



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 244 385 A1

4(51) F 01 K 7/00
F 01 K 17/02

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP F 01 K / 284 606 0

(22) 18.12.85

(44) 01.04.87

(71) Technische Universität Dresden, 8027 Dresden, Mommsenstraße 13, DD

(72) Adam, Ernst, Prof. Dr. rer. nat.; Gläser, Günter, Dr.-Ing.; Großmann, Jochen, Dr.-Ing., DD

(54) Verfahren zur Steuerung einer Kernheizanlage

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung von Kernheizreaktoren, die der kommunalen und industriellen Wärmeversorgung mit jahreszeitlich schwankender Wärmelast dienen und die stabil auch mit geringerer Wärmelast zu betreiben sind. Ziel der Erfindung ist es, Kernheizanlagen auch in Schwachlastzeiten ökonomisch vertretbar zu betreiben. Aufgabe der Erfindung ist es, eine Kernheizanlage, bestehend aus einem Siedewasserreaktor, einem im Naturumlauf betriebenen Primärkreislauf (PKL) sowie im Zwangsumlauf betriebenen Zwischen- und Netzkreislauf (ZKL bzw. NKL) mit rekuperativer Trennung der drei Kreisläufe so zu steuern, daß der Reaktor auch bei geringer Teillast sicher betrieben wird. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß im Teillastbetrieb am Rekuperator zwischen ZKL und NKL eine höhere Vorlauftemperatur des erwärmten Netzkreislaufmediums als bei Vollastbetrieb und im übrigen Netzkreislauf selbst eingestellt wird. Figur

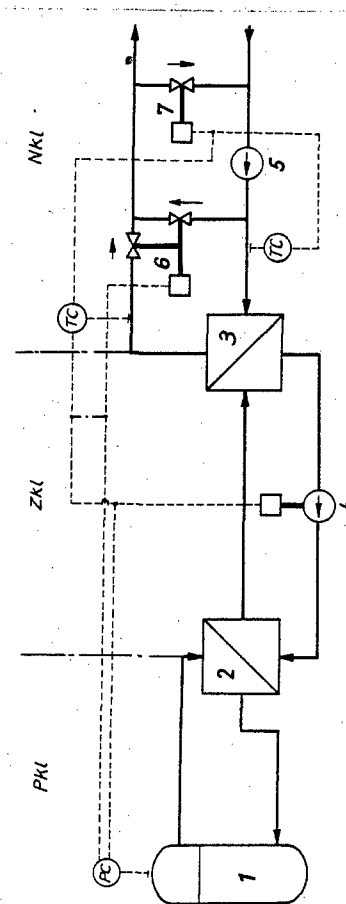


Fig. 1

Erfindungsanspruch:

1. Verfahren zur Steuerung einer Kernheizanlage, bestehend aus einem Siedewasserreaktor, einem im Naturumlauf betriebenen Primärkreislauf (PKL) sowie im Zwangsumlauf betriebenen Zwischen- und Netzkreislauf (ZKL bzw. NKL) mit rekuperativer Trennung der drei Kreisläufe, **gekennzeichnet dadurch**, daß im Teillastbetrieb am Rekuperator 3 zwischen ZKL und NKL eine höhere Vorlauftemperatur des erwärmten Netzkreislaufmediums als bei Vollastbetrieb und im übrigen Netzkreislauf selbst eingestellt wird.
2. Verfahren nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß ein Teil des NKL-Rücklaufmassesstromes vor dem Rekuperator direkt dem NKL-Vorlaufstrom zugemischt wird.
3. Verfahren nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß dem NKL-Rücklaufstrom vor dem Rekuperator ein Teil des NKL-Vorlaufstromes zugemischt wird.
4. Verfahren nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Regelung der Stellglieder zur Zumischung von Teilströmen gemäß Punkt 2 oder/und 3 bei konstantem Druck im PKL erfolgt.
5. Verfahren nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Regelung der Stellglieder zur Zumischung von Teilströmen gemäß Punkt 2 oder/und 3 bei geführter Druckerhöhung im PKL erfolgt.
6. Verfahren nach Punkt 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Umlaufgeschwindigkeit des Wärmeträgerstromes im ZKL umgekehrt proportional zum Druck im PKL geregelt wird.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung von Kernheizanlagen, die der kommunalen und industriellen Wärmeversorgung mit jahreszeitlich schwankender Wärmelast dienen und die stabil auch mit geringer Wärmelast zu betreiben sind.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Die heute bekannten Konzeptionen von Kernheizwerken, die entweder bereits realisiert werden oder denen zumindest für die nahe Zukunft Realisierungschancen eingeräumt werden, zeichnen sich durch einen heterogenen Siedewasserreaktor (mit Wasser zugleich als Kühlmittel und als Moderator) aus. Dieses Reaktorprinzip besitzt dann ein inhärentes Sicherheitssystem mit verminderter Energieerzeugung bei steigender Temperatur, wenn zugleich die Mediendichte in der Spaltzone durch Erhöhung des Dampfmassegehaltes bei Teilverdampfung gemindert wird.

Allgemeingültige Charakteristika sind dabei

- das aus Primär (P)-, Zwischen (Z)- und Netzkreislauf (N) bestehende Dreikreislaufprinzipien und die integrale Bauweise des Reaktordruckgefäßes, die die Wärmeübertrager Primär-Zwischenkreislauf mit einschließt,
- der durch Teilverdampfung geförderte Naturumlauf durch die Spaltzone und die Wärmeübertrager Primär-Zwischenkreislauf innerhalb des Druckgefäßes und
- weitere hier nicht relevante sicherheitstechnische Merkmale.

Aus ökonomischen Gründen ist beim ganzjährigen Betrieb von einer Kernheizanlage anzustreben, daß der Reaktor im Sommerbetrieb mit Leistung von unter 10% der maximalen Leistung sicher betrieben werden kann.

Die am weitesten entwickelte bekannte Lösung zeichnet sich gegenüber anderen durch die einzuhaltende Druckbedingung für die drei Kreisläufe p_P, p_Z, p_N aus, wobei auch im Teillastbetrieb der Druck im Primärkreislauf über 1,2 MPa liegen muß. Eine weitere Restriktion ist die notwendige sichere Unterschreitung der Siedetemperatur t_S im Zwischenkreislauf ($t_Z < t_S$).

Für den Teillastbetrieb von Kernheizreaktoren wird von DUNA EV, V. G. u. a. (Ob odnom algoritme upravlenia atomnoi stanzii teplosnabschenia v manevrennom reschime raboty; Vortrag RGW-Seminar „Wärmeversorgung aus Kernenergie“, Oktober 1983, Moskau, Nr. 30) eine Konzeption vorgeschlagen, die auf einer Konstanzhaltung der Netzkreislaufumtemperatur am Austritt aus dem Wärmeübertrager Zwischenkreislauf-Netzkreislauf beruht. Dazu werden eine Rücklaufbeimischregelung unter Umgehung dieses Wärmeübertragers und ein Zweiwege-Mischventil in der Vorlaufleitung verwendet. Bei dieser Konzeption sinkt der primärkreislaufseitige Druck im Reaktor ab. Die untere Leistungsgrenze ist durch die einzuhaltenden Druckbedingungen vorgegeben. Wie rechnerisch nachgewiesen werden kann, liegt sie noch deutlich über der anzustrebenden 10%-Grenze. Auch bei anderen Heizreaktor-Konzeptionen, die im Naturumlauf bei gezielter Teilverdampfung arbeiten, liegen detaillierte Konzeptionen zur Gewährleistung einer minimalen Mindetlast noch nicht vor (s. z. B. Seifritz, W.: Ein heterogener Heizreaktor kleiner Leistung [10–15 MW th] für die nukleare Nahwärmeversorgung. EIR-Bericht Nr. 526, September 1984, Würenlingen, Schweiz oder Calori, F.: Operating trends and performance of Nuclear Power Plants in IAEA-Member-States, Vortrag und Diskussion. VI. Wissenschaftliche Konferenz über Wärme- und kernenergetische Probleme, Varna, Mai 1984.)

Daraus ergibt sich der Nachteil heute technisch konzipierter Kernheizwerke, daß sie nur für den Grundlastbetrieb mit hoher spezifischer Mindestlast und daher begrenzt einsetzbar sind. Ein weiterer technischer Nachteil dieser Konzeptionen ist, daß mit Absenkung des Primärnetzdruckes beim Teillastbetrieb der Dampfmassegehalt sinkt, wodurch das inhärente Sicherheitssystem in Form eines negativen Temperaturkoeffizienten negativ beeinflusst und kompensiert wird, so daß schließlich die inhärente Sicherheit bei Teillastbetrieb nicht gewährleistet ist.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, Kernheizanlagen auch in Schwachlastzeiten ökonomisch vertretbar zu betreiben.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Kernheizanlage, bestehend aus einem Siedewasserreaktor, einem im Naturumlauf betriebenen Primärkreislauf (PKL) sowie im Zwangsumlauf betriebenen Zwischen- und Netzkreislauf (ZKL bzw. NKL) mit rekuperativer Trennung der drei Kreisläufe so zu steuern, daß der Reaktor auch bei geringer Teillast sicher betrieben wird. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß im Teillastbetrieb am Rekuperator zwischen ZKL und NKL eine höhere Vorlauftemperatur des erwärmten Netzkreislaufmediums als bei Vollastbetrieb und im übrigen Netzkreislauf selbst eingestellt wird.

Durch diese Steuerung wird der Energieinhalt des Wärmeträgers im Primärkreislauf erhöht und bei Teillastminderung der Druck im PKL konstant gehalten bzw. vorzugsweise auf einen höheren Wert geführt. In der Vorzugsvariante erhöht sich der Masedampfgehalt am Austritt aus der Spaltzone, d. h. die inhärente Sicherheit des Reaktors wird erhöht.

Zur Erhöhung der Vorlauftemperatur wird ein Teil des NKL-Rücklaufmassesstromes vor dem Rekuperator direkt dem NKL-Vorlaufmassesstrom oder dem NKL-Rücklaufmassesstrom wird vor dem Rekuperator ein Teil des NKL-Vorlaufmassesstromes zugemischt.

Die Stellglieder zur Zumischung der Teilströme werden in Abhängigkeit des Druckes oder der diesem Druck repräsentativen Siedetemperatur im Primärkreislauf geregelt.

Ausführungsbeispiel

In der Zeichnung ist das Schaltschema einer erfindungsgemäß gesteuerten Kernheizanlage dargestellt.

In einem Kernheizreaktor 1 wird durch Kernspaltung Wärme erzeugt, so daß das im Wärmeübertrager 2 zum Zwischenkreislauf (ZKL) abgekühlte und im Primärkreislauf (PKL) natürlich umgewälzte Heizwasser erwärmt wird und teilweise verdampft. Damit baut sich im Primärkreislauf ein höherer Betriebsdruck auf, mit dem die aus Gründen nuklearer Sicherheit notwendige Druckbarriere p_P p_Z p_N eingehalten werden kann.

Der mittels der drehzahlregelbaren Umwälzpumpe 4 im Zwischenkreislauf umgewälzte Heißwassermassesstrom gibt den im Wärmeübertrager 2 aufgenommenen Wärmestrom im Wärmeübertrager 3 an den Netzkreislauf (NKL) ab. Für den notwendigen Drucksprung im Netzkreislauf sorgt die Umwälzpumpe 5.

Zwei Beimischregelungen ermöglichen sowohl eine Senkung der sich am Wärmeübertrageraustritt 3 einstellenden Vorlauftemperatur mittels des Stellgliedes 6 als auch eine Erhöhung der Rücklauftemperatur am Wärmeübertragereintritt 3 mittels des Stellgliedes 7.

Bei den für Vollastfall ausgelegten Wärmeübertragern 2 und 3 vermindert sich im Teillastfall die Grädigkeit zwischen den jeweils angrenzenden Kreislauf-Vorlauftemperaturen.

Der Druck im Reaktor 1 kann daher konstant gehalten werden, wenn in dessen Abhängigkeit der netzkreislaufseitige Massesstrom durch den Wärmeübertrager 3 mittels des Stellgliedes 6 vermindert und hierdurch die Vorlauftemperatur am Wärmeübertrageraustritt 3 erhöht wird. Der andere Teilstrom des umgewälzten Netzwassermassesstromes gelangt durch das umgehungsseitige Stellglied 6 vom Rücklauf zum Vorlauf.

Wird der Druck, im Reaktor 1 bei Lastminderung nicht konstant gehalten, sondern zwecks Nutzung des Eigenregelungseffektes der Neutronenflußdichte gezielt in Grenzen erhöht, so steigt die Vorlauftemperatur am Wärmeübertrageraustritt 3 durch Drosselung dieses Netzkreislauf-Massesstromes im Stellglied 6 weiter an und damit auch die Austrittstemperatur aus der Spaltzone. Dieser Massesstromreduzierung wird entgegengewirkt, wenn die Netzkreislauf-Rücklauftemperatur am Eintritt in den Wärmeübertrager 3 durch Beimischung eines Vorlauf-Teilstromes saugseitig der Pumpe 5 erhöht wird, weil sich damit die Temperaturspreizung vermindert. Als Impuls für diese, das Regelverhalten am Stellglied 6 verbessernde Beimischregelung 7 dient die im Teillastfall erhöhte Vorlauftemperatur am Wärmeübertrageraustritt 3. Mit der auf diese Weise erreichten Anhebung des mittleren Temperaturniveaus im Wärmeübertrager 3 wird, besonders bei hoher Leistung der Umwälzpumpe 4, die Rücklauftemperatur des Zwischenkreislaufes und damit auch die Primärkreislauf-Eintrittstemperatur in die Spaltzone wesentlich erhöht. Dadurch wird eine Erhöhung des Masedampfgehaltes in der Spaltzone erzielt und auf diese Weise eine natürliche Senkung der Neutronenflußdichte im Reaktor bewirkt.

Der Vorlauftemperaturerhöhung kann durch Drosselung des Massesstromes der Umwälzpumpe 4 des Zwischenkreislaufes entgegengewirkt werden, womit der zulässige Betriebsdruck im Netzkreislauf kostengünstig begrenzt werden kann. Die Vorlauftemperatursenkung im Netzkreislauf bei gleichem Reaktorgefäßdruck resultiert aus der Erhöhung der Temperaturspreizung bei Massesstromreduzierung im Zwischenkreislauf, die eine Erhöhung der vorlaufseitigen Wärmeübertragergrädigkeiten bewirkt. Als Impuls kann entweder unmittelbar der Reaktor Druck oder mittelbar die Vorlauftemperatur des Netzkreislaufes am Wärmeübertrageraustritt 3 dienen.

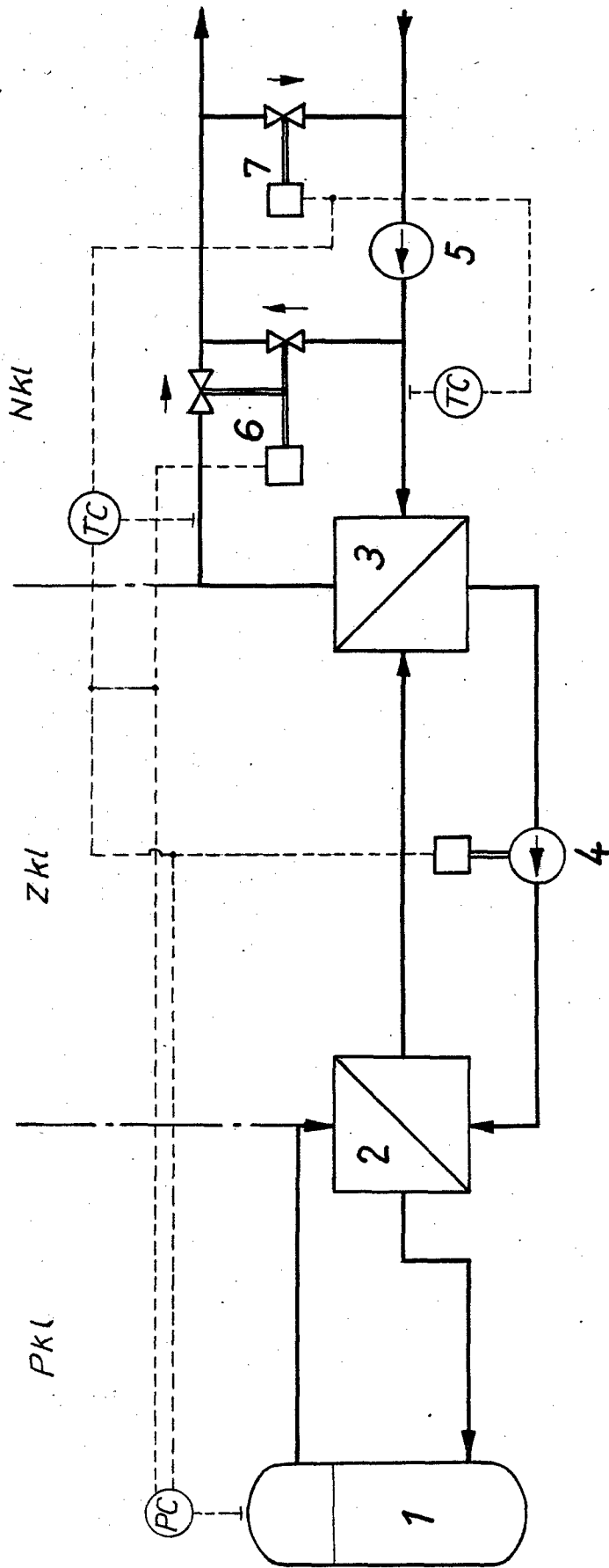


Fig. 1