



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

636 982

21 Gesuchsnummer: 12195/78

73 Inhaber:
Brown Boveri Reaktor GmbH,
Mannheim-Käfertal (DE)

22 Anmeldungsdatum: 29.11.1978

72 Erfinder:
Dr. Dipl.-Phys. Helmut G. Schäffler, Heising (DE)

24 Patent erteilt: 30.06.1983

74 Vertreter:
Jean Hunziker, Zürich

54 Verfahren zur Bestimmung der Leistung von Kernreaktoren.

57 Es werden von aus Signalen der Aussenkernneutronendetektoren und aus einer primär- und sekundärseitigen Wärmebilanz gewonnene Leistungswerte verwendet, wobei eine Kalibrierung der Leistungswerte vorgenommen wird.

Um auch bei schnellen transienten Vorgängen präzise Leistungswerte zu ermitteln wird zur Kalibrierung des aus der Wärmebilanz bestimmten Leistungswertes die während der Zeitspanne zur Ermittlung dieses Wertes auftretende Änderung des über die Aussenkernneutronendetektoren ermittelten Leistungswertes verwendet. Es wird die Differenz der über die Aussenkernneutronendetektoren zum Beginn und zum Ende der Zeitspanne ermittelten Leistungswertes gebildet und dem aus der Wärmebilanz bestimmten Leistungswert zugezählt oder es wird der Quotient der über die Aussenkernneutronendetektoren zum Beginn und zum Ende der Zeitspanne ermittelten Leistungswerte gebildet und mit dem aus der Wärmebilanz bestimmten Leistungswert multipliziert.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Bestimmung der Leistung von Kernreaktoren unter Verwendung von aus den Signalen der Aussenkernneutronendetektoren und aus einer primär- oder sekundärseitigen Wärmebilanz gewonnenen Leistungswerten, wobei eine Kalibrierung der Leistungswerte vorgenommen wird, dadurch gekennzeichnet, dass zur Kalibrierung des aus der Wärmebilanz bestimmten Leistungswertes die während der Zeitdauer zur Ermittlung dieses Wertes auftretende Änderung des über die Aussenkernneutronendetektoren ermittelten Leistungswertes verwendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Differenz der über die Aussenkernneutronendetektoren zum Beginn und am Ende der Zeitdauer ermittelten Leistungswerte gebildet und dem aus der Wärmebilanz bestimmten Leistungswert zuaddiert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Quotient der über die Aussenkernneutronendetektoren zum Beginn und am Ende der Zeitdauer ermittelten Leistungswerte gebildet und mit dem aus der Wärmebilanz bestimmten Leistungswert multipliziert wird.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Leistung von Kernreaktoren unter Verwendung von aus den Signalen der Aussenkernneutronendetektoren und aus einer primär- oder sekundärseitigen Wärmebilanz gewonnenen Leistungswerten, wobei eine Kalibrierung der Leistungswerte vorgenommen wird.

Eine schnelle und genaue Bestimmung der Reaktorleistung ist von grosser Wichtigkeit für die Regelungs-, Begrenzungs- bzw. Schutzsysteme in Kernreaktoren.

Es ist bekannt, Aussenkernneutronendetektoren zur Bestimmung der Reaktorleistung in Kernreaktoren zu verwenden. Gemessen wird dabei der Neutronenfluss ausserhalb des Reaktorkerns. Dieses Neutronenflussmesssignal ist nahezu prompt, aber bei grossen Reaktorkernen speziell bei Lasttransienten nicht immer proportional zur Reaktorleistung. Es ist deshalb notwendig, die Messsignale der Aussenkernneutronendetektoren entweder manuell auf die aus der Wärmebilanz oder automatisch auf die aus der Aufwärmspanne des Kühlmittels im Reaktorkern bestimmte Reaktorleistungen zu kalibrieren.

Die automatische Kalibrierung des Neutronenflussmesssignals mit Hilfe der Reaktorleistung, bestimmt aus der Aufwärmspanne des Kühlmittels im Primärkreislauf, erfolgt normalerweise mit Hilfe eines Regelkreises. Das hat den Nachteil, dass bei schnellen Leistungsänderungen die Kalibrierung nicht schnell genug der Reaktorleistung folgen kann. Dies wiederum führt dazu, dass die automatische Kalibrierung bei schnellen Laständerungen abgeschaltet werden muss, da sie unter Umständen zu nicht konservativen Leistungswerten führt.

Die Reaktorleistung aus einer primär- oder sekundärseitigen Wärmebilanz zu bestimmen, ist aus physikalischen Grün-

den zwar wesentlich genauer als die aufgrund der Aussenkerninstrumentierung ermittelte, jedoch, hauptsächlich bedingt durch die Zeitkonstante der Temperaturmessstellen und durch die Laufzeit des Kühlmittels zwischen den Temperaturmessstellen am Coreeintritt bzw. -austritt, relativ langsam, verglichen mit der prompten Anzeige der Aussenkernneutronendetektoren.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das eingangs genannte Verfahren derart zu verbessern, dass auch bei schnellen transienden Vorgängen präzise Leistungswerte ermittelt werden.

Gelöst wird die Aufgabe dadurch, dass zur Kalibrierung des aus der Wärmebilanz bestimmten Leistungswertes die während der Zeitdauer zur Ermittlung dieses Wertes auftretende Änderung des über die Aussenkernneutronendetektoren ermittelten Leistungswertes verwendet wird.

Die Massnahme bringt ein für die Reaktorregelung, die Leistungsbegrenzung bzw. den Reaktorschutz verwendbares promptes und genaues Signal, das auch bei schnellen transienden Vorgängen zuverlässig einsetzbar ist.

Gemäss einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens wird die Differenz der über die Aussenkernneutronendetektoren zum Beginn und am Ende der Zeitdauer ermittelten Leistungswerte gebildet und dem aus der Wärmebilanz bestimmten Leistungswert zuaddiert wird.

Nach einer anderen Ausgestaltung wird der Quotient der über die Aussenkernneutronendetektoren zum Beginn und am Ende der Zeitdauer ermittelten Leistungswerte gebildet und mit dem aus der Wärmebilanz bestimmten Leistungswert multipliziert.

Das erfindungsgemäss Verfahren und seine Wirkungsweise wird anhand eines Ausführungsbeispiels erläutert.

Die aus einer primärseitigen Wärmebilanz bestimmte Leistung wird als thermische Reaktorleistung Q_{th} bezeichnet. Die Ermittlung dieses Wertes dauert relativ lange gegenüber der Ermittlung des nahezu prompten Messwertes der Aussenkernneutronendetektoren. Der Zeitunterschied beträgt einige Sekunden und wird mit t_0 bezeichnet und der Beginn des aus der Wärmebilanz bestimmten Leistungswertermittlung wird mit t bezeichnet. Die während dieser Verzögerungszeit auftretende Änderung im Leistungswert der prompt anzeigenenden Aussenkernneutronendetektoren wird bei der Bildung des Leistungswertes aus der als Wärmebilanz eingesetzten Primärkühlmittelaufwärmspanne als prompter Anteil Q_p verwendet.

Dieser prompte Anteil Q_p wird auf zwei Arten gebildet.

1. Q_p = Differenz aus der Aussenkernneutronendetektoranzeige \mathcal{O} zum Zeitpunkt t und zum Zeitpunkt $t - t_0$.

2. Q_p = Quotient der Aussenkernneutronendetektoranzeige \mathcal{O} zum Zeitpunkt t und zum Zeitpunkt $t - t_0$.

Im Fall 1 wird die Reaktorleistung Q als Summe von Q_{th} und Q_p ermittelt.

Im Fall 2 wird die Reaktorleistung Q als Produkt der Faktoren Q_{th} und Q_p gebildet.

Fall 1 ist für ein Analogsystem besser geeignet, Fall 2 ist wegen der höheren Genauigkeitsanforderungen besser für ein Digitalsystem geeignet.

Der so ermittelte Wert der Reaktorleistung Q ist auch bei schnellen transienden Vorgängen in der Reaktorregelung, im Leistungsbegrenzungssystem und im Reaktorschutzsystem verwendbar.