

51

Int. Cl. 2:

G 21 C 15/18

19 **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**



DT 26 34 780 A 1

11

Offenlegungsschrift 26 34 780

21

Aktenzeichen: P 26 34 780.8

22

Anmeldetag: 3. 8. 76

43

Offenlegungstag: 17. 2. 77

30

Unionspriorität:

32 33 31

8. 8. 75 USA 603072

54

Bezeichnung: Notkühleinrichtung für gasgekühlte Kernreaktoren

71

Anmelder: Westinghouse Electric Corp., Pittsburgh, Pa. (V.St.A.)

74

Vertreter: Holzer, R., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 8900 Augsburg

72

Erfinder: Thompson, Robert E., Bethel Park; Pierce, Bill L., Pittsburgh; Pa. (V.St.A.)

DT 26 34 780 A 1

PATENTANWALT
DIPL. ING. R. HOLZER
PHILIPPINE-WELSER-STRASSE 14
8900 AUGSBURG
TELEFON 516475
TELEFAX 583202 patol d

2634780

W. 811

Augsburg, den 30. Juli 1976

Westinghouse Electric Corporation, Westinghouse Building
Gateway Center, Pittsburgh, Allegheny County,
Pennsylvania 15222, V.St.A.

Notkühleinrichtung für gasgekühlte Kernreaktoren

Die Erfindung betrifft eine Notkühleinrichtung für
gasgekühlte Kernreaktoren, welche einen durch den
Reaktorkern hindurchverlaufende Kühlgasschleife mit einem
Wärmetauscher enthält.

- 1 -

709807/0327

Bisher wurden stets mindestens zwei verschiedene Kühlsysteme zur Abführung der Restwärme nach dem Abschalten des Reaktors vorgeschlagen. Bei einer bekannten Anordnung ist ein Redundanzkreislauf vorgesehen, um die Kühlmittelzirkulation auch dann sicherzustellen, wenn der normale Kühlkreislauf betriebsunfähig ist. Diese Notkühleinrichtung ist im allgemeinen von einer externen Energiequelle und von externen Steuerorganen abhängig. Infolgedessen müssen diese externen Steuerorgane und die externe Energiequelle in allen denkbaren Notsituationen betriebsfähig sein, was ein schwierig und nur unter erheblichem Kostenaufwand realisierbares Erfordernis darstellt.

Eine andere bekannte Methode besteht darin, die Restwärme aus dem Reaktorkern unter Ausnützung der freien Konvektionszirkulation des Reaktorkühlmittels abzuführen. Diese Notkühlung ist zwar von einer externen Energiequelle unabhängig, sie weist jedoch den Nachteil auf, daß die natürliche Konvektionszirkulation zu schwach sein kann, um genügend Wärme aus dem Reaktorkern abzutransportieren. Außerdem hängt die Möglichkeit der Anwendung einer Notkühleinrichtung, die mit der natürlichen Konvektion arbeitet, von der Orientierung des Reaktors im Hinblick auf die Schwerkraftverhältnisse ab.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, für einen gasgekühlten Reaktor eine in sich abgeschlossene, unabhängige von äußeren Energiequellen arbeitende Notkühleinrichtung zu schaffen.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist eine solche Notkühleinrichtung gemäß der Erfindung durch eine in die Kühlgasschleife eingeschaltete, von dem darin zirkulierenden Kühlgas angetriebene Gasturbine, weiter durch eine Sekundärkühlschleife, die durch den genannten Wärmetauscher mit der Kühlgasschleife gekoppelt ist, ferner durch einen in die Kühlgasschleife geschalteten Verdichter und eine in die Sekundärkühlschleife geschaltete Umlaufpumpe, welche beide von der Gasturbine angetrieben werden, und durch eine Anlaßvorrichtung für die Gasturbine gekennzeichnet.

Mittels der erfindungsgemäßen Notkühleinrichtung kann also die im Reaktorkern von gasgekühlten Kernreaktoren erzeugte Restwärme abgeführt werden, ohne daß eine externe Energiequelle erforderlich ist oder eine Konvektionsströmung angewendet zu werden braucht. Bei der erfindungsgemäßen Einrichtung wird das heiße Reaktorkühlgas aus dem Reaktorkern einer Gasturbine zugeleitet, in welcher es expandiert. Aus der Gasturbine gelangt das Kühlgas in einen Wärmetauscher, in welchem es

seine Wärme an ein Sekundärkühlmittel abgibt. Sodann strömt das Kühlgas in einen Verdichter, wo es verdichtet wird, und wird sodann wieder in den Reaktorkern zurückgeleitet. Die Gasturbine treibt den mit ihr mechanisch gekuppelten Verdichter und außerdem eine Umlaufpumpe für das Sekundärkühlmittel. Zum Anlassen der Gasturbine beim Eintritt einer Notsituation dient eine pneumatische Anlaßvorrichtung. Die erfindungsgemäße Einrichtung nützt die im Reaktorkern erzeugte Restwärme zum Betrieb der Einrichtung aus und ist deshalb, wie schon gesagt, von einer externen Energiequelle unabhängig.

Einige Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachstehend mit Bezug auf die anliegenden Zeichnungen näher beschrieben. In den Zeichnungen stellen dar:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Notkühleinrichtung nach der Erfindung,
- Fig. 2 eine abgewandelte Ausführungsform der in Fig. 1 gezeigten Einrichtung, und
- Fig. 3 eine weitere Abwandlung der in Fig. 1 gezeigten Einrichtung.

In allen Zeichnungsfiguren sind gleiche Elemente jeweils mit der gleichen Bezugsziffer bezeichnet.

In Fig. 1 ist andeutungsweise ein Reaktorkern 10 dargestellt, der aus einer Vielzahl von Brennelementen aus spaltbarem Material wie beispielsweise Uran oder Plutonium besteht und in einem Reaktordruckbehälter 12 angeordnet ist. Der Druckbehälter 12 weist einen Kühlmittelinlaß 14 und einen Kühlmittelauslaß 16 auf, durch welche das Primärkühlmittel bzw. Reaktorkühlmittel, bei welchem es sich im Falle eines gasgekühlten Kernreaktors um ein Inertgas wie beispielsweise Helium oder Argon handelt, in den Reaktorkern 10 eintreten bzw. aus diesem austreten kann. Mit dem Kühlmittelinlaß 14 und dem Kühlmittelauslaß 16 ist ein Primärkühlkreislauf 18 verbunden, von welchem eine Schleife typischerweise eine Verdichterturbine 20, eine Leistungsturbine 22, einen Wärmetauscher 24 und einen Verdichter 26 enthält. Während des normalen Reaktorbetriebs tritt das gasförmige Kühlmittel durch den Kühlmittelauslaß 16 aus dem Druckbehälter 12 aus und durchströmt zunächst die Verdichterturbine 20 und sodann die Leistungsturbine 22. Die Verdichterturbine 20 ist mechanisch mit dem Verdichter 26 gekuppelt und liefert die Antriebskraft für diesen Verdichter. Die Leistungsturbine 22 ist mit einer nicht dargestellten Vorrichtung zur Nutzenergiegewinnung gekuppelt.

Nach dem Austritt aus der Leistungsturbine strömt das Kühlgas durch den Wärmetauscher 24, wo es gekühlt wird, und gelangt dann zum Verdichter 26. Im Verdichter 26 wird das Kühlgas verdichtet und sodann durch den Kühlmittelauslaß 14 wieder in den Druckbehälter 12 und in den Reaktorkern 10 eingeleitet. Beim Durchströmen des Reaktorkerns 10 nimmt das Kühlgas die im Reaktorkern erzeugte Wärme auf und strömt sodann wieder durch den Kühlmittelauslaß 16 aus dem Druckbehälter aus, wonach sich der eben beschriebene Zyklus wiederholt. Die eben beschriebene Primärkühlschleife ist an sich bekannt und beispielsweise in der US-PS 3 663 364 näher beschrieben.

Die Notkühleinrichtung 30, die in Notsituationen oder unter Bedingungen in Betrieb gesetzt wird, wenn der Primärkühlkreislauf 18 nicht betriebsfähig ist, enthält eine Gasturbine 28, einen Wärmetauscher 48 und einen Verdichter 32 zum Verdichten des zirkulierenden Reaktorkühlmittels, weiter eine das Kühlgas vom Reaktorkern 10 zur Gasturbine 28 zuleitende Leitung 34, eine das Kühlgas von der Gasturbine 28 zum Wärmetauscher 48 leitende Leitung 26, eine das Kühlgas vom Wärmetauscher 48 zum Verdichter 32 führende Leitung 38 und eine das Kühlgas aus dem Verdichter 32 in den Reaktorkern 10 zurückleitende Rückleitung 40 auf. Obwohl die Leitung 34, welche das Kühlmittel aus dem Reaktorkern 10 zur Gasturbine 28

leitet, mit dem Kühlmittelauslaß 16 des Druckbehälters verbunden dargestellt ist, ist eine solche Verbindung nicht unbedingt erforderlich. Es ist lediglich erforderlich, daß die Leitung 34 mit dem im Reaktorkern 10 erwärmten und aus diesem ausströmenden Kühlgas in Strömungsverbindung gelangt. In gleicher Weise braucht die Rückleitung 40, welche das Kühlgas aus dem Verdichter 32 in den Reaktorkern 10 zurückleitet, nicht unbedingt in den Kühlmittleinlaß 14 des Reaktorbehälters hineinzuführen, sondern kann auch einen anderen Verlauf haben und muß lediglich das Kühlgas in den Reaktorkern 10 hineinleiten.

Der Verdichter 32 ist über eine Welle 42 mechanisch mit der Gasturbine 28 gekuppelt. Aufgrund dieser Verbindung wird der Verdichter von der Gasturbine angetrieben. Außerdem ist mit der Gasturbine 28 eine Umlaufpumpe 44 mechanisch über ein Getriebe 46 mit der Gasturbine 28 gekuppelt.

Die Umlaufpumpe 44 zirkuliert ein Sekundärkühlmittel, bei welchem es sich um eine Flüssigkeit wie beispielsweise Wasser oder um ein Gas wie beispielsweise Helium oder Luft handeln kann. Dieses Sekundärkühlmittel steht mit dem Reaktorkühlmittel in thermischer Berührung und nimmt Wärme von diesem auf, wobei der Wärmetausch zwischen dem Reaktorkühlmittel und dem Sekundärkühlmittel im Wärmetauscher 48 stattfindet.

Der Gasturbine 28 ist eine Anlaßvorrichtung 50 zum Anlassen der Turbine zugeordnet. Diese Anlaßvorrichtung 50 weist einen pneumatischen Anlasser 52, ein Anlaßventil 54 und einen Behälter 56 für das Anlaßtreibmittel auf. Obwohl gesondert dargestellt, kann das Anlaßventil 54 in den pneumatischen Anlasser 52 integriert sein. Das Anlaßtreibmittel, bei welchem es sich im vorliegenden Falle um das gleiche Gas wie beim Reaktorkühlmittel handelt, steht im Behälter 56 unter Druck. Das Anlaßventil 54 ist mit einer innerhalb des Druckbehälters 12 gelegenen Instrumentierung (nicht dargestellt) verbunden, deren Funktion nachstehend noch erläutert wird. Zur Anlaßvorrichtung 50 für die Gasturbine 28 gehören außerdem noch eine Anlaßtreibmittelpumpe 60, eine Anzapfleitung 62 zum Abzweigen eines Teils des aus dem Verdichter 32 kommenden Reaktorkühlmittels in den Behälter 56 und eine Leitung 64. Die Anlaßtreibmittelpumpe 60 ist über die Turbinenwelle 42 und das Getriebe 46 mechanisch mit der Gasturbine 28 gekuppelt und wird von dieser angetrieben.

Nachstehend wird die Arbeitsweise der Notkühleinrichtung 30 beschrieben.

Beim Eintritt eines Zustands, der die Abschaltung des Reaktors bedingt, sendet die genannte, nicht dargestellte Instrumentierung, die das Abschalten des Reaktors

herbeiführt, ein Signal zum Anlaßventil 54. Dieses Anlaßventil 54 öffnet sich beim Empfang dieses Signals, so daß das im Behälter 56 unter Druck befindliche Anlaßtreibmittel in den pneumatischen Anlasser 52 strömt. Der auf diese Weise betätigte pneumatische Anlasser 52 setzt die Gasturbine 28 in Betrieb.

Die durch den Anlauf der Gasturbine 28 erzeugte Saugkraft bewirkt, daß das Reaktorkühlgas aus dem Reaktorkern 10 durch die Zuleitung 34 zur Turbine 28 strömt. Das in die Turbine 28 eintretende heiße Gas expandiert und treibt die Turbine an. Das aus der Gasturbine 28 austretende Gas strömt durch die Leitung 36 zum Wärmetauscher 48. Dort gibt es seine Wärme an das Sekundärkühlmittel ab und strömt sodann zum Verdichter 32. Im Verdichter 32 wird das Gas verdichtet und sodann wieder als kühles Gas in den Reaktor 10 eingeleitet, wo es wiederum Wärme aus dem Reaktorkern 10 aufnimmt und sodann den gleichen Zyklus wieder durchläuft.

Die in der Gasturbine 28 aus dem Gas gewonnene Arbeit wird zum Antrieb des Verdichters 32 ausgenützt. Die Notkühl-einrichtung als solche arbeitet nach einem geschlossenen Brayton-Zyklus.

Außer dem Verdichter treibt die Gasturbine 28 auch die Umlaufpumpe 44 an, welche das Sekundärkühlmittel zir-

kuliert. Dieses Sekundärkühlmittel wird von der Umlaufpumpe 44 durch den Wärmetauscher 48 gepumpt, wo es in Wärmeaustausch mit dem Reaktorkühlmittel kommt und Wärme von diesem aufnimmt, und wird dann entweder abgeleitet oder gekühlt. Wenn beispielsweise das Sekundärkühlmittel Wasser ist, kann dieses Wasser durch eine Wasserturbine 66 und einen Wärmetauscher 68 geleitet werden, in welchem ein Wärmeaustausch zwischen dem Wasser und Luft stattfinden kann. Aus dem Wärmetauscher 68 wird das Wasser dann wieder zur Pumpe 44 zurückgeleitet. Die Wasserturbine 66, die der so gebildeten Wärmeabführeinrichtung 77 zugeordnet ist, kann zum Antrieb eines Gebläses 70 verwendet werden, welches Luft durch den Wärmetauscher 68 zirkuliert und dadurch die Wärmeabführung vom Sekundärkühlmittel erleichtert. Es ist ersichtlich, daß die gesamte Notkühleinrichtung unabhängig von irgendeiner externen Energiequelle ist und nur mittels der Wärme vom Reaktorkern 10 betrieben wird, die abgeführt wird und die Antriebsenergie für die Notkühleinrichtung liefert.

Durch sorgfältige Anpassung der Charakteristiken der Gasturbine 28 und des Verdichters 32 sind die Gasturbine und der Verdichter in der Lage, das Reaktorkühlmittel solange zu zirkulieren, bis der Reaktorkern 10 ausreichend abgekühlt ist. Es wird jedoch einmal der Zeitpunkt erreicht, an

welchem die vom Reaktorkühlmittel aus dem Reaktorkern 10 abtransportierte Wärme nicht mehr ausreicht, um die Gasturbine 28 anzutreiben. Von diesem Zeitpunkt an wird das Reaktorkühlmittel nicht mehr weiter zirkuliert, und im Reaktorkern 10 eventuell noch erzeugte Wärme, bei der es sich noch um merkliche Wärmemengen handeln kann, verbleibt im Druckbehälter 12 bzw. im Reaktorkern 10. Nach einer gewissen weiteren Zeitspanne kann diese Wärme so groß werden, daß Schäden an der Reaktorkonstruktion eintreten können, weshalb es wünschenswert ist, eine Vorrichtung zum Wiederaanlassen der Gasturbine 28 vorzusehen. Dazu dienen die Anlaßtreibmittelpumpe 60 und die Zweigleitung 62.

Sobald die Gasturbine 28 angelaufen ist, schließt sich das Anlaßventil 54 und läßt kein weiteres Anlaßtreibmittel mehr zum pneumatischen Anlasser 52 strömen. Durch die Zweigleitung 62 wird ein kleiner Teil des Reaktorkühlmittels abgezweigt. Dieser abgezweigte Kühlmittelteil wird als Anlaßtreibmittel durch die Anlaßtreibmittelpumpe 60, die von der Gasturbine 28 angetrieben wird, in den Anlaßtreibmittelbehälter 56 gepumpt. Dieses Anlaßtreibmittel wird solange kontinuierlich gefördert, bis der Behälter 56 unter einem zur Betätigung des pneumatischen Anlassers 52 ausreichenden Druck gefüllt ist. Nach dieser ausreichenden Füllung des

Behälters 56 sperrt ein Ventil 72 die weitere Zufuhr von Anlaßtriebmittel in den Behälter 56 ab. Dadurch ist im Behälter 56 wieder eine ausreichende Anlaßtreibmittelmeng e zum Wiederaanlassen der Gasturbine 28 verfügbar.

Wie oben erwähnt, kann die Temperatur des Reaktorkühlmittels im Reaktorkern 10 wieder ansteigen, nachdem die Gasturbine 28 zu laufen aufgehört hat, was eine weitere Zirkulation des Kühlmittels zur Kühlung des Reaktorkerns 10 erforderlich machen kann. Das Anlaßventil 54 spricht auf die Temperatur des Reaktorkühlmittels im Reaktorkern 10 an. Dies kann auf verschiedene Weise, beispielsweise mittels einer Bourdon-Röhre erfolgen. Sobald sich das Anlaßventil 54 öffnet, wird der pneumatische Anlasser 52 durch das zuströmende Anlaßtreibmittel betätigt und läßt die Gasturbine 28 an. Sodann arbeitet die Notkühleinrichtung wieder in der oben beschriebenen Weise. Durch diese automatische Einrichtung zur Wiederinbetriebsetzung der Notkühleinrichtung wird die im Reaktorkern 10 erzeugte Wärme abgeführt, ohne daß dadurch die Steuerung durch externe Steuerorgane erforderlich ist, und die Wärme kann keine Beschädigung der Reaktorkonstruktionsteile hervorrufen. Die Notkühleinrichtung arbeitet intermittierend, und sobald die Temperatur im Reaktorkern 10 über einen vorgegebenen zulässigen Wert ansteigt, erfolgt die Kühlung.

Außer bei ortsfesten Kernreaktoranlagen kann die erfindungsgemäße Notkühleinrichtung auch bei beweglichen Reaktoranlagen Anwendung finden, beispielsweise bei Reaktoren von Schiffsantrieben. Bei solchen Reaktoren ist einer der hypothetischen Unfälle das Stranden oder Sinken des Schiffes. Für die Verwendung beispielsweise auf einem Schiff ist die Reaktoranlage einschließlich der Notkühleinrichtung in der oben beschriebenen Weise installiert, mit Ausnahme der Wärmeabführeinrichtung 77 zur Wärmeabführung vom Sekundärkühlmittel, nämlich des Wärmetauschers 68, des Luftgebläses 70 und der Flüssigkeitsturbine 66, die außerhalb der Reaktorummantelung (teilweise dargestellt und mit 74 bezeichnet) angeordnet sind. Beim Stranden des Schiffes arbeitet die Notkühleinrichtung in der beschriebenen Weise. Falls das Schiff mit dem Reaktor sinkt, werden die Rohrleitungen 76 und 78 an den Durchführungsstellen durch die Reaktorummantelung 74 beispielsweise durch Sprengmittel (nicht dargestellt) abgesichert, die auf den durch das Wasser erhöhten, auf die Reaktorummantelung 74 wirkenden Druck ansprechen. Das Innere der Reaktorummantelung 74 bleibt dabei mit Ausnahme der beiden Rohrdurchführungsöffnungen der Rohrleitungen 76 und 78 durch die Ummantelung 74 abgeschlossen. Anstatt aus einem Wärmetauscher 68 saugt die Umlaufpumpe 44 dann durch die Leitung 78 Seewasser als Sekundärkühlmittel an, das in Wärmeaustausch mit dem Reaktorkühlmittel gebracht und danach wieder in das Meer zurückgeleitet wird.

Eine ähnliche Anordnung kann auch bei ortsfesten Reaktor-
anlagen Anwendung finden, wobei als Sekundärkühlmittel
Wasser aus einem Fluß, See oder einer anderen Wasserquelle
dienen kann.

Ferner kann die Umlaufpumpe 44 in dem unwahrscheinlichen
Falle eines Unfalls, bei welchem der normale Sekundärkühl-
kreislauf durch einen Bruch der Rohrleitungen 76 oder 78
unterbrochen wird, Luft aus der Atmosphäre ansaugen, die
sodann mit dem Reaktorkühlmittel in Wärmeaustausch gebracht
und danach wieder in die Atmosphäre ausgestoßen wird. Auf diese
Weise ist eine ausreichende Redundanz hergestellt, um
sicherzustellen, daß zur Abführung der Wärme vom Reaktor-
kühlmittel stets eine ausreichende Sekundärkühlmittelzufuhr
erfolgt.

Fig. 2 zeigt eine Abwandlung der Notkühleinrichtung
nach Fig. 1, gemäß welcher eine Anzahl von temperaturab-
hängigen Strömungssteuereinrichtungen 80 in der das
Reaktorkühlmittel aus dem Reaktorkern 10 zur Gasturbine 28
zuleitenden Leitung 34 parallel geschaltet ist. Diese
Strömungssteuereinrichtungen 80 sprechen auf die Temperatur
des Reaktorkühlmittels an und regulieren die Menge des der
Gasturbine 28 zugeführten Reaktorkühlmittels. Diese Strömungs-
steuereinrichtungen 80, bei denen es sich um temperatur-
abhängige Ventile handeln kann, vergrößern die Menge des

zur Gasturbine 28 strömenden Reaktorkühlmittels, wenn dessen Temperatur hoch ist, und verringern die Menge dieses Kühlmittels, wenn seine Temperatur abnimmt. Dies kann beispielsweise dadurch erreicht werden, daß jede der Strömungssteuereinrichtungen 80 bei einer anderen Temperatur schließt bzw. den Kühlmittelstrom absperrt. Dadurch schließen sich bei abnehmender Temperatur des Reaktorkühlmittels zunächst eine und dann weitere Ventile, bis alle Strömungssteuereinrichtungen 80 bei kaltem Reaktor geschlossen sind. Die Temperaturabhängigkeit kann durch Verwendung von Mitteln wie der Bourdon-Röhre erfolgen, die zur Betätigung des pneumatischen Anlassers dient, mit der Ausnahme, daß bei abnehmender Temperatur die Strömungssteuereinrichtungen 80 die Kühlmittelströmung absperren müssen.

Durch Verwendung der Strömungssteuereinrichtungen 80 in der das Reaktorkühlmittel vom Reaktorkern 10 zur Gasturbine 28 zuleitenden Leitung 34 kann die Notwendigkeit der Abzweigung eines Anteils des aus dem Verdichter 32 zum Reaktorkern 10 strömenden Kühlmittels aus der Leitung 40 entfallen.

In dem letzteren Falle wird der Behälter 56 vor der Installation in der Notkühleinrichtung mit dem Anlaßtreibmittel gefüllt und unter Druck gesetzt und nur beim Auftreten Notzustandes benützt. Diese Abwandlung gegenüber der Anordnung nach Fig. 1 arbeitet kontinuierlich, bis der Reaktor

so weit abgekühlt ist, daß der Reaktorkern 10 nicht mehr soviel Wärme erzeugt, daß Schäden an der Konstruktion entstehen können.

Eine weitere Abwandlung ist schematisch in Fig. 3 dargestellt. Gemäß dieser Abwandlung ist eine zweite gasgetriebene Turbine 82, die nachstehend als Zusatzturbine bezeichnet wird, parallel zur Gasturbine 28 geschaltet. Das durch die Leitung 34 zuströmende Reaktorkühlmittel gelangt sowohl in die Gasturbine 28 als auch in die Zusatzturbine 82. Die Zusatzturbine 82 ist ebenso wie die Gasturbine 28 über das Getriebe 46 mechanisch mit der Umlaufpumpe 44 und mit einem Verdichter 32 gekuppelt und treibt diese an. Die Zusatzturbine 82 ist jedoch größer als die Gasturbine 28 und benötigt zum Betrieb Kühlmittel mit einer höheren Temperatur als die Gasturbine 28. Im Falle einer Notsituation werden sowohl die Zusatzturbine 82 als auch die Gasturbine 28 in Betrieb gesetzt. Wenn die Temperatur des Reaktorkühlmittels abnimmt, hört die Zusatzturbine 82 vor der Gasturbine 28 zu laufen auf und es stömt dann sämtliches Reaktorkühlmittel durch die noch in Betrieb befindliche Turbine 28. Steigt die Kühlmitteltemperatur dann wieder auf den Wert an, bei welchem die Zusatzturbine 82 arbeitet, so liefert die Turbine 28 die Antriebskraft zum Anlassen der größeren Zusatzturbine 82.

Bei dieser Anordnung arbeitet die kleinere Gasturbine 82 kontinuierlich, während die größere Zusatzturbinen 82 intermittierend arbeitet. Wie zuvor ist die Kühleinrichtung durch sorgfältige Anpassung der Charakteristiken der Turbinen 28 und 82 und der Verdichter 32 in der Lage, solange zu arbeiten, bis der Reaktorkern 10 nicht mehr so heiß werden kann, daß Beschädigungen eintreten können.

Die Erfindung beinhaltet also eine Notkühleinrichtung zur Abführung der Wärme aus einem Reaktor in Notsituationen, wobei keine externe Energiequelle erforderlich ist und die für eine Konvektionsströmung wesentliche schwerkraftmäßige Orientierung des Reaktors keine Rolle spielt.

Patentansprüche

1. Notkühleinrichtung für gasgekühlte Kernreaktoren, welche eine durch den Reaktorkern hindurchverlaufende Kühlgasschleife mit einem Wärmetauscher enthält, gekennzeichnet durch eine in die Kühlgasschleife (34, 36, 38, 40) eingeschaltete, von dem darin zirkulierenden Kühlgas angetriebene Gasturbine (28), weiter durch eine Sekundärkühlschleife (76, 78), die durch den genannten Wärmetauscher (48) mit der Kühlgasschleife gekoppelt ist, ferner durch einen in die Kühlgasschleife geschalteten Verdichter (32) und eine in die Sekundärkühlschleife geschaltete Umlaufpumpe (44), welche beide von der Gasturbine angetrieben werden, und durch eine Anlaßvorrichtung (52) für die Gasturbine.

2. Notkühleinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Anlaßvorrichtung (52) ein Behälter (56) zum Speichern von verdichtetem Gas zugeordnet ist.

3. Notkühleinrichtung nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch eine Anzapfleitung (62) zum Abzweigen eines Teils des aus dem Verdichter (32) kommenden Kühlgases in den genannten Behälter (56).

4. Notkühleinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch eine Anzahl von zwischen dem Reaktorkern (10) und der Gasturbine (28) parallel zueinander in die Kühlgasschleife (34, 36, 38, 40) eingeschalteten temperaturabhängigen Strömungssteuereinrichtungen (80), welche die Größe der Kühlgasströmung zur Turbine steuern.

5. Notkühleinrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Strömungssteuereinrichtungen (80) temperaturempfindliche Ventile sind.

6. Notkühleinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch eine parallel zur genannten Gasturbine (28) geschaltete Zusatzturbinen (82), die größer als die erstgenannte Gasturbine ist und eine höhere Treibgastemperatur als diese benötigt, und durch eine weitere Anlaßvorrichtung für diese Zusatzturbinen.

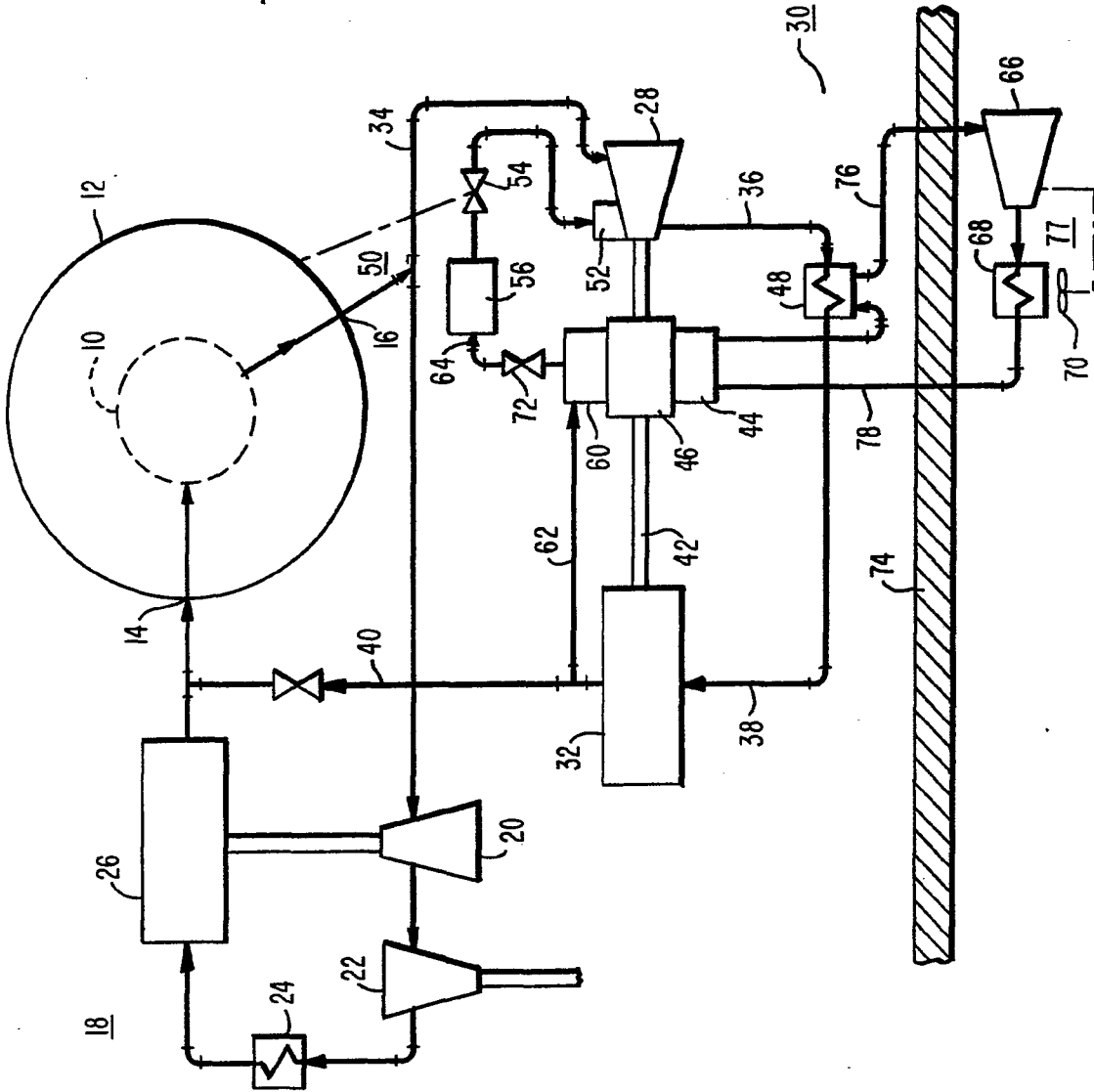
7. Notkühleinrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Zusatzturbinen (82) mechanisch mit der Umlaufpumpe (44) der Sekundärkühlschleife in Triebverbindung steht.

8. Notkühleinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch einen weiteren, in der Sekundärkühlschleife (76, 78) angeordneten Wärmetauscher (68) und eine

weitere, stromauf dieses weiteren Wärmetauschers in die Sekundärkühlschleife eingeschaltete und vom Sekundärkühlmittel angetriebene Turbine (66).

9. Notkühleinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, gekennzeichnet durch eine mit der Anlaßvorrichtung (52) verbundene, temperaturempfindliche Einrichtung (nicht dargestellt), welche die Temperatur im Reaktorkern überwacht und beim Überschreiten eines zulässigen Grenzwerts die Anlaßvorrichtung betätigt.

Fig. 1



W. 811

709807/0327

Westinghouse Electric Corporation

G21C 15-16 AT:03.08.1976 OT:17.02.1977

Fig. 3

