

PCTWELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

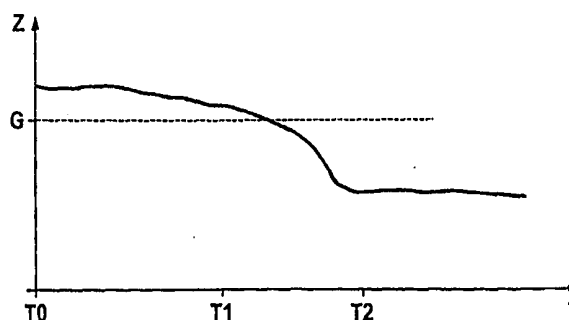
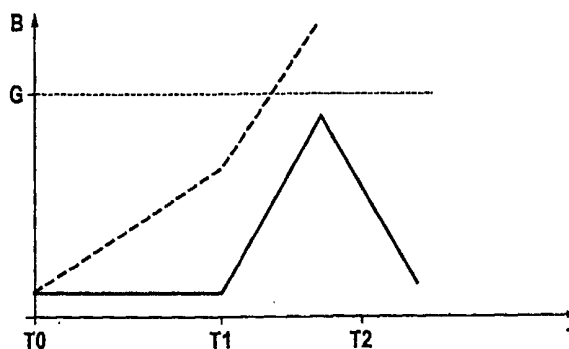
(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : G21C 17/00, G01R 31/00 // G21C 15/00	A2	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 99/10894 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 4. März 1999 (04.03.99)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP98/05411 (22) Internationales Anmeldedatum: 26. August 1998 (26.08.98) (30) Prioritätsdaten: 197 37 404.2 27. August 1997 (27.08.97) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MICHEL, Wolfgang [DE/DE]; Siedlerstrasse 11, D-91056 Erlangen (DE). WABER, Peter [DE/DE]; Eichenhofer Strasse 1 a, D-91325 Adelsdorf (DE). (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).		(81) Bestimmungsstaaten: CA, CN, CZ, JP, KR, RU, UA, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>

(54) Title: METHOD FOR A NON-DESTRUCTIVE TEST OF THE RESISTANCE TO FAILURE OF AN ELECTRONIC COMPONENT OF A NUCLEAR POWER PLANT**(54) Bezeichnung:** VERFAHREN ZUR ZERSTÖRUNGSFREIEN PRÜFUNG DER STÖRFALLFESTIGKEIT EINER ELEKTRISCHEN KOMPONENTE EINER KERNKRAFTANLAGE**(57) Abstract**

The invention relates to a method for a non-destructive test of the resistance to failure of an electronic component especially an electronic or control component of a nuclear power plant. In order to test said component with regard to resistance to failure, at least one characteristic quantity is detected and observed in relation to adherence to a limiting value (G) during the operation of a nuclear power plant, whereby the characteristic quantity is correlated with a parameter which is determined according to near-failure condition.

(57) Zusammenfassung

Um eine Komponente, insbesondere eine elektrische oder leittechnische Komponente einer Kernkraftanlage, im Hinblick auf deren Störfallfestigkeit zu prüfen, wird beim Betrieb der Kernkraftanlage mindestens eine Kenngröße erfaßt und auf Einhaltung eines Grenzwertes (G) überwacht, wobei die Kenngröße mit einem unter störfallnahen Bedingungen ermittelten Parameter korreliert.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Beschreibung

Verfahren zur zerstörungsfreien Prüfung der Störfallfestigkeit einer elektrischen Komponente einer Kernkraftanlage

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur zerstörungsfreien Prüfung einer elektrischen Komponente einer Kernkraftanlage, wobei die Störfallfestigkeit der Komponente, die insbesondere unter den Bedingungen eines Störfalls mit Austritt von Kühlmittel noch funktionsfähig bleiben muß, geprüft wird.

10

Im Falle eines Störfalls mit Austritt von Kühlmittel, des sogenannten Kühlmittelverluststörfalls (KMV-Störfall), kommt es im allgemeinen zu einer Erhöhung des Druckes und der Temperatur, verbunden mit einer starken Dampfproduktion (KMV-störfallspezifische Umgebungsbedingungen). Das daraufhin anfallende Kondensat benetzt die mit Dampf beaufschlagten Gebäudeteile und Komponenten, insbesondere elektrische Systeme, Kabelleitungen und Komponenten der Leittechnik, mit einem feuchten Film. Wenn eine dieser Komponenten durch die Erhöhung der Temperatur, des Druckes sowie des Eindiffundierens des Dampfes in ihrer Funktionsfähigkeit eingeschränkt oder zerstört wird, z.B. weil sie ihren Isolationswiderstand verliert, so kann dies dazu führen, daß die zur Beherrschung des Störfalls notwendigen Maßnahmen erschwert werden.

15

20

25

Um solche Schäden zu vermeiden, werden alle Komponenten einer Kernkraftanlage, die im Falle eines KMV-Störfalls mit den genannten KMV-störfallspezifischen Umgebungsbedingungen belastet sein können, so gebaut, daß sie durch diese bei Störfallbedingungen in ihrer Funktionalität nicht eingeschränkt werden. Hierzu sind diese Komponenten beispielsweise verkapelt oder vergossen oder mit temperatur- und dampfstabilen Materialien ausgeführt und demzufolge störfallfest (sogenannte KMV-Festigkeit).

30

35

Da Isolationswerkstoffe in der Regel altern und sich somit die Störfallfestigkeit während der Lebensdauer der Komponente, insbesondere durch Strahlung und durch die auf sie einwirkenden Betriebsbedingungen, verringern kann, wird die Störfallfestigkeit betreffender Komponenten mit geeigneten Verfahren überprüft.

Dazu werden die Komponenten unter störfallnahen Bedingungen geprüft, d.h. während der Prüfung wird die Belastung der Komponente oder einer äquivalenten Probe durch Feuchte, Temperatur und Druck simuliert. Anhand von vor, während und nach der Prüfung erfaßten elektrischen Parametern, wie z.B. das Verhalten in hochfrequenten Wechselfeldern, die Kapazität, der Isolationswiderstand, die Ausbildung und Dämpfung von Wirbelströmen, wird ein für die Funktionsfähigkeit der Komponente relevanter Parameter bestimmt. Dabei wird (je nach Einsatzart der Komponente) diese ausgebaut, so daß der Betrieb der Kernkraftanlage unterbrochen ist.

Darüber hinaus kann es durch die besonders hohen Prüfbelastungen der Komponente zu deren Zerstörung kommen. Derartige Prüfungen, die aufgrund der besonders hohen Sicherheitsanforderungen an Kernkraftanlagen regelmäßig wiederholt werden, sind demzufolge besonders kostenintensiv und erfordern einen besonders hohen Zeitaufwand.

Aufgrund der betriebsbedingten Alterung der in der Anlage eingesetzten Komponente wird üblicherweise die Komponente oder ein äquivalenter Prüfling vor der eigentlichen Prüfung einem sogenannten Voralterungsprozeß unterzogen. Dieser Voralterungsprozeß entspricht den auf die Komponente einwirkenden Umgebungsbedingungen während des gesamten Betriebseinsatzes der Komponente, in der Regel 40 Jahre. Dazu wird die Komponente oder der Prüfling thermisch und radiologisch belastet. Aus Kosten- und Zeitgründen erfolgt dieser Voralte-

rungs- oder Belastungsprozeß beschleunigt, indem die Komponente höheren Temperaturen und höheren Dosisleistungen, als die während des Betriebes der Anlage auftretenden Temperaturen und Dosisleistungen, ausgesetzt wird. Nachteilig dabei ist jedoch, daß aufgrund von Energieeffekten und auftretenden Dosisleistungseffekten sowie Extrapolationsgrenzen die Bestimmung der Funktionsfähigkeit der Komponente ungenau ist, so daß die Prüfung wiederkehrend durchgeführt werden muß.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur zerstörungsfreien Prüfung einer Komponente anzugeben, das in besonders einfacher Art und Weise den Nachweis der Störfallfestigkeit der Komponente, insbesondere einer elektrischen oder leittechnischen Komponente einer Kernkraftanlage, ermöglicht.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren zur zerstörungsfreien Prüfung der Störfallfestigkeit einer Komponente erfindungsgemäß gelöst, indem mindestens eine Kenngröße beim Betrieb der Komponente erfaßt und diese auf Einhaltung eines Grenzwertes überwacht wird, wobei die Kenngröße mit einem unter störfallnahen Bedingungen ermittelten Parameter korreliert.

Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, daß die Prüfung der Störfallfestigkeit der Komponente ohne deren Ausbau, insbesondere ohne deren Zerstörung, und während des laufenden Betriebes ermöglicht sein sollte. Dazu sollte ein derartiges Verfahren verwendet werden, das regelmäßig aufeinander folgende Prüfungen von sich im Laufe der Zeit veränderbaren Eigenschaften und entsprechenden Kenngrößen der Komponente unter betriebsnahen Bedingungen ermöglicht.

Als einfachste und aussagekräftigste Maßnahme kann eine Prüfung, die die Verfolgung des Alterungszustandes ermöglicht, vorgenommen werden. Insbesondere eignet sich für die Abbil-

dung des Alterungszustandes der Komponente unter normalen betrieblichen Bedingungen eine Kenngröße, die ein monotones Verhalten bezüglich der betrieblichen Belastungen zeigt sowie auf singuläre Belastungen, z.B. auf Belastungen während einer
5 KMV-Störfallsimulation, reagiert.

Besonders vorteilhaft wird die Kenngröße während des normalen Betriebes der Kernkraftanlage erfaßt. Zweckmäßigerweise wird die Kenngröße auf das Über- oder Unterschreiten eines Grenzwertes überwacht, bis zu welchem die Komponente noch funktionsfähig ist. Beim Verlassen des Toleranzbereichs der Kenngröße wird unter störfallnahen Bedingungen ein Parameter bestimmt, der zum Nachweis der Störfallfestigkeit dient.
10

15 Die Kenngröße kann an der beim Betrieb verwendeten Komponente selbst erfaßt werden; alternativ dazu kann anstelle der Komponente eine äquivalente Probe verwendet werden, wobei dann unter betriebsnahen Bedingungen für diese Probe mindestens eine Kenngröße bestimmt wird, die mit einem unter störfallnahen Bedingungen ermittelten Parameter korreliert.
20

Vorzugsweise wird als Parameter ein für die Funktionsfähigkeit der Komponente oder Probe relevanter Funktionsparameter ermittelt. Soll die Komponente auch noch benutzt werden, obwohl die Kenngröße den Toleranzbereich verlassen hat, so kann vorzugsweise für den Nachweis des Erhaltes der Störfallfestigkeit der Funktionsparameter, unter den Bedingungen des Störfalls, insbesondere eines Kühlmittelverluststörfalls, ermittelt werden.
25

30 Dabei wird die Kenngröße auf die Einhaltung des Grenzwertes überwacht. Die Kenngröße wird also bis zu jenem Grenzwert verfolgt, bis zu welchem der zugehörige korrelierte Wert des Funktionsparameters noch zuverlässig eine funktionsfähige Komponente ausweist. Eine derartige Überwachung der Kenngröße
35

ist während des laufenden Betriebes möglich. Daher kann die Komponente im betriebsfertigen Zustand ohne Zerstörung oder Ausbau auf ihre Funktionsfähigkeit überwacht werden. Bedingt durch die Korrelation zwischen der Kenngröße und dem Funktionsparameter braucht zunächst gar nicht der Funktionsparameter selbst ermittelt zu werden und die Komponente muß auch nicht einer Störfallsimulation unterworfen werden. Vielmehr genügt es, statt des Funktionsparameters nur die Kenngröße zu überwachen. Der Funktionsparameter braucht erst dann (gegebenenfalls in einer Störfallsimulation) bestimmt zu werden, wenn die Kenngröße den Grenzwert erreicht (oder überschritten bzw. unterschritten) hat. Vorzugsweise wird dann die Komponente nur noch einmal einer Störfallsimulation ausgesetzt. Alternativ zur Ermittlung des Funktionsparameters kann die Komponente ausgetauscht oder ertüchtigt werden.

Um darüber hinaus auch eine Aussage über die zukünftige Funktionsfähigkeit der Komponente zu erhalten, wird die Komponente oder die äquivalente Probe vorteilhafterweise einer definierten Belastung ausgesetzt, wobei die einer Alterung der Komponente oder Probe um einen vorgebbaren Zeitraum entspricht, und wobei die Kenngröße für die simulierte Alterungsstufe auf Einhaltung eines Grenzwertes überwacht wird. Insbesondere wird als Grenzwert jener Wert vorgegeben und überwacht, der den Zustand der Komponente nach Ablauf der Lebens- oder Betriebszeit, in der Regel nach 40 Jahren, beschreibt. Dazu wird die Komponente oder die Probe, z.B. radiologisch und/oder thermisch, solange definiert belastet, bis der zu überwachende Grenzwert der Kenngröße erreicht ist. Anschließend wird unter störfallnahen Bedingungen der Funktionsparameter bestimmt.

Als Kenngröße wird zweckmäßigerweise eine derartige physikalische Größe bestimmt, die eine auf die Komponente oder die Probe einwirkende Belastung oder eine aus der Belastung re-

sultierende Eigenschaftsänderung charakterisiert. Vorteilhafterweise wird als Kenngröße ein für die Belastung der Komponente relevanter Belastungsparameter und/oder ein für den Alterungszustand (Eigenschaftsänderung) der Komponente relevanter Zustandsparameter ermittelt.

Je nach Art der Komponente oder der Probe können jeweils ein oder mehrere Belastungsparameter oder Zustandsparameter ermittelt werden. Vorteilhafterweise wird als Belastungsparameter die auf die Komponente einwirkende Strahlendosis und/oder Temperatur erfaßt. Sowohl die Strahlendosis als auch die Temperatur sind physikalische Größen, die im unterschiedlichen Ausmaß den Alterungszustand der Komponente beeinflussen.

Als Zustandsparameter wird zweckmäßigerweise eine Materialkenngröße, z.B. die Oberflächenfestigkeit, Temperaturfestigkeit oder Oberflächendichtheit ermittelt. Mittels der Materialkenngröße wird insbesondere die im Laufe der Zeit veränderbare Eigenschaft der Komponente, die den Alterungszustand charakterisiert, erfaßt. Je nach Art der Komponente werden unterschiedliche physikalische Größen für die Oberflächenfestigkeit ermittelt. Beispielsweise wird für die Bestimmung der Oberflächenfestigkeit eines Kabel dessen Reißdehnungsfestigkeit oder für ein Vergußteil die Shorehärte erfaßt. Für eine leittechnische Komponente, z.B. einen Schaltschrank, wird dagegen der Oberflächenwiderstand ermittelt. Darüber hinaus können weitere Zustandsparameter je nach Einsatzart der Komponente verwendet werden, die z.B. deren mechanische oder chemische Eigenschaften charakterisieren.

Vorteilhafterweise kann die Ermittlung des Zustandsparameters entfallen, wenn dessen funktionaler Abhängigkeit von einem Belastungsparameter gegeben ist. Die Störfallfestigkeit der Komponente wird dann zweckmäßigerweise mittels des Belastungsparameters, d.h. Messung der Umgebungsbedingungen der

Komponente, ermittelt. Beispielsweise wird der Belastungsparameter als eine Zeitfunktion (Temperatur) oder als Integralwert (Strahlungsdosis) ermittelt.

- 5 Die Störfallsimulation wird zweckmäßigerweise getrennt vom eigentlichen Nachweis der Störfallfestigkeit durchgeführt werden. Dazu werden anstelle der in der Kernkraftanlage installierten Komponenten identische Proben oder Prüflinge (Material-, Hersteller- und Typengleichheit) verwendet, die
10 bezüglich des Verhaltens unter den betrieblichen Bedingungen oder Störfallbedingungen identisch sind.

Dabei wird zum einen bei Über- oder Unterschreiten der Kenngröße die Funktionsfähigkeit der Probe ermittelt. Zum anderen
15 wird mittels simulierter Belastungen der Probe in mehreren Stufen oder zu verschiedenen Zeitpunkten die Korrelationsfunktion zwischen der Kenngröße und dem Funktionsparameter zeitlich getrennt und unabhängig vom Nachweis des Erhalts der Störfallfestigkeit der Komponente ermittelt. Die Probe wird
20 solange in mehreren Stufen belastet, bis sie funktionell versagt. In den einzelnen Stufen der Belastungen wird sowohl die Kenngröße als auch der Funktionsparameter erfaßt. Anhand der dabei erfaßten Werte beider Parameter wird die Korrelationsfunktion ermittelt.

- 25 Vorteilhafterweise wird die Korrelationsfunktion nur einmalig ermittelt. Insbesondere wird dabei der kritische Wert oder Grenzwert der Kenngröße, insbesondere des Belastungsparameters oder des Zustandsparameters, ermittelt, bis zu welchem
30 die KMV-Störfallfestigkeit der Komponente nachgewiesen ist.

Als Funktionsparameter wird zweckmäßigerweise der Isolationswiderstand der Probe ermittelt. Mittels des Funktionsparameters wird die Funktionsfähigkeit der elektro- und leittechnischen Komponente unter Störfallbelastungen für definierte
35

Zeitpunkte, d.h. für verschiedene Alterungszustände, nachgewiesen. Darüber hinaus können weitere Funktionsparameter, die ebenfalls mit der Kenngröße korrelieren, verwendet werden. Beispielsweise kann als Funktionsparameter auch die Beständigkeit der Komponente gegenüber Wechselspannungsbelastungen
5 ermittelt werden.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, daß mittels einer Kenngröße die Störfallfestigkeit einer elektrischen Komponente oder einer äquivalenten Probe
10 zerstörungsfrei geprüft und ermittelt wird. Bedingt durch die Korrelation der Kenngröße mit dem für die Funktionsfähigkeit der Komponente oder Probe relevanten Funktionsparameter sind kosten- und zeitintensive Prüfverfahren unter störfallnahen
15 Prüfbedingungen weitestgehend vermieden. Darüber hinaus zeichnet sich das Verfahren dadurch aus, daß dieses während des normalen Betriebes der Kernkraftanlage unter normalen Betriebsbedingungen durchgeführt wird. Das Verfahren erlaubt anhand von Messungen der Umgebungsbedingungen Rückschlüsse
20 auf die Funktionsfähigkeit der Komponente in einem Störfall zu ziehen, bei welchem viel höhere Temperaturen, größerer Druck und höhere Feuchtigkeit als bei der Durchführung des Verfahrens herrschen. Diese Rückschlüsse werden beispielsweise dadurch ermöglicht, daß vor der Durchführung des Verfahrens eine hinreichend reproduzierbare Beziehung zwischen der
25 Kenngröße unter Normalbedingungen und dem Funktionsparameter unter Störfallbedingungen für jede einzelne Komponente ermittelt wird. Anhand dieser Beziehung werden gemessenen Werte der Kenngröße oder Betriebskenngröße auf die Werte des Funktionsparameters umgerechnet und miteinander verglichen.
30

Durch die zerstörungsfreie Überprüfung der entsprechenden Komponenten anhand der ermittelten Kenngröße in gegebenenfalls regelmäßigen Zeitabständen kann die zeitliche Entwicklung der Funktionsfähigkeit der Komponente bestimmt werden.
35

Vorteilhafterweise werden die entsprechenden Meßdaten gespeichert, so daß frühzeitig eine sich anbahnende Verminderung der Funktionsfähigkeit unter Störfallbedingungen erkannt und entsprechende Gegenmaßnahmen eingeleitet werden können. Wenn
5 die gespeicherten Meßdaten der Kenngröße bei aufeinanderfolgenden Kontrollmessungen beispielsweise deutlich abfallen, weist dies insbesondere bei Überschreiten von kritischen Werten oder Grenzwerten auf eine drohende Funktionsunfähigkeit der untersuchten Komponente hin. Infolgedessen werden geeignete Gegenmaßnahmen getroffen, z.B. werden diese Komponenten
10 ausgetauscht oder ertüchtigt oder unter störfallnahen Bedingungen getestet. Das Verfahren und die eingeleiteten Gegenmaßnahmen bewirken daher ohne eine Beeinträchtigung der Kernkraftanlage eine Erhöhung der Sicherheit dieser Anlage.

15

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

- Figur 1 den zeitlichen Verlauf von zwei Kenngrößen, nämlich
20 eines Belastungs- und eines Zustandsparameters, und
- Figur 2 den funktionalen Verlauf des Zustandsparameters
 und eines Funktionsparameters in Abhängigkeit von
25 der Belastung.

Einander entsprechende Teile sind in den beiden Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen.

- 30 Figur 1 zeigt den funktionalen Verlauf eines Belastungsparameters B, z.B. die auf eine nicht näher dargestellte Komponente oder Probe einwirkende Strahlendosis oder Temperatur, in Abhängigkeit von der Zeit T. Dabei wird die Komponente oder Probe bis zu dem Zeitpunkt T1 normalen Betriebsbedingun-

gen, d.h. normalen Belastungen, und im Zeitbereich zwischen T1 und T2 einer vorübergehend erhöhten Belastung ausgesetzt.

In dem zweiten Diagramm ist ein Zustandsparameter Z der Komponente oder Probe, z.B. die Reißdehnung eines Isoliermaterials eines Kabels, als Funktion der Zeit T dargestellt. Der Zustandsparameter Z weist während normalen Betriebsbedingungen in dem Zeitbereich zwischen T0 und T1 einen dem entsprechenden Alterungszustand der Komponente oder Probe repräsentierenden monotonen Verlauf auf. Insbesondere die vorübergehende Belastung der Komponente in dem Zeitbereich zwischen T1 und T2 wirkt sich auf den Alterungszustand und demzufolge auf den Zustandsparameter Z der Komponente oder Probe besonders aus. Als Zustandsparameter können weitere Materialkenngrößen der Komponente oder Probe, z.B. Temperaturfestigkeit, verwendet werden. Die Erfassung des Zustandsparameters Z kann dabei zyklisch, beispielsweise in Zeitabständen, erfolgen.

Zwischen dem die Funktionsfähigkeit der Komponente charakterisierenden Funktionsparameter F und der Kenngröße (z.B. dem Zustandsparameter Z oder dem Belastungsparameter B) besteht eine Korrelation, die z.B. in einer einmaligen Meßreihe an einer nur für diesen Zweck bestimmten Probe ermittelt werden kann. Die hierfür ausgewählte Probe ist bezüglich Bauart, Material (eventuell sogar Hersteller) möglichst identisch mit der Komponente.

Zur Ermittlung der Korrelationsfunktion zwischen dem Zustandsparameter Z und dem Funktionsparameter F wird die hierfür ausgewählte Probe so lange in mehreren Stufen B1 bis Bn (Figur 2) belastet, bis diese Probe funktionell versagt. In den einzelnen Stufen der Belastungen B1 bis Bn wird der Zustandsparameter Z erfaßt, ein Störfall simuliert und der Wert bestimmt, den der Funktionsparameter F dabei annimmt. Der kritische Wert K des Funktionsparameters F charakterisiert

dabei die Funktionsuntüchtigkeit dieser ausgewählten Probe und auch einer anderen Komponente oder Probe mit dem gleichen Wert des Belastungsparameters B oder Zustandsparameters Z. Der mit dem kritischen Wert K des Funktionsparameters F kor-

5 relierende Grenzwert G des Zustandsparameters Z wird während des Betriebes der Kernkraftanlage zum Nachweis der Funktionsfähigkeit der Komponente oder Probe herangezogen.

Beim Betrieb der Kernkraftanlage wird zur Überwachung der

10 Funktionsfähigkeit und demzufolge zur Prüfung der Störfallfestigkeit der Komponente der kumulierte Wert einer oder mehrerer Kenngrößen, hier also des Belastungsparameters B (gestrichelt in Diagramm 1, Figur 1, dargestellt) und/oder der Zustandsparameter Z auf das Über- oder Unterschreiten eines

15 zu der jeweiligen Kenngröße gehörenden Grenzwertes G überwacht. Dazu braucht die entsprechende Kenngröße nicht an der im Kraftwerk eingesetzten Komponente selbst gemessen zu werden, vielmehr genügt die Messung an einer äquivalenten, den gleichen Bedingungen ausgesetzten Probe.

20

Die Überwachung des Belastungsparameters B oder des Zustandsparameters Z kann z.B. zyklisch oder fortlaufend erfolgen. Die jeweiligen Werte des Belastungsparameters B oder des Zustandsparameters Z werden mit dem entsprechenden Grenzwert G

25 des Belastungsparameters B bzw. des Zustandsparameters Z verglichen. Solange keine der Kenngrößen ihren Grenzwert G erreicht, ist die Störfallfestigkeit der Komponente gegenüber singulären Belastungen, z.B. gegenüber einem Kühlmittelverluststörfall, gegeben. Somit wird die Störfallfestigkeit der

30 Komponente geprüft, indem überwacht wird, daß der jeweilige funktionale Verlauf des Zustandsparameters Z und/oder des Belastungsparameters B innerhalb zugelassener Toleranzbereiche bleibt.

Mittels der Überwachung eines zusätzlich zu dem Grenzwert G vorgebbaren Grenzwerts G' der Kenngröße während eines definierten Belastungsprozesses der Komponente ist besonders vorteilhaft ein definiertes Voraltern der Komponente oder Probe ermöglicht. Dabei wird die Komponente oder Probe, z.B. radio-
5 logisch oder thermisch, definiert belastet. Diese Belastung entspricht einer Alterung der Komponente oder Probe um einen vorgebbaren Zeitraum. Die Kenngröße wird dabei auf Einhaltung des die simulierte Alterungsstufe charakterisierenden Grenzwertes G' überwacht.
10

Bei Unter- oder Überschreiten des Grenzwertes G oder G' wird zum Nachweis der Funktionsfähigkeit und demzufolge zur Prüfung der Störfallfestigkeit nicht mehr die mit dem Funktions-
15 parameter F korrelierte Kenngröße herangezogen, sondern der Funktionsparameter F der Probe oder der Komponente wird unter störfallnahen Bedingungen ermittelt. Je nach Alterungszustand der Komponente oder Probe sowie in Abhängigkeit von ihrer singulären Belastung unterschreitet der Funktionsparameter F
20 den kritischen Wert K, d.h. die Störfallfestigkeit der Komponente oder Probe ist nicht mehr gegeben. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird der Funktionsparameter zu zwei verschiedenen Anwendungen ermittelt: Die Korrelation zwischen der Kenngröße und dem Funktionsparameter F wird an einer ausgewählten
25 Probe ermittelt, um den Grenzwert G festzulegen; und der Funktionsparameter F wird anstelle der Kenngröße an der Komponente oder einer äquivalenten Probe ermittelt, wenn die Kenngröße ihren Toleranzbereich verlassen hat. Bei einer anderen Variante wird anstelle der Ermittlung des Funktionsparameters F die Komponente bereits beim Überschreiten oder Unter-
30 erschreiten des Grenzwerts G der Kenngröße ausgetauscht oder ertüchtigt, um ihre Funktionsfähigkeit wieder herzustellen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur zerstörungsfreien Prüfung der Störfallfestigkeit einer elektrischen Komponente einer Kernkraftanlage,
5 wobei mindestens eine Kenngröße, die mit einem unter störfallnahen Bedingungen ermittelten Parameter korreliert, beim Betrieb der Komponente erfaßt und diese auf Einhaltung eines Grenzwertes (G) überwacht wird.
- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei zur Bestimmung des Grenzwerts (G) als Parameter ein für die Funktionsfähigkeit der Komponente relevanter Funktionsparameter (F) ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei als Kenngröße ein
15 für die Belastung der Komponente relevanter Belastungsparameter (B) und/oder ein für den Alterungszustand der Komponente relevanter Zustandsparameter (Z) ermittelt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei als Belastungsparameter
20 (B) die auf die Komponente einwirkende Strahlendosis und/oder Temperatur erfaßt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3, wobei als Zustandsparameter (Z) eine Materialkenngröße der Komponente ermittelt wird.
25
6. Verfahren nach Anspruch 2, wobei als Funktionsparameter (F) der Isolationswiderstand der Komponente ermittelt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die
30 Kenngröße an einer zur Komponente äquivalenten Probe erfaßt und überwacht wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Komponente oder die äquivalente Probe einer definierten Belastung
35 ausgesetzt wird, wobei diese Belastung einer Alterung der

Komponente oder der Probe um einen vorgebbaren Zeitraum entspricht, und wobei die Kenngröße auf Einhaltung eines die simulierte Alterungsstufe charakterisierenden Grenzwertes überwacht wird.

1/2

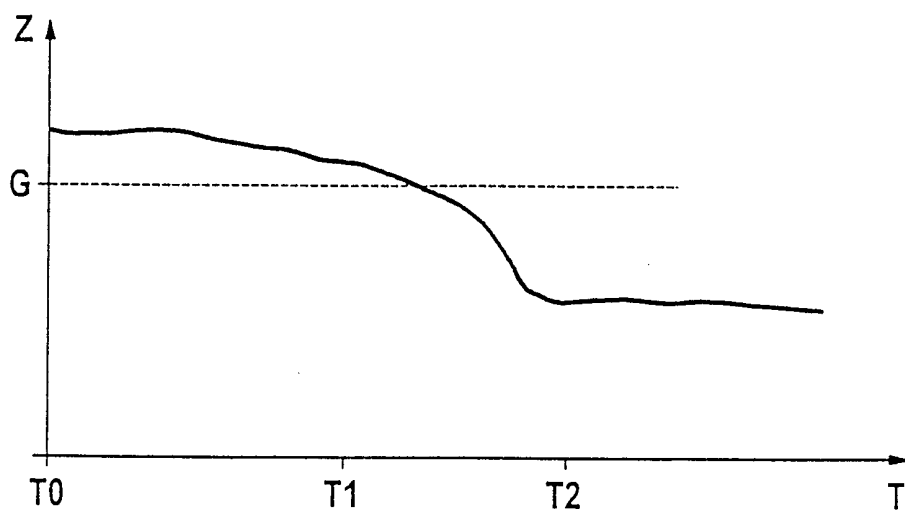
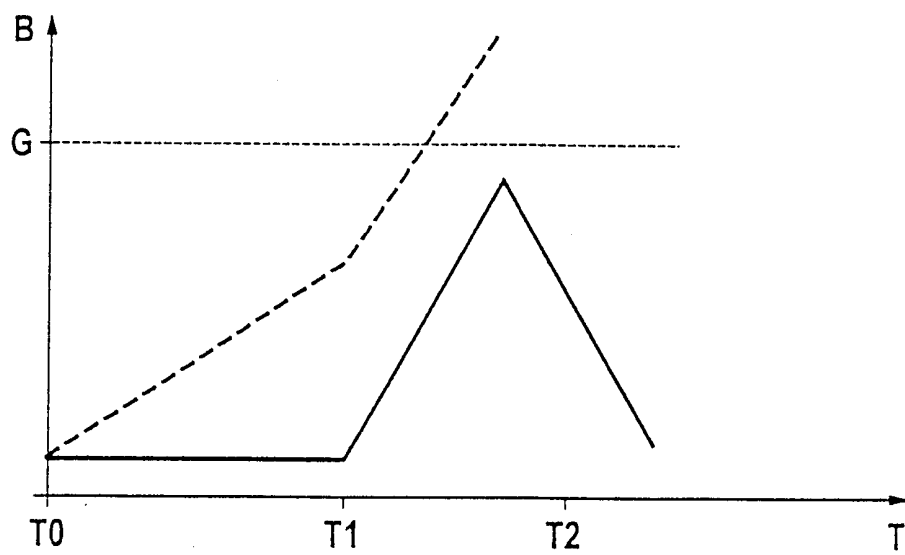


FIG 1

2/2

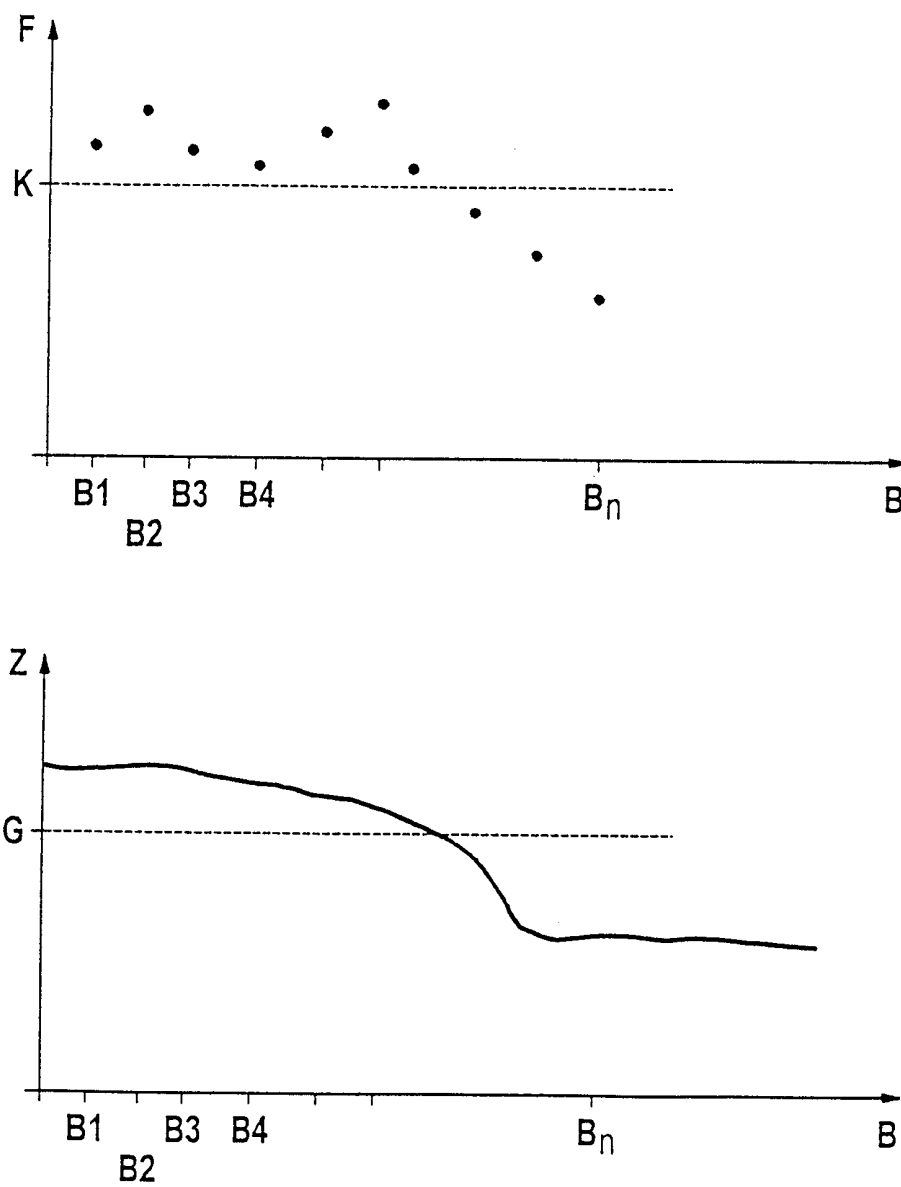


FIG 2