verfahrens zur Überwachung des normalen Betriebszustandes und zur Ermittlung eines atypischen Verhaltens von Kernkraftwerksanlagen. Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, daß ausgehend vom normalen Betriebszustand der zu überwachenden Anlage eine mehrmalige aus mehreren Einzelmessungen bestehende Kennfunktionsmessung von an der Anlage gewonnenen Rauschsignalen erfolgt. Aus diesen Kennfunktionen wird die mittlere Ausgangskennfunktion und die dazugehörige Funktion der mittleren Ausgangsabweichung ermittelt. Diese beiden Funktionen und die daraus abgeleiteten Grenzen bilden die Vorgabe für den Soll-Ist-Vergleich, wobei eine aus mehreren Einzelmessungen bestehende und die mittlere Kennfunktion und die mittlere Kennfunktionsabweichung umfassende Kennfunktionsmessung stattfindet und diese mit den Ausgangswerten verglichen werden. Im Ergebnis des Vergleiches wird ausgesagt, ob Normalzustand oder atypisches Verhalten vorliegt.



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes
zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11) 205 277

Int. Cl.³ 3(51) G 21 D 3/04
G 06 F 15/34

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 21 D/ 2343 345

(22) 28.10.81

(44) 21.12.83

- (71) siehe (72)
(72) KUNZE, ULRICH, DR.-ING.; PFEIFFER, GUENTER, DR.-ING.; GLAUSER, HORST, DIPL.-PHYS.;
JAHN, REINHARD, DD;
JOSWIG, BERND; KOTTWITZ, RALPH, DIPL.-ING.; WEISS, FRANK PETER, DIPL.-PHYS., DD;
(73) siehe (72)
(74) VE KOMB. KERNKRAFTWERKE "BRUNO LEUSCHNER" BÜRO F. SCHUTZRECHTE 2200 GREIFSWALD

Zur PS Nr. 205 277

ist eine Zeitschrift erschienen.

(Teilweise bestätigt gem. § 18 Abs. 1 d. Änd.Ges.z.Pat.Ges.)

Erfindung der Betriebssicherheit von Kernkraftwerksanlagen.
Aufgabe der Erfindung ist die Entwicklung eines Verfahrens zur Überwachung des normalen Betriebszustandes und zur Ermittlung eines atypischen Verhaltens von Kernkraftwerksanlagen. Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, daß ausgehend vom normalen Betriebszustand der zu überwachenden Anlage eine mehrmalige aus mehreren Einzelmessungen bestehende Kennfunktionsmessung von an der Anlage gewonnenen Rauschsignalen erfolgt. Aus diesen Kennfunktionen wird die mittlere Ausgangskennfunktion und die dazugehörige Funktion der mittleren Ausgangsabweichung ermittelt. Diese beiden Funktionen und die daraus abgeleiteten Grenzen bilden die Vorgabe für den Soll-Ist-Vergleich, wobei eine aus mehreren Einzelmessungen bestehende und die mittlere Kennfunktion und die mittlere Kennfunktionsabweichung umfassende Kennfunktionsmessung stattfindet und diese mit den Ausgangswerten verglichen werden. Im Ergebnis des Vergleiches wird ausgesagt, ob Normalzustand oder atypisches Verhalten vorliegt.

234334 5

Verfahren zur Rauschsignalüberwachung in Kernkraftwerken an Hand von Kennfunktionen

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 diesen 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.

26.10.81-0967527

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 Kernkraftwerkes frühzeitig ermittelt werden kann.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß ausgehend vom normalen Betriebszustand der zu überwachenden Anlage eine mehrmalige 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 mittlere 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 Abweichungen und in gleicher Weise aus in mehreren periodischen Abständen gewonnenen mittleren Kennfunktionen nebst den dazugehörigen Funktionen der mittleren Abweichungen werden die mittlere Ausgangskennfunktion mit dazugehöriger Funktion ihrer mittlerer 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 Istzustandsmessung ermittelte mittlere Kennfunktion innerhalb der Soll-Grenzen der mittleren Ausgangskennfunktion liegen muß und/oder die Funktion der mittlere Abweichung in jedem Funktionswert geringer ist, als die Funktion der mittlere 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 mittlere 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 Vorgabe für den Soll-Ist-Vergleich. Dafür erfolgt eine Kennfunktionsermittlung aus der Istzustandsmessung, 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 Ausgangskennfunktion liegen muß und/oder die Funktion der mittlere 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 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.

Erfindungsanspruch

Verfahren zur Rauschsignalüberwachung in Kernkraftwerken an Hand von Kennfunktionen, dadurch gekennzeichnet, daß ausgehend vom normalen Betriebszustand der zu überwachenden Anlage eine mehrmalige Messung von Rauschsignalen und daraus die Ermittlung von typischen Kennfunktionen erfolgt, jede Messung aus mehreren Einzelmessungen besteht, aus denen ein Mittelwert der jeweiligen Kennfunktion und eine dazugehörige Funktion der mittleren Abweichung abgeleitet werden, dabei von den gemessenen Werten diejenigen mit der durchschnittlich größten Abweichung eliminiert werden und aus den verbleibenden mittleren Kennfunktionen einschließlich den dazugehörigen Funktionen der mittleren Abweichungen aus mehreren in gleicher Weise in periodischen Abständen gewonnen mittleren Kennfunktionen nebst dazugehörigen Funktionen der mittleren Abweichungen die jeweilige mittlere Ausgangskennfunktion mit der dazugehörigen Funktion der mittleren Ausgangsabweichung ermittelt und daraus die Vorgabe für den Soll-Ist-Vergleich einschließlich der aus der jeweils mittleren Ausgangskennfunktion und der dazugehörigen Funktion der mittleren Ausgangsabweichung abgeleiteten Grenzen fixiert wird, wobei zum Soll-Ist-Vergleich eine Messung von Rauschsignalen und daraus eine Kennfunktionsermittlung erfolgt, die aus mehreren Einzelmessungen besteht und die die mittlere Kennfunktion und die Funktion der mittleren Kennfunktionsabweichung umfaßt, dabei die Überprüfung für die Ordnungsmäßigkeit so erfolgt, daß die zum Soll-Ist-Vergleich aus der Messung ermittelte mittlere Kennfunktion mit der mittleren Ausgangskennfunktion verglichen wird, wobei die aus der Istzustandsmessung ermittelte mittlere

Kennfunktion innerhalb der Soll-Grenzen der mittleren Ausgangskennfunktion liegen muß und/oder die Funktion der mittlere Abweichung in allen Funktionswerten geringer ist, als die Funktion der mittleren Ausgangsabweichung, bei einer Abweichung eine wiederholte Messung und Ermittlung der mittleren Kennfunktion solange erfolgt, bis die Werte innerhalb der zulässigen Grenzen liegen oder eine obere vorher festgelegte Wiederholungsanzahlgrenze erreicht ist oder von vornherein eine Wiederholungsanzahl gegeben wurde und von diesen Messungen nicht mehr als festgelegt die Soll-Grenzen überschreiten, so daß im Ergebnis ausgesagt wird, ob die betreffende Kennfunktion ein plötzliches atypisches Verhalten oder den Normalzustand signalisiert und beim Normalzustand die gemessene Kennfunktion und die dazugehörige Funktion der mittlere Abweichung mit einem Wichtungsfaktor belegt und diese Werte mit der mittleren Ausgangskennfunktion und der dazugehörigen Funktion der mittleren Ausgangsabweichung gewichtet gemittelt werden, wobei diese für den nächsten periodischen Soll-Ist-Vergleich und als Grundlage für Langzeitvergleiche mit den ursprünglich ermittelten typischen Ausgangskennfunktionen einschließlich dazugehöriger Funktion der mittlerer Ausgangsabweichung oder vorher ermittelter mittlerer Kennfunktionen verwendet werden.

2. Verfahren zur Rauschsignalüberwachung nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Funktion der mittleren Abweichung die Funktion der für jeden Kennfunktionswert gebildeten Standardabweichung fungiert.
3. Verfahren zur Rauschsignalüberwachung nach Punkt 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Kennfunktion spektrale Werte von Signalen dienen.
4. Verfahren zur Rauschsignalüberwachung nach Punkt 1 - 3, dadurch gekennzeichnet, daß sowohl die Einzelkennfunktionen für die jeweilige Anlage als auch der einzelnen Teilkomponenten eines Kernkraftwerkes mit Prioritäten belegt werden.