

19- BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Patentschrift  
11 DE 3039227 C2

51 Int. Cl. 3:  
G21 C 9/00

21 Aktenzeichen: P 30 39 227.9-33  
22 Anmeldetag: 17. 10. 80  
43 Offenlegungstag: 6. 5. 82  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 17. 5. 84

DE 3039227 C2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Naučno-proizvodstvennoe ob'edinenie Energija,  
Moskva, SU

74 Vertreter:

Nix, A., Dipl.-Ing. Dr.jur., Pat.-Anw., 6200 Wiesbaden

72 Erfinder:

Kudrjavzev, Boris Konstantinovič, Moskva, SU; Švez,  
Artem Jakovlevič, Lytkarino, Moskovskaja oblast',  
SU; Bulynin, Valerij Dmitrievič; Butareev, Boris  
Alksandrovič; Kamsky, Nikolaj Stepanovič;  
Kosenko, Vladimir Petrovič; Kapitanov, Alksandr  
Michailovič; Bašilov, Vladimir Animpadistovič,  
Moskva, SU

56 Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene  
Druckschriften nach § 44 PatG:

GB 12 70 139  
US 34 59 635

54 Verfahren zur Einschränkung von Betriebsstörungsauswirkungen im Atomkraftwerk und Anlage zu dessen  
Durchführung

DE 3039227 C2

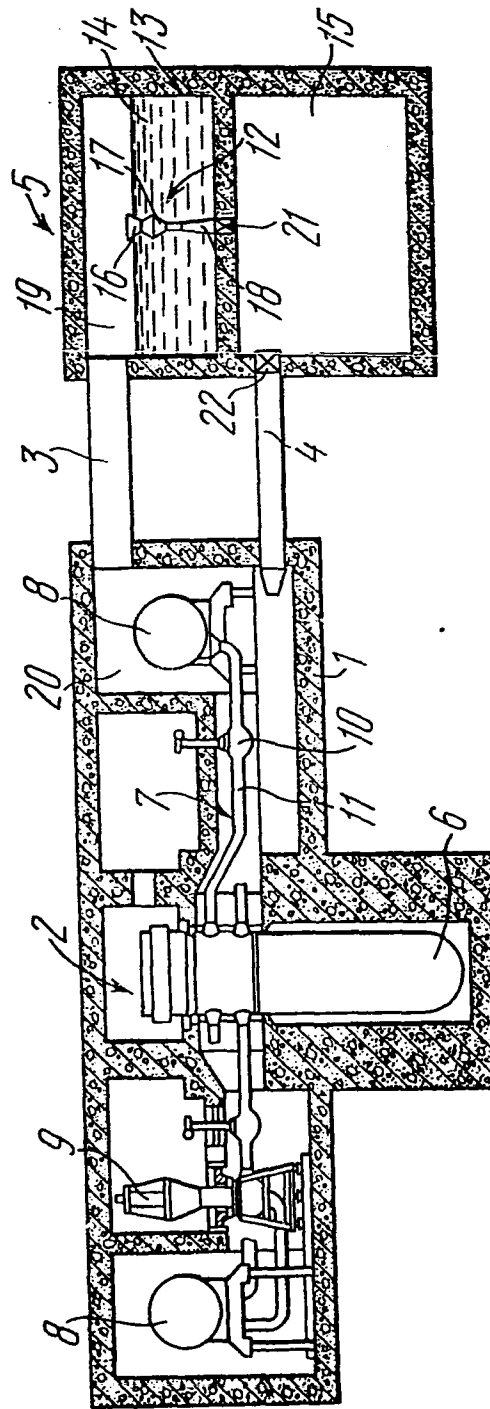


FIG. 1

## Patentansprüche:

1. Verfahren zur Einschränkung von Betriebsstö-  
 rungsauswirkungen in einem Atomkraftwerk, wel-  
 ches auf einem Bruch im oder einem Undichtwerden  
 des geschlossenen Wärmeträgerkreislaufs in der Re-  
 aktoranlage beruhen und eine teilweise Verdamp-  
 fung und ein Ausströmen des als Wärmeträger dien-  
 enden Hochtemperatur-Wassers zur Folge haben,  
 wobei der Wasserdampf aus dem bei der Betriebs-  
 störung entstehenden Dampf-Luft-Gemisch kondensiert  
 und dadurch der bei der Betriebsstörung ansteigende  
 Druck herabgesetzt wird, dadurch gekennzeichnet,  
 daß die Kondensation des Wasserdampfes in einem  
 gleichgerichteten Kühlflüssigkeitsstrom bei Über-  
 schallgeschwindigkeit des Dampf-Luft-Gemischs  
 relativ zur Kühlflüssigkeit durchgeführt wird,  
 die aus der Energie des bei der Betriebsstörung  
 entstandenen Wasserdampfes erzeugt wird.

2. Anlage zur Einschränkung von Betriebsstö-  
 rungsauswirkungen im Atomkraftwerk zur Durch-  
 führung des Verfahrens nach Anspruch 1 mit einer  
 luftabgedichteten Umhüllung, in der die Reaktor-  
 anlage untergebracht ist, und einer Einrichtung zur  
 zwangsläufigen Kondensation des Wasserdampfes  
 aus dem bei der Betriebsstörung entstehenden  
 Dampf-Luft-Gemisch, die mit der betreffenden Um-  
 hüllung in Verbindung steht, dadurch gekennzeich-  
 net, daß die Kondensationseinrichtung (5) zur  
 zwangsläufigen Kondensation des Wasserdampfes  
 zumindest einen Injektor (12, 28, 50) enthält, der eine  
 mit dem Innenraum (20) der luftabgedichteten Um-  
 hüllung (1) kommunizierende Überschalldüse (16,  
 49) aufweist, und einen Kühlflüssigkeitsbehälter (13,  
 29, 43) für die Kühlflüssigkeit (14), dessen von der  
 Flüssigkeit freier Innenraum (19) mit dem Innen-  
 raum (20) der luftabgedichteten Umhüllung (1) in  
 Verbindung gesetzt ist, während der mit der Kühl-  
 flüssigkeit (14) gefüllte Raum mit der Mischkammer  
 (17, 51) des Injektors (12, 28, 50) kommuniziert,  
 sowie einen Kondensatbehälter (15, 30, 53) zum An-  
 sammeln von Kondensat einschließt, der mit dem  
 Diffusor (18, 52) des Injektors (12, 28, 50) über ein  
 auf einen vorgeschriebenen Druckwert berechnetes  
 Sperrglied in Verbindung steht.

3. Anlage nach Anspruch 2, dadurch gekennzeich-  
 net, daß der Kondensatbehälter (15, 30) mit dem  
 Innenraum (20) der luftabgedichteten Umhüllung (1,  
 31) über ein Rückschlagablaßventil (22, 40) zwecks  
 Ableitung des Dampf-kondensats aus dem Kondensat-  
 behälter (15, 30) in die luftabgedichtete Umhül-  
 lung (1, 31) in Verbindung gebracht ist.

4. Anlage nach Anspruch 3, dadurch gekennzeich-  
 net, daß der Injektor (28, 50), Flüssigkeitsbehälter  
 (29, 43) für die Kühlflüssigkeit (14) und Kondensat-  
 behälter (30, 53) in der luftabgedichteten Umhül-  
 lung (31, 44) untergebracht sind, in der die Reaktor-  
 anlage (2) montiert ist.

5. Anlage nach Anspruch 3 oder 4, dadurch ge-  
 kennzeichnet, daß in der luftabgedichteten Umhül-  
 lung (1 oder 31) zumindest ein Dampf- und Luft-  
 stromsichter (23 oder 37) untergebracht wird, dessen  
 dampfseitiger Austritt (24 oder 38) mit der Über-  
 schalldüse (16) des Injektors (12 oder 28) kommuni-  
 ziert und seine Luftdüse (25 oder 39) im Bereich des  
 Kondensatabflusses aus dem Kondensatsammelbe-

hälter (15 oder 30) in die luftabgedichtete Umhül-  
 lung (1 oder 31) angeordnet ist.

6. Anlage nach Anspruch 4 oder 5, dadurch ge-  
 kennzeichnet, daß der Kühlflüssigkeitsbehälter (13  
 bzw. 29) mit der Kühlflüssigkeit (14) mit dem Innen-  
 raum (20) der luftabgedichteten Umhüllung (1 bzw.  
 31) mittels Rohrleitung (26 bzw. 41) mit Rück-  
 schlagventil (27 bzw. 42) in zusätzliche Verbindung  
 gesetzt ist, wobei die Austrittsmündung der Rohrlei-  
 tung (26 bzw. 41) im Bereich des Kondensatabflusses  
 aus dem Kondensatsammelbehälter (15 bzw. 30) in  
 die luftabgedichtete Umhüllung (1 bzw. 31) liegt.

7. Anlage nach Anspruch 4, dadurch gekennzeich-  
 net, daß bei Mehrschleifenausführung der Reaktor-  
 anlage (2) die luftabgedichtete Umhüllung (44) durch  
 einzelne Zwischenwände (45) in unabhängige Boxen  
 (46) eingeteilt wird, wobei in jeder zumindest eine  
 Schleife (47) der Reaktor-anlage (2) untergebracht  
 ist, während der Kühlflüssigkeitsbehälter (43) für die  
 Kühlflüssigkeit (14) luftdicht ausgeführt ist und  
 dessen von der Kühlflüssigkeit (14) freier Innenraum  
 (19) sowie der Kondensatsammelbehälter (53) mit  
 dem Innenraum jeder unabhängigen Box (46) ver-  
 mittels individueller Rückschlagventile (48, 55) in  
 Verbindung stehen.

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Ver-  
 fahren zur Einschränkung von Betriebsstörun-  
 gsauswirkungen in einem Atomkraftwerk nach dem Oberbegriff  
 des Anspruchs 1 und auf Anlagen zur Durchführung der  
 genannten Einschränkungsvorgänge nach dem Oberbegriff  
 des Anspruchs 2. Anlagen zur Einschränkung von  
 Betriebsstörun- gsauswirkungen in Atomkraftwerken, in  
 denen als Wärmeträger Hochtemperatur-Wasser dient,  
 sind notwendig zum Umweltschutz vor der radioaktiven  
 Verschmutzung, die durch Ausströmen und teilweisen  
 Verdampfung des Wärmeträgers beim Bruch oder Un-  
 dichtwerden im luftabgedichteten Wärmeträgerkreis-  
 lauf der Reaktor-anlage auftritt.

Bekannt ist ein Verfahren zur Einschränkung von Be-  
 tribsstörun- gsauswirkungen im Atomkraftwerk, das in  
 einer erzwungenen Kondensierung von Wasserdampf  
 aus dem infolge des Ausströmens und teilweiser Ver-  
 dampfung des Wärmeträgers beim Bruch bzw. Undicht-  
 werden im luftabgedichteten Wärmeträgerkreislauf der  
 Reaktor-anlage entstehenden Dampf-Luft-Gemisch mit  
 Hilfe des Durchwallens dieses Dampf-Luft-Gemisches  
 durch eine Wasserschicht und in der damit verbundenen  
 Herabsetzung des in der luftabgedichteten Umhüllung  
 bei der Betriebsstörung ansteigenden Drucks besteht  
 (siehe beispielsweise GB-PS 12 70 139).

Bekannt ist auch eine Anlage zur Durchführung des  
 genannten Einschränkungsvorganges, die eine luftabge-  
 dichtete Umhüllung, in der die Reaktor-anlage unterge-  
 bracht ist, und mit jener in Verbindung stehende Vor-  
 richtung zur erzwungenen Kondensierung des Wasser-  
 dampfes aus dem infolge der Betriebsstörung entste-  
 henden Dampf-Luft-Gemisch einschließt.

Diese Kondensationsvorrichtung zur zwangsläufigen  
 Kondensierung des Wasserdampfes stellt einen selbst-  
 ständigen, zum Teil mit Kühlwasser ausgefüllten Raum  
 und ein Rohrleitungssystem dar, unter dem das Dampf-  
 Luft-Gemisch aus der luftabgedichteten Umhüllung un-  
 ter die Wasserschicht in dem genannten selbständigen  
 Raum geleitet wird, in dem während des Durchwallens

des Dampf-Luft-Gemisches durch diese Wasserschicht die Wasserdampfkondensation stattfindet, wodurch auch der Druck in der luftabgedichteten Umhüllung begrenzt wird.

Beim Durchwallen des Dampf-Luft-Gemisches durch die Wasserschicht zwecks einer vollkommenen Kondensierung des Wasserdampfes muß eine geringe Strömungsgeschwindigkeit in bezug auf das Kühlwasser gehalten werden. In dieser Hinsicht müssen erhebliche Wasserflächen zur Verfügung stehen, um die infolge der Betriebsstörung entstandene Wasserdampfmenge zu kondensieren, was eine Vergrößerung der Abmessungen und Kosten der ganzen Anlage zur Einschränkung der Betriebsstörungsauswirkungen in einem Atomkraftwerk mit sich bringt.

Bekannt ist ein Verfahren zur Einschränkung der Betriebsstörungsauswirkungen im Atomkraftwerk, die mit dem Ausströmen und teilweiser Verdampfung des Wärmeträgers beim Bruch oder Undichtwerden des luftabgedichteten Wärmeträgerkreislaufes in der Reaktoranlage zusammenhängen, das in einer erzwungenen Kondensierung des Wasserdampfes aus bei der betreffenden Betriebsstörung entstehendem Dampf-Luft-Gemisch und in der damit verbundenen Herabsetzung des bei der Betriebsstörung in der luftabgedichteten, die Reaktoranlage umfassenden Umhüllung ansteigenden Drucks besteht (siehe beispielsweise US-PS 34 59 635). Die Kondensation des Wasserdampfes verläuft gemäß dem genannten Verfahren durch das Einspritzen einer Kühlflüssigkeit in das Dampf-Luft-Gemisch, was zu einer Steigerung der Geschwindigkeit der Kondensierung des Wasserdampfes infolge der Vergrößerung der Relativgeschwindigkeit des Dampf-Luft-Gemisches und der Kühlflüssigkeit führt.

Bekannt ist auch eine Anlage zur Durchführung des betreffenden Verfahrens, die eine luftabgedichtete, die Reaktoranlage umfassende Umhüllung und eine mit dieser in Verbindung stehende Vorrichtung zur erzwungenen Kondensierung des Wasserdampfes aus dem bei der Betriebsstörung entstehenden Dampf-Luft-Gemisch einschließt. Die genannte Kondensierungsvorrichtung zur zwangsläufigen Kondensation des Wasserdampfes hat einen Behälter mit Kühlflüssigkeit, eine Vorrichtung zum Einspritzen der Kühlflüssigkeit und einen unabhängigen Behälter, in den vermittels einer Pumpe das infolge der Betriebsstörung entstandene Dampf-Luft-Gemisch hineingeleitet wird.

In diesem Fall ist die Relativgeschwindigkeit des Dampf-Luft-Gemisches und der Kühlflüssigkeit durch die Leistung der diese Kühlflüssigkeit fördernden Kühlflüssigkeitseinspritzvorrichtung eingeschränkt. Daher bleibt die Kondensierungsschnelligkeit immer noch ungenügend und erhebliche Abmessungen des unabhängigen Behälters müssen zur Verfügung stehen, damit eine vollkommene Kondensierung der ganzen Menge des bei der Betriebsstörung entstandenen Wasserdampfes durchgeführt werden kann.

Darüber hinaus hängt die Wirksamkeit des Umweltschutzes durch die betreffende Anlage zur Einschränkung der Betriebsstörungsauswirkungen von der Zuverlässigkeit beim Ansprechen anderer Anlagen wie Kühlflüssigkeitseinspritzung, Förderpumpe zum Zuführen des Dampf-Luft-Gemisches aus der luftabgedichteten Umhüllung in den unabhängigen Behälter usw. ab.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Einschränkung von Betriebsstörungsauswirkungen im Atomkraftwerk gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 derart weiterzubilden, daß

die Kondensierungsgeschwindigkeit des Wasserdampfes aus dem bei der Betriebsstörung entstehenden Dampf-Luft-Gemisch wesentlich gesteigert wird, und eine Anlage zur Einschränkung von Betriebsstörungsauswirkungen im Atomkraftwerk zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zu entwickeln, bei der die Abmessungen wesentlich verkleinert sind und die Zuverlässigkeit des Umweltschutzes vor den radioaktiven Verschmutzungen erhöht ist, die der Betriebsstörung folgen.

Die gestellte Aufgabe wird bei dem Verfahren zur Einschränkung von Betriebsstörungsauswirkungen im Atomkraftwerk der eingangs genannten Art durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Die gestellte Aufgabe wird bei dem Verfahren zur Einschränkung von Betriebsstörungsauswirkungen im Atomkraftwerk zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens der eingangs genannten Art durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 2 gelöst.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die aufbaumäßige Ausführung der erfindungsgemäßen Anlage zur Einschränkung von Betriebsstörungsauswirkungen im Atomkraftwerk, in der das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt wird, ermöglicht eine Steigerung der Kondensierungsgeschwindigkeit bei der Kondensation des Wasserdampfes, der infolge der Betriebsstörung entstanden ist, eine Erhöhung der Zuverlässigkeit des Umweltschutzes vor den radioaktiven, infolge der Betriebsstörung auftretenden Verschmutzungen und eine wesentliche Herabsetzung der Abmessungen und Kosten der Anlage.

Nachstehend wird die Erfindung durch Beschreibung konkreter Beispiele und anhand von Zeichnungen näher erläutert; es zeigt

Fig. 1 die vorgeschlagene Anlage zur Einschränkung von Betriebsstörungsauswirkungen im Atomkraftwerk im Längsschnitt,

Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel der Anlage im Längsschnitt,

Fig. 3 eine weitere Abänderung der Ausführung der das Verfahren realisierenden Anlage im Längsschnitt;

Fig. 4 eine Ansicht in Richtung A der Fig. 3;

Fig. 5 noch eine andere Ausführungsvariante der Anlage im Längsschnitt;

Fig. 6 einen Schnitt VI-VI der Fig. 5.

Das Verfahren zur Einschränkung von Betriebsstörungsauswirkungen im Atomkraftwerk, die mit dem Ausströmen und teilweisen Verdampfen des Wärmeträgers beim Bruch oder Undichtwerden des luftabgedichteten Wärmeträgerkreislaufes in der Reaktoranlage zusammenhängen, besteht in einer erzwungenen Kondensierung des Wasserdampfes aus dem infolge der betreffenden Betriebsstörung entstehenden Dampf-Luft-Gemisch in einem Flüssigkeitsgleichstrom bei einer Überschallgeschwindigkeit der relativen Strömung des Dampf-Luft-Gemisches und Flüssigkeit, die durch die Energie des infolge der Betriebsstörung entstandenen Wasserdampfes zustandekommt, und in einer damit verbundenen Herabsetzung des bei der betreffenden Betriebsstörung ansteigenden Drucks in der luftabgedichteten Umhüllung.

Ein konkretes Beispiel der Durchführung des Verfahrens wird anhand der Anlage zur Einschränkung von Betriebsstörungsauswirkungen beschrieben, in der in einer luftabgedichteten Umhüllung die Atomreaktoranlage untergebracht ist.

Die Anlage zur Einschränkung von Betriebsstörungs-

auswirkungen im Atomkraftwerk, in der das Verfahren durchgeführt wird, enthält eine luftabgedichtete Umhüllung 1 (Fig. 1), die die Reaktoranlage 2 umfaßt und durch Rohre 3 und 4 mit einer Kondensationsvorrichtung 5 zur zwangsläufigen Kondensierung des bei der Betriebsstörung entstehenden Wasserdampfes verbunden ist.

Die Reaktoranlage 2 der Mehrschleifenausführung schließt unterschiedliche Ausrüstungen ein, in denen infolge einer Betriebsstörung ungünstige Verhältnisse auftreten. Zu den Ausrüstungen der Reaktoranlage 2 gehören ein Atomreaktor 6, ein luftabgedichteter Wärmeträgerkreislauf 7, bestehend aus Dampferzeugern 8, Pumpen 9, Schiebern 10, wobei alle mit dem Atomreaktor 6 durch eine Rohrleitung 11 in Verbindung gesetzt sind.

Es sind lediglich die Ausrüstungen der Reaktoranlage 2 aufgezählt worden, die in den Zeichnungen wiedergegeben sind.

Es versteht sich, daß die Reaktoranlage auch andere Ausrüstungen aufweisen kann, beispielsweise Ventilationsanlagen, die in den Zeichnungen nicht mit abgebildet sind, da sie nicht Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind.

Die Kondensationsvorrichtung 5 zur zwangsläufigen Kondensierung des Wasserdampfes enthält einen Injektor 12, Kühlflüssigkeitsbehälter 13 für die Kühlflüssigkeit 14, in diesem Fall für das Wasser 14, und Kondensatsammelbehälter 15. Der Injektor 12 besteht aus miteinander kommunizierenden Überschalldüse 16, Mischkammer 17 und Diffusor 18. Die Überschalldüse 16 des Injektors 12 steht über den vom Wasser 14 freien Innenraum 19 des Kühlflüssigkeitsbehälters 13 und das Rohr 3 mit dem Raum 20 der luftabgedichteten Umhüllung 1 in Verbindung. Die Mischkammer 17 kommuniziert mit dem Wasser 14 des Kühlflüssigkeitsbehälters 13.

Der Diffusor 18 des Injektors 12 steht mit dem Kondensatsammelbehälter 15 über ein auf den vorgeschriebenen Druckwert berechnetes Sperrglied, im vorliegenden Ausführungsbeispiel eine Zerreißmembran 21, in Verbindung. Als Sperrglied können auch Ventile oder Hydraulikverschlüsse ausgenutzt werden.

Zur Herstellung der Anlagenabmessungen wird der Kondensatsammelbehälter 15 mit dem Innenraum 20 der luftabgedichteten Umhüllung 1 durch das Rohr 4 mit in diesem eingebautem Rückschlagventil 22 zum Abfluß des Kondensats aus dem Kondensatsammelbehälter 15 in die luftabgedichtete Umhüllung 1 verbunden.

Zur Sicherung eines stabilen Betriebes des Injektors 12 (Fig. 2) am Ende der Betriebsstörung, wenn die Menge des aus der luftabgedichteten Umhüllung 1 tretenden Wasserdampfes infolge dessen Kondensation abnimmt, wird in der luftabgedichteten Umhüllung 1 ein Dampf-Luftsichter 23 untergebracht. In diesem Falle steht die Überschalldüse 16 des Injektors 12 mit dem Innenraum 20 der luftabgedichteten Umhüllung 1 über den vom Wasser 14 freien Raum 19 des Kühlflüssigkeitsbehälters 13, das Rohr 3 und der Dampf-Luftsichter 23 in Verbindung, wobei dessen dampfseitiger Austritt 24 mit dem Rohr 3 kommuniziert und die Luftdüse 25 im Bereich des Abflusses des Kondensats aus dem Kondensatsammelbehälter 15 in die luftabgedichtete Umhüllung 1 angeordnet ist.

In dieser Ausführungsvariante wird der Kühlflüssigkeitsbehälter 13 mit dem Innenraum 20 der luftabgedichteten Umhüllung 1 durch eine Rohrleitung 26 mit Rückschlagventil 27 zusätzlich verbunden, wobei die

Austrittsmündung der Rohrleitung 26 im Bereich des Ausflusses des Kondensats aus dem Kondensatsammelbehälter 15 in die luftabgedichtete Umhüllung 1 gelegt ist, was die Erhaltung einer kleineren Temperatur des Kondensats ermöglicht.

Bisher ist die Ausführung der Kondensationsvorrichtung zur erzwungenen Kondensierung des Wasserdampfes aus dem infolge der Betriebsstörung entstandenen Dampf-Luft-Gemisch beschrieben, in der nur ein Injektor zur Ausnutzung kommt. Jedoch kann zur Einschränkung der mit dem Undichtwerden in den Rohrleitungen unterschiedlicher Durchmesser in der Reaktoranlage zusammenhängenden Betriebsstörungsauswirkungen eine Mehrheit von Injektoren in der Zwangskondensationsvorrichtung erforderlich werden.

In Fig. 3 ist ein Ausführungsbeispiel der Anlage dargestellt, in der das Verfahren durchgeführt wird und in der ein Injektor 28, Kühlflüssigkeitsbehälter 29 mit dem Wasser 14 und ein Kondensatsammelbehälter 30 in einer luftabgedichteten Umhüllung 31 untergebracht sind, in der die Reaktoranlage 2 mit einem Atomreaktor 32, luftabgedichteten Wärmeträgerkreislauf 7 eingebaut ist, der mit Dampferzeugern 33, Pumpen 34 und Schiebern 35 ausgestattet ist, die alle über eine Rohrleitung 36 mit dem Atomreaktor 32 in Verbindung gesetzt sind. Diese Ausführung der Anlage ist besonders kompakt.

In der betrachteten Ausführung dieser Anlage zur Einschränkung der mit dem Undichtwerden in der Rohrleitung 36 der Reaktoranlage 2 zusammenhängenden Betriebsstörungsauswirkungen werden in der luftabgedichteten Umhüllung 31 Dampf-Luftsichter 37 untergebracht, deren dampfseitiger Austritt 38 über den vom Wasser 14 freien Raum 19 des Kühlflüssigkeitsbehälters 29 mit der Überschalldüse 16 der Injektoren 28 in Verbindung steht und die Luftdüsen 39 im Bereich des Kondensatabflusses aus dem Kondensatsammelbehälter 30 in die luftabgedichtete Umhüllung 31 liegen, d. h. in der Nähe des Rückschlagventils 40 zum Abfließen des Kondensats aus dem Kondensatsammelbehälter 30 in die luftdichte Umhüllung 31, das in diesem Fall unmittelbar in die Mantelwandung des Kondensatsammelbehälters 30 eingebaut ist.

Der Kühlflüssigkeitsbehälter 29 mit dem Kühlwasser 14 ist mit dem Innenraum 20 der luftabgedichteten Umhüllung 31 durch eine Rohrleitung 41 (Fig. 4) mit einem Rückschlagventil 42 zusätzlich verbunden, wobei die Austrittsmündung der Rohrleitung 41 im Bereich des Abflusses des Kondensats aus dessen Behälter 30 (Fig. 3) in die luftabgedichtete Umhüllung 31 gelegt ist.

In Fig. 5 ist eine Ausführungsvariante der Anlage dargestellt, in der zur Herabsetzung des Betriebsstörungseingriffsbereiches und Verkleinerung des Umfanges der der Betriebsstörung folgenden Arbeiten ein Kühlflüssigkeitsbehälter 43 mit dem Kühlwasser 14 luftabgedichtet ausgeführt wird, während eine luftabgedichtete Umhüllung 44 durch einzelne Zwischenwände 45 (Fig. 6) in selbständige Boxen 46 eingeteilt ist, wobei in jeder eine Schleife 47 der Reaktoranlage 2 liegt. Der von der Kühlflüssigkeit 14 (Fig. 5) freie Raum 19 des Kühlflüssigkeitsbehälters 43 ist über ein individuelles Rückschlagventil 48 mit dem Innenraum jeder selbständigen Box 46 verbunden. Die Innenräume der Boxen 46 zusammen bilden den Gesamtinnenraum 20 der luftabgedichteten Umhüllung 44.

Die Überschalldüsen 49 von Injektoren 50 kommunizieren mit dem Innenraum jeder selbständigen Box 46 d. h. mit dem Innenraum 20 der luftabgedichteten Umhüllung 44 über den vom Kühlwasser 14 freien Raum 19

und die Rückschlagventile 48. Das Kühlwasser 14 steht mit den Mischkammern 51 der Injektoren 50 in Verbindung. Die Diffusoren 52 der Injektoren 50 sind mit einem Kondensatsammelbehälter 53 über ein Sperrglied — die Zerreißmembran 54 — gekoppelt. Der Kondensatsammelbehälter 53 steht mit dem Innenraum jeder selbständigen Box 46 und damit auch mit dem Gesamtinnenraum 20 der luftabgedichteten Umhüllung 44 über individuelle Rückschlagventile 55 zum Abfluß des Kondensats aus dem Kondensatsammelbehälter 53 in die luftabgedichtete Umhüllung 44 in Verbindung. Die Rückschlagventile 55 werden an den in jede selbständige Box 46 einmündenden Enden der Rohrleitungen 56 eingebaut, deren andere Enden in den Kondensatsammelbehälter 53 hineinragen.

Hier ist ein Ausführungsbeispiel der Anlage beschrieben in deren selbständigen Boxen je eine Schleife der Reaktoranlage untergebracht ist. Jedoch können je nach dem getroffenen Aufbau in jeder selbständigen Box auch mehrere Schleifen der Reaktoranlage untergebracht werden.

Die Arbeitsweise der Anlage zur Einschränkung von Betriebsstörungsauswirkungen im Atomkraftwerk besteht im folgenden.

Beim Bruch oder Undichtwerden des luftabgedichteten Wärmeträgerkreislaufes 7 (Fig. 1) der Reaktoranlage 2 kommt es zum Ausströmen des Wärmeträgers in die luftabgedichtete Umhüllung unter dessen nachfolgender teilweiser Verdampfung wodurch dabei entstehende Dampf-Luft-Gemisch diese luftabgedichtete Umhüllung 1 ausfüllt und durch das Rohr 3 in die Kondensationsvorrichtung 5 zur zwangsläufigen Kondensierung des Wasserdampfes hineintritt. Bei dem vorgegebenen Druck zerreißt die Zerreißmembran 21 und durch die Überschalldüse 16 des Injektors 12 tritt das Dampf-Luft-Gemisch unter Verarbeitung eines gewissen Druckgefälles und dessen Beschleunigung in der Düse 16 in die Mischkammer 17 des Injektors 12 ein. Der Zerreißdruck, bei dem die Zerreißmembran 21 zerreißt, wird so gewählt, daß in der Düse 16 eine Überschallströmung des Dampf-Luft-Gemisches entsteht. In diesem Falle entsteht Druckdifferenz zwischen der Mischkammer 17 und dem Kühlflüssigkeitsbehälter 13 mit dem Kühlwasser 14, unter deren Einwirkung die Kühlflüssigkeit 14 in die Mischkammer 17 des Injektors 12 hineintritt. In der Mischkammer 17 kommt es zur Kondensation des Wasserdampfes im Gleichstrom mit der Kühlflüssigkeit, wobei das Dampf-Luft-Gemisch relativ zur Kühlflüssigkeit mit Überschallgeschwindigkeit strömt.

Die Kondensierungsschnelligkeit des Wasserdampfes übertrifft dabei um mehrere Größenordnungen die in einer beliebigen anderen Kondensationsvorrichtung, was eine Herabsetzung der Abmessungen der ganzen Anlage zur Einschränkung der Betriebsstörungsauswirkungen bewirkt.

Danach tritt das Kondensat in den Diffusor 18 des Injektors 12, in dem die kinetische Energie des Dampf-Luft-Gemisches in die potentielle Druckenergie umgewandelt wird. Das entstandene Kondensat mit der mitgeführten Luft gelangt in den Kondensatsammelbehälter. Ein Merkmal des Injektors 12 mit der Überschalldüse 16 besteht in der Möglichkeit, einen Druck an dessen Austritt zu erhalten, der den am Eintritt durch Ausnutzung der Dampfenergie übertrifft. In diesem Zusammenhang wird die aus der luftabgedichteten Umhüllung 1 mitgeführte Luft in dem Kondensatsammelbehälter 15 unter einen Überdruck geraten, wodurch die Abmes-

sungen der Anlage zusätzlich herabgesetzt werden.

Die Abmessungen der Anlage zur Einschränkung der Betriebsstörungsauswirkungen können noch einmal zusätzlich herabgesetzt werden, wenn der Kondensatsammelbehälter 15 durch die Rohrleitung 4 mit in dieser eingebautem Rückschlagventil 22 mit dem Innenraum 20 der luftabgedichteten Umhüllung 1 in Verbindung gebracht wird. In diesem Fall strömt die Luft und das Kondensat aus dem Behälter 15 in die luftabgedichtete Umhüllung 1 über, da der Druck im Kondensatsammelbehälter 15 den in der luftabgedichteten Umhüllung 1 übersteigt.

Am Ende der Betriebsstörungslage, wenn die Menge des Wasserdampfes infolge dessen Kondensat abzunehmen beginnt, hat die in Fig. 2 dargestellte Anlage eine stabile Betriebsweise des Injektors 12.

Bei dieser Ausführung der Anlage tritt das Dampf-Luft-Gemisch in den Dampf-Luftsichter 23 hinein, aus welchem der Wasserdampf nach dessen Sichtung über die Austrittsmündung 24 und das Rohr 3 in die Kondensationsvorrichtung zur erzwungenen Kondensierung 5 gelangt. Die durchgesichtete Luft tritt in die luftabgedichtete Umhüllung 1 hinein, da eine Unterdruckzone unmittelbar an der Luftdüse 25 infolge der zusätzlich verlaufenden Wasserdampfkondensierung im Bereich des Abflusses des Kondensats entsteht.

Zwecks Erhaltung einer geringeren Kondensattemperatur im Bereich des Kondensatabflusses wird die Kühlflüssigkeit 14 in die Abflußzone aus dem Kühlflüssigkeitsbehälter 13 durch die Rohrleitung 26 mit dem Rückschlagventil 27 zugeführt, das infolge der auftretenden Druckdifferenz zwischen der Abflußzone des Kondensats und dem Kühlflüssigkeitsbehälter 13 öffnet.

Bei der aufbaumäßigen Ausführung der in Fig. 3 wiedergegebenen Anlage wird die Zwangskondensationsvorrichtung 5 in der luftabgedichteten Umhüllung 31 untergebracht.

Bei einem Bruch oder Undichtwerden des luftabgedichteten Wärmeträgerkreislaufes 7 der Reaktoranlage 2 erfolgt ein Ausströmen des Wärmeträgers in die luftabgedichtete Umhüllung 31 unter dessen nachfolgender teilweiser Verdampfung, wodurch ein Dampf-Luft-Gemisch entsteht, das die luftabgedichtete Umhüllung 31 ausfüllt und über den vom Wasser 14 freien Raum 19 des Kühlflüssigkeitsbehälters 29 in den Injektor 28 hineintritt. Beim Erreichen eines bestimmten Druckwerts zerreißt die Membran 21, und das Dampf-Luft-Gemisch strömt unter Verarbeitung eines gewissen Wärmegefälles in der Überschalldüse 16 des Injektors 28 in die Mischkammer 17 des Injektors 28 hinein. Infolge der entstandenen Druckdifferenz in vom Wasser 14 freien Raum 19 und in der Mischkammer 17 des Injektors 28 tritt das Kühlwasser 14 in die Mischkammer 17 des Injektors 28 hinein, in der ja die Kondensierung des Wasserdampfes aus dem Dampf-Luft-Gemisch bei einer relativen Überschallströmungsgeschwindigkeit des Dampf-Luft-Gemisches und Kühlwassers 14 stattfindet. Über den Diffusor 18 des Injektors 28 fließt das Kondensat in den Kondensatsammelbehälter 30 herab, dessen Inhalt bei der betreffenden aufbaumäßigen Ausführung der Einschränkungsanlage nur aus den Anlaßbedingungen des Injektors 28 ermittelt wird.

Steigt der Druck im Kondensatsammelbehälter 30 über den in der luftabgedichteten Umhüllung 31, so öffnet das Rückschlagventil 40, durch welches dann das Kondensat im Gemisch mit der Luft in die luftabgedichtete Umhüllung 31 abfließt. Im betreffenden Beispiel wird auch eine Abscheidung der Luft aus dem Dampf-

Luft-Gemisch im Dampf-Luftsichter 37 zwecks Erhaltung eines stabilen Betriebes des Injektors 28 am Ende der Betriebsstörungslage beim Absinken des Wasserdampfdurchsatzes vorgenommen. Das Dampf-Luft-Gemisch tritt hierbei in den Dampf-Luftsichter 37 und aus diesem wird der Wasserdampf nach der Abscheidung über die dampfseitige Austrittsmündung 38 in den von der Kühlflüssigkeit 14 freien Raum 19 eingeleitet, während die schwerere Komponente Luft dank der Bildung einer Unterdruckzone am Austritt aus der Luftdüse 39 des Dampf-Luftsichters 37 in die luftabgedichtete Umhüllung 31 abgeführt wird. Die genannte Unterdruckzone bildet sich infolge einer zusätzlichen Kondensierung des Wasserdampfes am Kondensatstrahl, der aus dem Kondensatsammelbehälter 30 herausströmt. Zu einer zusätzlichen Abkühlung des aus dem Kondensatsammelbehälter 30 herausströmenden Kondensats wird der genannten Unterdruckzone die Kühlflüssigkeit 14 aus dem Kühlflüssigkeitsbehälter 29 durch die Rohrleitung 41 (Fig. 4) mit in dieser eingebautem Rückschlagventil 42 zugegeben, das beim Erreichen der Druckdifferenz zwischen der Abflußzone des Kondensats am Behälter 30 und dem Kühlflüssigkeitsbehälter 29 öffnet.

Bei einer Mehrschleifenausführung der Kernreaktoranlage ist die in Fig. 5 und 6 gezeigte Anlage am zweckmäßigsten anzuwenden. Da die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Betriebsstörung in allen Schleifen 47 des Kernreaktors 2 zugleich sehr gering ist, ist bei dieser aufbaumäßigen Ausführung die luftabgedichtete Umhüllung 44 durch einzelne Zwischenwände 45 in selbständige Boxen 46 eingeteilt. Beim Bruch oder Undichtwerden in einer der Schleifen 47 der Kernreaktoranlage 2 tritt das Ausströmen unter nachfolgender teilweiser Verdampfung des Wärmeträgers nur in einer selbständigen Box 46 auf. Durch das Rückschlagventil 48 und den von der Kühlflüssigkeit 14 freien Raum 19 des Kühlflüssigkeitsbehälters 43 tritt das bei der Betriebsstörung gebildete Dampf-Luft-Gemisch in den Kühlflüssigkeitsbehälter 43 hinein. Beim vorgegebenen Druck zerreißt die Zerreißmembran 54, und das Dampf-Luft-Gemisch gelangt unter dessen Beschleunigung in der Überschalldüse 49 des Injektors 50 in die Mischkammer 51, in die infolge der entstehenden Druckdifferenz auch die Kühlflüssigkeit 14 eingesaugt wird. Das dabei entstehende Kondensat wird durch den die kinetische Energie des Dampf-Luft-Gemisches in die potentielle Druckenergie umwandelnden Diffusor 52 dem Kondensatsammelbehälter 53 zugeführt. Der Inhalt dieses Kondensatsammelbehälters 53 wird so klein wie möglich von der Anlaßbedingung des Injektors 50 ausgehend gewählt. Deshalb steigt im Behälter 53 der Druck bei dessen Ausfüllung mit dem Kondensat an. Steigt der genannte Druck über den in einer ohne Betriebsstörung arbeitenden selbständigen Box 46, so tritt das Kondensat über die Rohrleitung 56 und das Rückschlagventil 55 in die selbständige Box 46 hinein. Diese aufbaumäßige Ausführung ermöglicht die Einschränkung der Betriebsstörungszone und Herabsetzung des Umfanges der der Betriebsstörung nachfolgenden Arbeiten.

Die passive Wirkungsweise der Einzelteile der Anlage zur Einschränkung von Betriebsstörungsauswirkungen, die keine Eingriffe der Bedienungspersonen und keine Anwendung von Folgesystemen der Lage in der luftabgedichteten Umhüllung erfordert, bringt eine wesentliche Erhöhung der Ansprechbarkeit der ganzen Anlage und dadurch einen sicheren Schutz vor radioaktiven Verschmutzungen mit sich.

Das Verfahren zur Einschränkung von Betriebsstö-

rungsauswirkungen am Atomkraftwerk, die mit einem Bruch oder Undichtwerden des luftabgedichteten Wärmeträgerkreislaufes in der Kernreaktoranlage zusammenhängen, und die Anlage zur Durchführung dieses Verfahrens geben die Möglichkeit, ohne Einnischung von Menschen die Folgen einer Betriebsstörung am Atomkraftwerk zu beseitigen. Eine große Zuverlässigkeit beim Ansprechen der Anlage sichert eine hohe Wirksamkeit des Umweltschutzes vor den einer Betriebsstörung folgenden radioaktiven Verschmutzungen.

Das sehr wirksame Verfahren zur Einschränkung von Betriebsstörungsauswirkungen ermöglicht eine mehr als 3fache Herabsetzung der Abmessungen der Anlage im Vergleich mit den bekannten Anlagen.

Die erhöhte Zuverlässigkeit, Herabsetzung der Abmessungen der Anlage und Einfachheit der Ausführung geben die Möglichkeit, die Investitionen beim Aufbau der Atomkraftwerke mit dem Wärmeträger unter Druck herabzusetzen und die Anlage auch in den im Betrieb befindlichen Atomkraftwerken mit geringeren Aufwendungen anzuwenden.

---

Hierzu 5 Blatt Zeichnungen

---

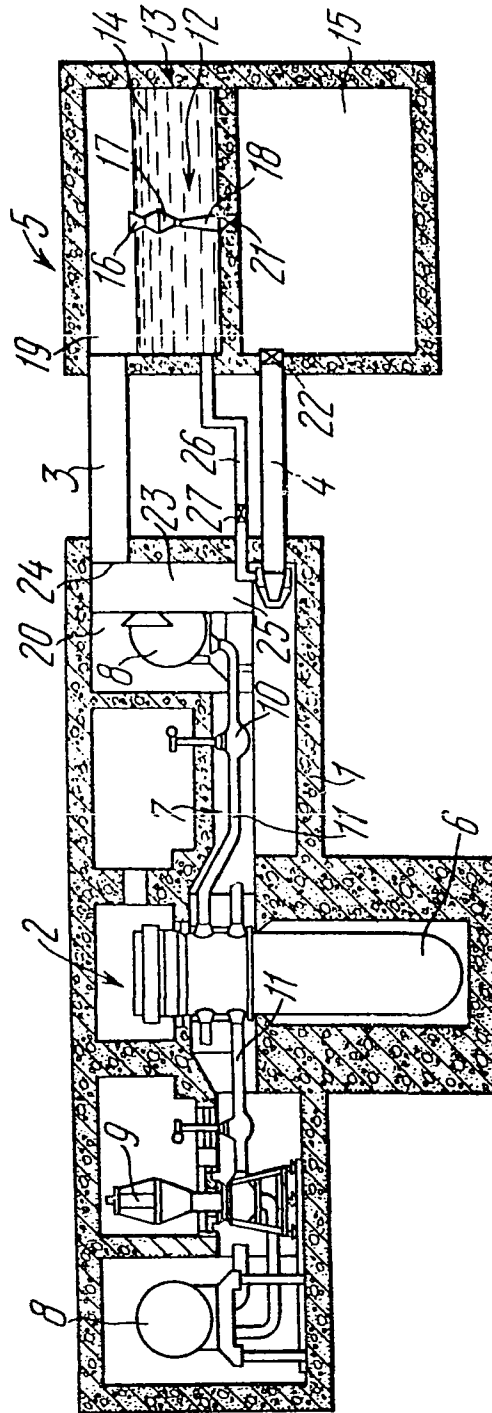
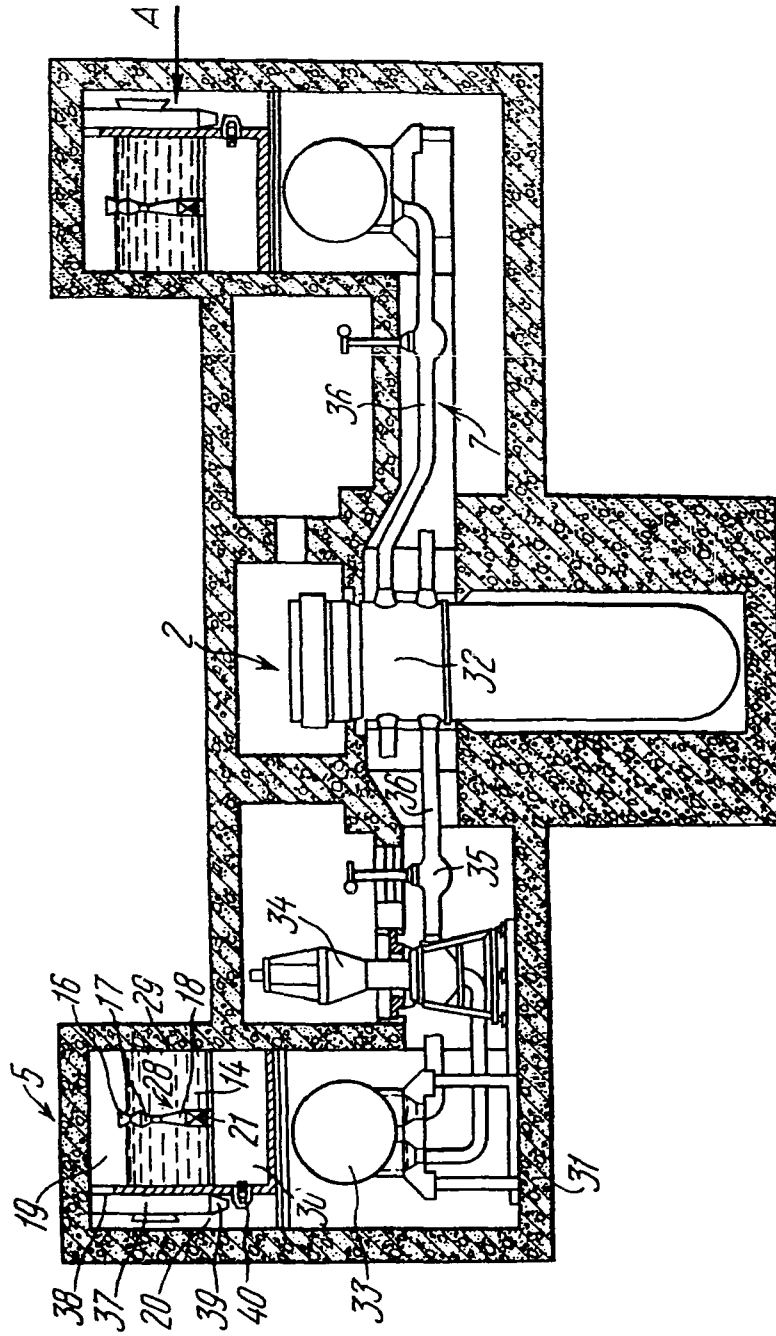


FIG. 2





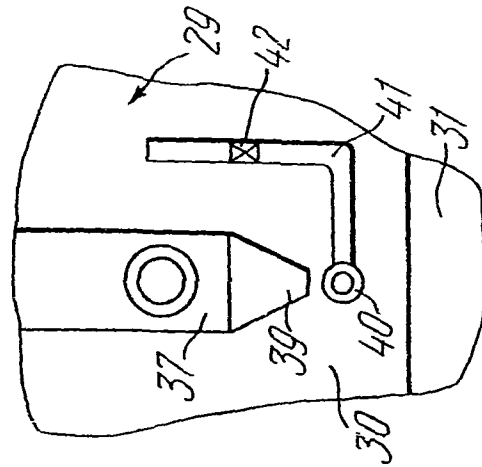


FIG. 4

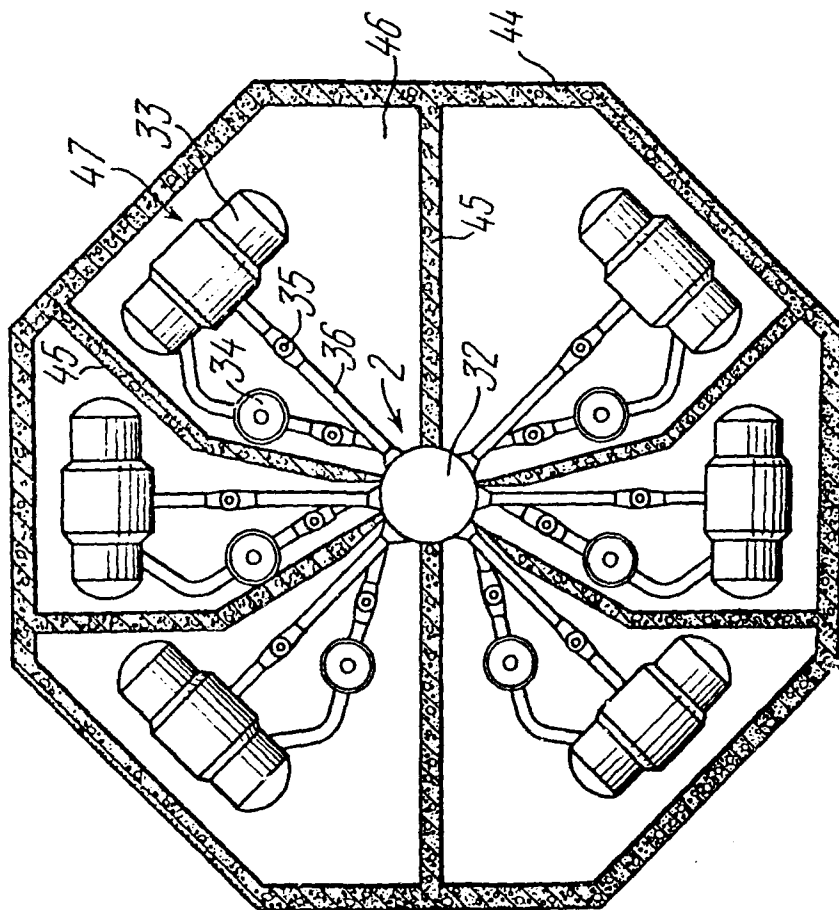


FIG. 6

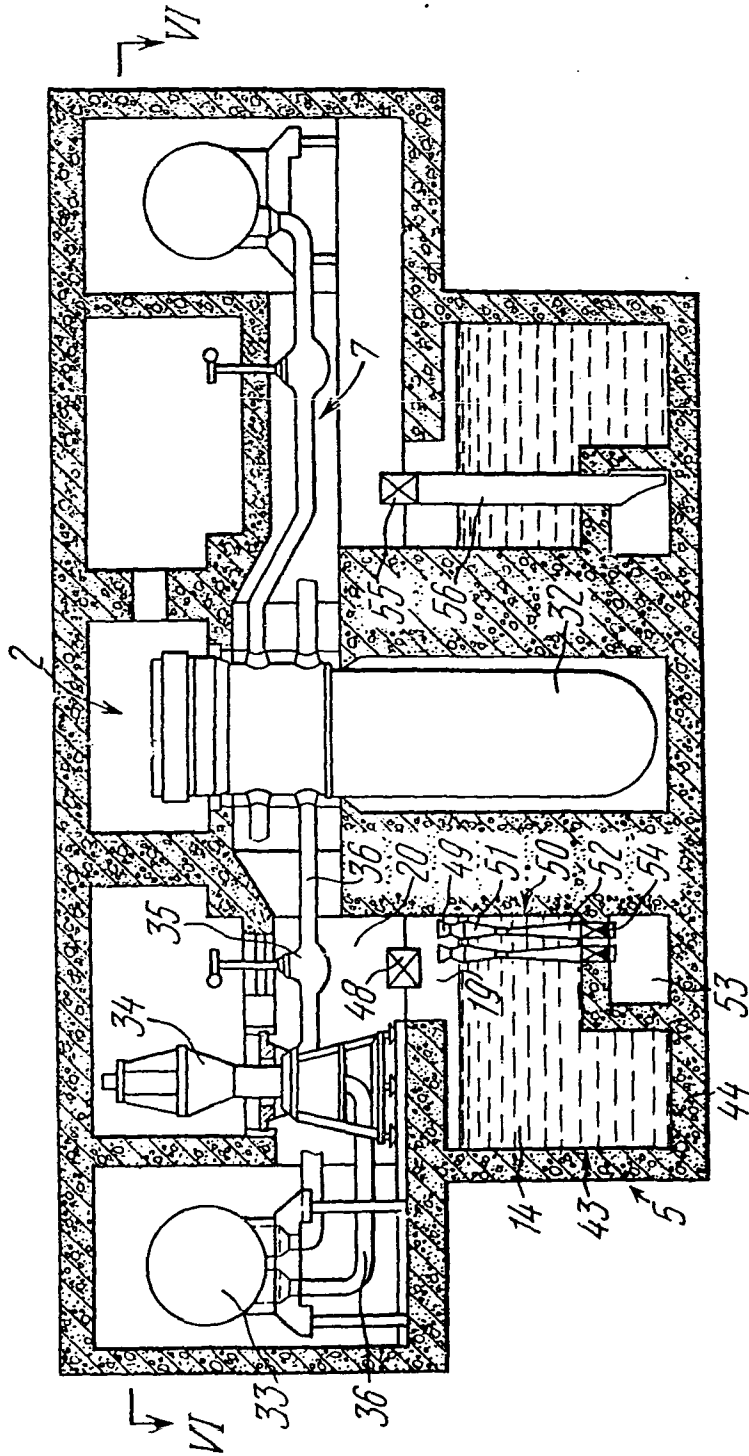


FIG. 5