



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(51) Int. Cl.<sup>3</sup>: G 21 C 17/00

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978



(12) **PATENTSCHRIFT** A5

(11)

**636 982**

(21) Gesuchsnummer:	12195/78	(73) Inhaber:	Brown Boveri Reaktor GmbH, Mannheim-Käfertal (DE)
(22) Anmeldungsdatum:	29.11.1978		
(30) Priorität(en):	03.02.1978 DE 2804532	(72) Erfinder:	Dr. Dipl.-Phys. Helmut G. Schäffler, Heising (DE)
(24) Patent erteilt:	30.06.1983		
(45) Patentschrift veröffentlicht:	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 Zeitdauer 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 Zeitdauer ermittelten Leistungswertes gebildet und dem aus der Wärmebilanz bestimmten Leistungswert zuaddiert oder es wird der Quotient der über die Aussenkernneutronendetektoren zum Beginn und zum Ende der Zeitdauer 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 Leistungsarten, 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 Coreintritt 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 transienten 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 transienten 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 erfindungsgemässe 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 anzeigenden 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 Aussenkernneutronendetektor-Anzeige  $\emptyset$  zum Zeitpunkt  $t$  und zum Zeitpunkt  $t - t_0$ .

2.  $Q_p$  = Quotient der Aussenkernneutronendetektoren-Anzeige  $\emptyset$  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 transienten Vorgängen in der Reaktorregelung, im Leistungsbegrenzungs- und im Reaktorschutzsystem verwendbar.