(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer: **0 439 765 B1**

(12) # EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag der Patentschrift: **03.05.95**

(51) Int. Cl.[6]: **F22B 35/08**, F22B 35/02, F22B 29/02, F22B 37/14, F22D 5/26

(21) Anmeldenummer: **90124271.9**

(22) Anmeldetag: **14.12.90**

(54) **Dampferzeuger.**

(30) Priorität: **31.01.90 EP 90101940**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
07.08.91 Patentblatt 91/32

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
03.05.95 Patentblatt 95/18

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE DK FR GB IT LI

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 025 975
BE-A- 641 884
DE-A- 3 242 968
NL-A- 6 910 208
US-A- 3 213 835
US-A- 3 297 004

G. Klefenz: "Die Regelung von Dampfkraftwerken" 1985, Bibliografisches Institut, Mannheim

(73) Patentinhaber: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
Wittelsbacherplatz 2
D-80333 München (DE)

(72) Erfinder: **Wittchow, Eberhard, Dipl.-Ing.**
Schronfeld 96
W-8520 Erlangen (DE)
Erfinder: **Franke, Joachim, Dr.**
Hagenhausen 111
W-8503 Altdorf (DE)
Erfinder: **Vollmer, Wolfgang, Dipl.-Ing.**
Reuthlehenstrasse 53
W-8520 Erlangen (DE)

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 0 439 765 B1

Beschreibung

Aus der belgischen Patentschrift 641 884 ist ein Dampferzeuger mit einem Gaszug bekannt, der Brenner für fossilen Brennstoff und eine gasdichte Rohrwand aufweist. Ferner sind ein Eintrittssammler und ein Austrittssammler für die Rohre der gasdichten Rohrwand vorgesehen. Der Austrittssammler hat ein höheres örtliches Niveau als der Eintrittssammler.

Ein Fallrohr ist außerhalb des Gaszuges angeordnet und verbindet durchflußmäßig eine Mischkammer mit dem Eintrittssammler. An dieser Mischkammer ist sowohl eine Speisewasserleitung, die einen Economiser aufweist, als auch eine Rohrleitung angeschlossen. In dieser Rohrleitung befindet sich eine Umwälzpumpe, die im Stillstand den Umlauf im Fallrohr sperrt und die saugseitig mit dem Austrittssammler und druckseitig über ein Ventil mit der Mischkammer durchflußmäßig verbunden ist.

Vom Austrittssammler führt eine Rohrleitung zu mehreren hintereinandergeschalteten Nachheizflächen.

Eine Regeleinrichtung beeinflußt über ein Ventil den Speisewasserstrom in den Economiser, der sich in der Speisewasserleitung befindet. Diese Regeleinrichtung erfaßt als Regelgröße Dampftemperatur und Dampfdruck in der Verbindungsleitung zwischen der letzten Nachheizfläche und einer Dampfturbine.

Der bekannte Dampferzeuger wird mit überkritischem Druck betrieben, und die saugseitig mit dem Austrittssammler und druckseitig über das Ventil mit der Mischkammer durchflußmäßig verbundene Umwälzpumpe fördert deshalb nur das einphasige Medium, das bei überkritischem Druck im Austrittssammler anfällt. Ein zweiphasiges Medium aber kann diese Umwälzpumpe nicht fördern, da sie durch Kavitation in kürzester Zeit zerstört sein würde, so daß ein Betrieb des Dampferzeugers bei unterkritischem Druck und damit Gleitdruckbetrieb dieses Dampferzeugers nicht möglich ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Gleitdruckbetrieb des Dampferzeugers zu ermöglichen.

Diese Aufgabe löst ein Dampferzeuger entsprechend Patentanspruch 1.

Bei diesem Dampferzeuger ist kräftiger Umlauf durch das Fallrohr und die Rohre der gasdichten Rohrwand sogar ohne Einsatz einer Umwälzpumpe gewahrleistet, so daß Gleitdruckbetrieb des Dampferzeugers d.h. Betrieb mit überkritischem, kritischem und unterkritischem Druck möglich ist.

Die Regeleinrichtung, die eine der Regelgrößen a) bis e) erfaßt, bleibt nicht nur bei unterkritischem, sondern auch bei kritischem und überkritischem Druck im Dampferzeuger und damit im gesamten Gleitdruckbereich des Dampferzeugers funktionsfähig, während die Regeleinrichtung, die die Regelgröße f) erfaßt, zwar nur solange betrieben werden kann, wie der Druck im Dampferzeuger unterhalb des kritischen Drucks ist, dafür aber sehr schnell auf Änderungen der Wärmeleistung reagiert kann, die auf das im Dampferzeuger verdampfende Wasser übertragen wird.

Bei unterkritischem Druck führen in dem Dampferzeuger Laständerungen selbsttätig zu Änderungen der Länge der zum Überhitzen des erzeugten Dampfs zur Verfügung stehenden Heizfläche, da das Verdampfungsende des Wassers nicht durch den Wasserstand im Austrittssammler festgehalten wird, und die Temperatur des die Nachheizflächen verlassenden Dampfes bleibt trotz Laständerungen konstant.

Bei diesem Dampferzeuger wird also anstelle der an sich bekannten Wasserstandsregelung an der Trommel eines Trommelkessels eine Regelung auf mindestens eine der Regelgrößen a) bis f), also keine Wasserstandsregelung am Austrittssammler durchgeführt.

Ein Betrieb des Dampferzeugers mit kritischem bzw. Überkritischem Druck bei Vollast und mit Gleitdruck bei Teillast (die Antriebsleistung der Speisepumpe kann reduziert werden) ist vorteilhaft zum Erzielen eines hohen thermischen Wirkungsgrad eines Kraftwerks, zu dem der Dampferzeuger gehört. Durch diesen hohen thermischen Wirkungsgrad wird ein geringer Brennstoffverbrauch und damit auch eine geringe Schadstoff-, insbesondere Kohlendioxidemission des Kraftwerks erreicht.

Das Fallrohr des Dampferzeugers ermöglicht einen Umlauf durch die Rohre der gasdichten Rohrwand sogar ohne einen Zwang ausübende Pumpe im Fallrohr unabhängig davon, ob im Dampferzeuger unterkritischer, kritischer oder überkritischer Druck herrscht. Dieser Umlauf kann einen hohen Massenstrom in den Rohren der gasdichten Rohrwand und damit eine gute Kühlung dieser Rohre auch dann bewirken, wenn dem Dampferzeuger nur ein verhältnismäßig geringer Speisewasserstrom zugeführt wird. Deshalb kann der Dampferzeuger für verhältnismäßig geringe Dampfleistungen ausgelegt sein, was z.B. in umweltfreundlichen Heizkraftwerken von Vorteil ist.

Die Ausbildung des erfindungsgemäßen Dampferzeugers entsprechend Patentanspruch 2 bewirkt eine schnell ansprechende und besonders genaue Regelung des Speisewasserstroms in der Speisewasserleitung.

Die Rohre der gasdichten Rohrwand des Dampferzeugers können entsprechend Patentanspruch 3 vertikal angeordnet sein, so daß der Dampferzeuger besonders kostengünstig hergestellt werden kann. Der Umlauf durch diese vertikal

angeordneten Rohre der Rohrwand kann wegen des optimal geringen Strömungswiderstands in den Rohren sogar ein Naturumlauf sein.

Die Patentansprüche 4 bis 12 und 16 sind auf vorteilhafte Weiterbildungen gerichtet, mit denen ein hoher Umlauf durch das Fallrohr und die Rohre der gasdichten Rohrwand hindurch auch bei hohem Druck, insbesondere bei überkritischem Druck im Dampferzeuger erzeugt wird.

Patentanspruch 13 ist auf eine Weiterbildung gerichtet, die das Anfahren des Dampferzeugers erleichtert. Die weiteren Unteransprüche 14 und 15 gehen auf überlagerte und/oder ablösende Regelungen ein.

Die Erfindung und ihre Vorteile sind anhand der Zeichnung an Ausführungsbeispielen näher erläutert:

FIG 1 zeigt in perspektivischer Ansicht und stark schematisiert den Gaszug eines erfindungsgemäßen Dampferzeugers.

Figuren 2, 3, 5, 6 und 14 zeigen vereinfacht jeweils ein Durchflußschema des erfindungsgemäßen Dampferzeugers mit dem Gaszug nach FIG 1 und mit zugehöriger Regeleinrichtung.

FIG 4 zeigt im Querschnitt einen Meßgrößenaufnehmer für die Bestimmung der an die gasdichte Rohrwand des Dampferzeugers nach FIG 3 übertragene Wärmeleistung.

Figuren 7 bis 13 zeigen schematisch vorteilhafte Weiterbildungen am erfindungsgemäßen Dampferzeuger.

FIG 15 zeigt im Längsschnitt und schematisiert Meßgrößenaufnehmer für die Bestimmung der Restfeuchte des Dampfes in der Dampfleitung des Dampferzeugers nach FIG 14.

Der vertikale Gaszug nach FIG 1 mit rechteckigem Querschnitt ist durch eine gasdichte Rohrwand 2 gebildet, die am Unterende des Gaszuges in einen Boden 3 in Form eines Trichters übergeht. In den schrägen Seiten des Bodens 3 verlaufen die Rohre 4 in Längsschnittebenen des Gaszuges, ansonsten sind die Rohre 4 der Rohrwand 2 vertikal angeordnet. Ferner sind alle Rohre 4 der Rohrwand 2 und des Bodens 3 an ihren Längsseiten gasdicht miteinander verschweißt. Der Boden 3 bildet eine nicht dargestellte Austragsöffnung für Asche.

Im unteren Teil der Rohrwand 2 des vertikalen Gaszuges sind sechs Brenner für fossilen Brennstoff in jeweils einer Öffnung 99 in der Rohrwand 2 angebracht. An einer solchen Öffnung sind Rohre 4 der Rohrwand 2 gekrümmt und verlaufen auf der Außenseite des vertikalen Gaszuges. Ähnliche Öffnungen können auch für Luftdüsen, Rauchgasdüsen, Rußbläser etc. gebildet sein.

Die Rohre 4 der Rohrwand 2 sind mit ihren durch ihre Unterenden gebildeten Eintrittsenden an Eintrittssammlern 6 und mit ihren durch ihre Oberenden gebildeten Austrittsenden an Austrittssammlern 7 angeschlossen. Die Austrittssammler 7 und die Eintrittssammler 6 befinden sich außerhalb des Gaszuges. Die Austrittssammler 7 haben ein örtlich höheres Niveau als die Eintrittssammler 6. Ferner ist jeder Austrittssammler 7 mit vertikalen Fallrohren 8, die sich ebenfalls außerhalb des Gaszuges befinden, mit dem Eintrittssammler 6 durchflußmäßig verbunden, an dem auch die Rohre 4 der Rohrwand 2 angeschlossen sind, die in diesen Austrittssammler 7 münden.

Wie FIG 2 zeigt, führt in den Austrittssammler 7 eine Speisewasserleitung 47, die einen Economiser (Speisewasservorwärmer) 48 enthält. Dieser Economiser 48 ist durch einen Eintrittssammler, einen Austrittssammler und diese beiden Sammler durchflußmäßig verbindende Heizflächenrohre gebildet, die in FIG 1 nicht dargestellt sind und als Heizfläche innerhalb eines Gaszuges angeordnet sind, der sich an den Gaszug nach FIG 1 an dessen Oberende anschließt. Vor dem Economiser 48 befindet sich in der Speisewasserleitung 47 ein Regelventil 9 mit einem Motorantrieb 10.

Von der Oberseite des Austrittssammlers 7 geht eine Dampfleitung 11 ab, die zwei durchflußmäßig in Serie geschaltete Nachheizflächen 12 und 13 und einen zwischen diesen beiden Nachheizflächen 12 und 13 geschalteten Wasserabscheider 14 enthält. Damit sind der Austrittssammler 7, die Dampfleitung 11, die Nachheizflächen 12 und 13 und der Wasserabscheider 14 durchflußmäßig miteinander verbunden und in Serie geschaltet. Die in FIG 1 nicht dargestellten Nachheizflächen 12 und 13 weisen Heizflächenrohre mit Eintritts- und Austrittssammler auf und sind innerhalb des Gaszuges angeordnet, der sich an den Gaszug nach FIG 1 an dessen Oberende anschließt.

Vom unteren Teil des Wasserabscheiders 14 führt eine Ablaufleitung 15, die ein Ablaufregelventil 16 mit einem Motorantrieb 17 enthält, zu einem Behälter oder zu einer Pumpe, die in FIG 2 nicht dargestellt sind.

Der Austrittssammler 7 ist mit einem Höhenstandsmesser 21 (z.B. Schwimmer) zur Messung des Wasserstandes im Austrittssammler 7 versehen.

Die in der Dampfleitung 11 dem Austrittssammler 7 durchflußmäßig unmittelbar nachgeschaltete Nachheizfläche 12 weist an ihrem Austrittsende eine Vorrichtung 22 (z.B. Thermoelement) auf, die entweder die Dampftemperatur an diesem Austrittsende oder die dieser Dampftemperatur entsprechende Materialtemperatur an diesem Austrittsende mißt. Ferner ist dieses Austrittsende der Nachheizfläche 12 mit einer Vorrichtung 23 (z.B. Federdruckmesser als Druckgeber) zum Messen des Dampfdruckes an diesem Austrittsende versehen.

In der Speisewasserleitung 47 befindet sich ein Speisewasserdurchflußmesser 24 (Speisewassermenge pro Zeiteinheit), der durchflußmäßig dem Economiser 48 vor- und dem Regelventil 9 nachgeschaltet ist.

Regelventil 9 mit Motorantrieb 10, Vorrichtung 22 zur Messung der Dampftemperatur oder einer der Dampftemperatur entsprechenden Materialtemperatur und Vorrichtung 23 zur Messung des Dampfdruckes sowie Speisewasserdurchflußmesser 24 gehören zu einer Regeleinrichtung des Dampferzeugers zum Beeinflussen des Speisewasserstromes in den Dampferzeuger. Diese Regeleinrichtung weist ferner einen Meßumformer 25 (Signalumformer) für die Vorrichtung 22 zur Messung der Dampftemperatur oder einer der Dampftemperatur entsprechenden Materialtemperatur, einen Meßumformer 26 für die Vorrichtung 23 zur Messung des Dampfdruckes und einen Meßumformer 27 für den Speisewasserdurchflußmesser 24 auf.

Die Meßumformer 25 und 26 geben je ein Ausgangssignal an eine einen Rechner aufweisende Vorrichtung 28 zum Bestimmen der Dampfenthalpie aus den Größen Dampftemperatur und Dampfdruck ab, die die Vorrichtungen 22 und 23 messen. Die Vorrichtung 28 zum Bestimmen der Dampfenthalpie gibt an ihrem Ausgang wiederum ein Signal an einen Regler 29 ab, der mit einem Sollwerteinsteller 30 versehen ist.

Das Ausgangssignal des Reglers 29 und das Ausgangssignal eines Sollwerteinstellers 35 sind zu einem Maximalwert-Auswahlgerät 36 geführt, dessen Ausgangssignal zu einem Regler 37 geführt ist. Zum Regler 37 ist ferner das Ausgangssignal des Meßumformers 27 geführt.

Der Wasserabscheider 14 ist mit einem Höhenstandsmesser 31 zur Messung des Wasserstandes im Wasserabscheider 14 versehen. Von einem Meßumformer 32 des Höhenstandsmessers 31 ist ein Ausgangssignal zu einem Regler 33 geführt, der mit einem Sollwerteinsteller 34 versehen ist und der auf den Motorantrieb 17 des Ablaufregelventils 16 einwirkt.

Beim Anfahren des Dampferzeugers werden vor dem Zünden der Brenner in den Öffnungen 99 nach FIG 1 zunächst die Speisewasserleitung 47 mit dem Economiser 48, der Eintrittssammler 6, die Rohre 4 der Rohrwand 2, sowie die Fallrohre 8 solange mit Speisewasser gefüllt, bis im Austrittssammler 7 mit dem Höhenstandsmesser 21 ein Wasserstand gemessen wird. Damit wird erreicht, daß unmittelbar nach dem Zünden der Brenner ein Naturumlauf einsetzen kann, der die stark beheizten Rohre 4 der Rohrwand 2 sicher kühlt. Zum Zeitpunkt des Zündens des ersten Brenners ist der Regler 29 noch ausgeschaltet, so daß er kein wirksames Ausgangssignal hat. Mit dem Sollwerteinsteller 35 ist ein bestimmter Sollwert für den mit dem Speisewasserdurchflußmesser 24 gemessenen Speisewasserstrom vorgegeben, der über das Maximalwert-Auswahlgerät 36 auf den Regler 37 wirkt und mit dem Regelventil 9 über den Motorantrieb 10 den vom Sollwerteinsteller 35 vorgegebenen Speisewasserstrom zum Austrittssammler 7 einstellt.

Nach dem Zünden eines oder mehrerer der Brenner in den Öffnungen 99 beginnt in den Rohren 4 der Rohrwand 2 die Dampferzeugung. Dadurch setzt in den Rohren 4 der Rohrwand 2 sowie in den Fallrohren 8 ein Naturumlauf ein. Der in den Rohren 4 der Rohrwand 2 erzeugte Dampf stößt Wasser aus den Rohren 4 aus. Dieses ausgestoßene Wasser läßt den Wasserstand über den Austrittssammler 7 hinaus so lange steigen, bis das Wasser gemeinsam mit dem in den Rohren 4 erzeugten Dampf in die Dampfleitung 11 und in die Nachheizfläche 12 bis in den Wasserabscheider 14 gelangt. In dem Wasserabscheider 14 wird das Wasser vom Dampf abgeschieden. Deshalb steigt im Wasserabscheider 14 der Wasserstand an, bis er einen mit dem Sollwerteinsteller 34 vorgegebenen Sollwert überschreitet. Dadurch ändert sich das Ausgangssignal des Reglers 33 und beeinflußt das Ablaufregelventil 16 über seinen Motorantrieb 17 derart, daß sich bei steigendem Wasserstand im Wasserabscheider 14 der Durchlaßquerschnitt des Ablaufregelventils 16 vergrößert und daß sich bei sinkendem Wasserstand der Durchlaßquerschnitt des Ablaufregelventils 16 verkleinert, so daß der vom Sollwerteinsteller 34 vorgegebene Wasserstand innerhalb bestimmter Grenzen eingehalten wird. Dadurch wird vermieden, daß sich relativ kaltes Wasser, das durch Dampferzeugung in den Rohren 4 der Rohrwand 2 aus diesen Rohren ausgestoßen wird und mit dem erzeugten Dampf den Austrittssammler 7 verläßt, in die bereits stark aufgeheizte Nachheizfläche 13 gelangt und diese schockartig abkühlt.

Mit steigender Feuerungswärmeleistung, die mit den Brennern dem Dampferzeuger zugeführt wird, wird der in den Wasserabscheider 14 eintretende Wasserstrom immer kleiner, bis er schließlich Null wird. Das durch die Speisewasserleitung 47 zugeführte Speisewasser wird dann vollständig in den Rohren 4 der Rohrwand 2 sowie in der Nachheizfläche 12 verdampft. Der Wasserstand in dem Wasserabscheider 14 sinkt dabei, bis das Ablaufregelventil 16 geschlossen hat.

Während dieser Anfahrphase wird beispielsweise von Hand der Regler 29 eingeschaltet, so daß er ein zum Maximalwert-Auswahlgerät 36 geführtes Ausgangssignal liefert. Da die mit der Vorrichtung 28 bestimmte Dampfenthalpie jedoch noch niedriger ist als die mit dem Sollwerteinsteller 30 vorgegebene Dampfenthalpie, ist das Ausgangssignal des Reglers 29 als Sollwert für den Speisewasser-

strom, der mit dem Speisewasserdurchflußmesser 24 gemessen wird, sehr niedrig. Das Maximalwert-Auswahlgerät 36 wählt für das Beeinflussen der Speisewasserzufuhr daher weiterhin das Ausgangssignal des Sollwerteinstellers 35 aus, das größer ist als das Ausgangssignal des Reglers 29. Sobald das Ablaufregelventil 16 geschlossen hat und die Feuerungswärmeleistung der Brenner in den Öffnungen 99 in der Rohrwand 2 bei vorgegebener, konstanter Speisewasserzufuhr durch die Speisewasserleitung 47 weiter erhöht wird, steigen die mit der Vorrichtung 22 gemessene Dampftemperatur und der mit der Vorrichtung 23 gemessene Dampfdruck und damit die mit der Vorrichtung 28 bestimmte Dampfenthalpie. Das Ausgangssignal des Reglers 29 wird so geführt, daß das Maximalwert-Auswahlgerät 36 in dem Augenblick, in dem das Ausgangssignal der Vorrichtung 28, mit der die Dampfenthalpie bestimmt wird, höher wird als das mit dem Sollwerteinsteller 30 vorgegebene Ausgangssignal, stoßfrei auf das Ausgangssignal des Reglers 29 als Sollwert für den Regler 37 umschaltet. Dadurch ist die Regelung der Speisewasserzufuhr durch die Speisewasserleitung 47 hindurch auf einen vom Sollwerteinsteller 35 vorgegebenen Speisewasserstrom abgeschaltet und die Regelung dieser Speisewasserzufuhr auf eine vom Sollwerteinsteller 30 vorgegebene Dampfenthalpie in der Dampfleitung 11 eingeschaltet.

Nach dem Ende dieses Anfahrvorganges für den Dampferzeuger wird der Dampfdruck im Dampferzeuger meist noch unterhalb des kritischen Druckes liegen. Der Dampfdruck wird deshalb anschließend in dem Maße erhöht, wie es die vom Dampferzeuger gespeiste Dampfturbine des Kraftwerkes erfordert.

Schließlich wird der Dampferzeuger bei kritischem oder überkritischem Druck betrieben. Dennoch wird der Naturumlauf durch die Rohre 4 der Rohrwand 2, und die Fallrohre 8 aufrechterhalten, und die Speisewasserzufuhr durch die Speisewasserleitung 47 kann auf eine vom Sollwerteinsteller 30 vorgegebene Dampfenthalpie in der Dampfleitung 11 geregelt werden. Wegen des Naturumlaufs in den Rohren 4 und in den Fallrohren 8 kann dem Dampferzeuger sogar ein verhältnismäßig geringer Speisewasserstrom zugeführt werden, ohne daß die Kühlung der Rohre 4 der Rohrwand 2 gefährdet ist.

Während die Regelung der Speisewasserzufuhr durch die Speisewasserleitung 47 auf eine vorgegebene Dampfenthalpie nach FIG 2 vorteilhaft ist beim Betrieb des Dampferzeugers mit lastproportionalem Dampfdruck (Gleitdruckbetrieb), kann es beispielsweise bei Betrieb des Dampferzeugers mit konstantem Dampfdruck (Festdruckbetrieb) schon genügen, wenn das Ausgangssignal des Meßumformers 25 in FIG 2, der der Vorrichtung 22 zur Messung der Dampftemperatur zugeordnet ist, direkt auf den Regler 29 geschaltet ist und die Vorrichtung 23 zur Messung des Dampfdruckes mit dem Meßumformer 26 und die Vorrichtung 28 zum Bestimmen der Dampfenthalpie wegfallen. Mit dem Sollwerteinsteller 30 wird dann ein Sollwert der Dampftemperatur am Austrittsende der Nachheizfläche 12 vorgegebenen.

In FIG 3 sind gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen wie in FIG 2 versehen. Dem Wasserabscheider 14 ist eine Regeleinrichtung zugeordnet, die gleich ausgebildet ist wie in FIG 2. Vom Dampferzeuger nach FIG 2 unterscheidet sich der Dampferzeuger nach FIG 3 im wesentlichen dadurch, daß statt der Vorrichtungen 22 und 23 zur Messung der Dampftemperatur und des Dampfdruckes am Austrittsende der Nachheizfläche 12 an einem Rohr 4 der Rohrwand 2 eine Vorrichtung 69 zum Messen von Rohrwandtemperaturen an diesem Rohr 4 vorgesehen ist.

Wie FIG 3 zeigt, weist diese Vorrichtung 69 im wesentlichen zwei Thermoelemente 70 und 71 auf. Das betreffende Rohr 4 ist mit einem in die Rohrwand 2, die in FIG 4 ausschnittsweise im Querschnitt dargestellt ist, zum Innenraum des Gaszuges hin exzentrisch verdicktem Rohrstück 4a versehen, das in die Rohrwand 2 eingeschweißt ist. Das exzentrisch verdickte Rohrstück 4a ist im Innenraum des Gaszuges mit zwei Querbohrungen 70a und 71a versehen, die zueinander parallel sind und voneinander in Radialrichtung Abstand haben. In jeder dieser Querbohrungen 70a und 71a ist jeweils das Thermoelement 70 bzw. 71 angeordnet. Die Anschlußdrähte dieser beiden Thermoelemente 70 und 71 sind durch ein ebenfalls in die Rohrwand 2 eingeschweißtes U-Profil 72 abgedeckt und auf die Außenseite der Rohrwand 2 in ein dort befindliches Schutzrohr 73 geführt.

Zu den Thermoelementen 70 und 71 zum Messen der Rohrwandtemperaturen an zwei verschiedenen Stellen des exzentrisch verdickten Rohrstükkes 4a gehören die Messumformer 72 bzw. 73 in FIG 3. Von diesen Meßumformern 72 und 73 ist je ein Ausgangssignal zu einer einen Rechner aufweisenden Vorrichtung 74 geführt. Diese Vorrichtung 74 bestimmt aus den mit den Thermoelementen 70 und 71 gemessenen Temperaturen des exzentrisch verdickten Rohrstückes 4a und weiteren Größen wie der Wanddicke und dem Wärmeleitwiderstand dieses Rohrstückes 4a die an das verdampfende Wasser übertragene Wärmeleistung. Solche Vorrichtungen 69 sind günstigerweise mehrfach an der Rohrwand 2 angebracht, um die an das verdampfende Wasser übertragene Wärmeleistung an mehreren Rohren 4 und an verschiedenen Stellen dieser Rohrwand 2 zu messen. Durch Mittelwertbildung aus den gemessenen Größen kann die Genauigkeit der Messungen erhöht werden.

Die auf diese Weise ermittelte Wärmeleistung wird in der Vorrichtung 74 noch mit der Oberfläche der Rohrwand 2 auf der Innenseite des Gaszuges multipliziert, so daß das Ausgangssignal aus der Vorrichtung 74 proportional zu der an die gesamte Rohrwand 2 übertragenen Wärmeleistung ist. Das Ausgangssignal aus der Vorrichtung 74 zum Bestimmen der Wärmeleistung ist zu einem Regler 75 geführt, der mit einem Sollwerteinsteller 76 versehen ist.

Die Ausgangssignale des Reglers 75 und eines Sollwerteinstellers 35 sind zu einem Maximalwert-Auswahlgerät 77 geführt, dessen Ausgangssignal wiederum zu einem Regler 37 geführt ist. An diesem Regler 37 liegt wie in FIG 2 auch das Ausgangssignal eines dem Speisewasserdurchflußmesser 24 zugeordneten Meßumformers 27.

Die Wirkungsweise des Reglers 75, des Sollwerteinstellers 76, des Maximalwert-Auswahlgerätes 77 und des Sollwerteinstellers 35 nach FIG 3 entspricht der Wirkungsweise des Reglers 29, des Sollwerteinstellers 30, des Maximalwert-Auswahlgerätes 36 und des Sollwerteinstellers 35 des Dampferzeugers nach FIG 2.

Der Dampferzeuger nach FIG 3 hat den Vorteil, daß die Regeleinrichtung zum Beeinflussen der Speisewasserzufuhr sehr schnell auf Änderungen der Wärmeleistung reagieren kann, die an das in den Rohren 4 der Rohrwand 2 verdampfende Wasser übertragen wird. Dadurch bleiben die Auswirkungen von Änderungen der übertragenen Wärmeleistung auf die Dampftemperatur in den Nachheizflächen 12 und 13 außerordentlich gering.

Auch in FIG 5 sind gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen wie in FIG 2 versehen. Dem Wasserabscheider 14 ist eine Regeleinrichtung zugeordnet, die gleich ausgebildet ist wie in FIG 2. Vom Dampferzeuger nach FIG 2 unterscheidet sich der Dampferzeuger nach FIG 5 im wesentlichen dadurch, daß statt der Vorrichtungen 22 und 23 zur Messung der Dampftemperatur und des Dampfdruckes am Austrittsende der Nachheizfläche 12 ein Dampfdurchflußmesser 45 in der Dampfleitung 11 angebracht ist, welcher der Nachheizfläche 13 durchflußmäßig nachgeschaltet ist. Diesem Dampfdurchflußmesser 45 ist ein Meßumformer 45a zugeordnet. Das Ausgangssignal des Meßumformers 45a und das Ausgangssignal des dem Speisewasserdurchflußmessers 24 zugeordneten Meßumformers 27 sind auf eine Vorrichtung 46 mit einem Rechner zum Bestimmen des Verhältnisses des Speisewasserstromes in der Speisewasserleitung 47 zum Dampfstrom in der Dampfleitung 11 geführt, die vom Speisewasserdurchflußmesser 24 bzw. vom Dampfdurchflußmesser 45 gemessen werden. Die Vorrichtung 46 zum Bestimmen des Verhältnisses des Speisewasserstromes in der Speisewasserleitung 47 zum Dampfstrom in der Dampfleitung 11 gibt ein Ausgangssignal an den Regler 148, der mit einem Sollwerteinsteller 147 versehen ist.

Dem Wasserabscheider 14 ist in der Dampfleitung 11 ferner ein Einspritz-Dampfkühler 50 durchflußmäßig nachgeschaltet, an dem eine Einspritzwasserleitung 51 angeschlossen ist. In dieser Einspritzwasserleitung 51 befindet sich ein Regelventil 52 mit Motorantrieb 52a. Auf diesen Motorantrieb 52a wirkt ein Regler 329 ein, dem ein Sollwertsteller 330 zugeordnet ist. Am Austrittsende der Nachheizfläche 13 ist eine Vorrichtung 322 (z.B. Thermoelement) angebracht, die entweder die Dampftemperatur an diesem Austrittsende oder die dieser Dampftemperatur an diesem Austrittsende entsprechende Materialtemperatur mißt. Dieser Vorrichtung 322 ist ein Meßumformer 325 (Signalumformer) zugeordnet, der ein Ausgangssignal an den Regler 329 abgibt.

Der Regler 329 vergrößert den Durchflußquerschnitt des Regelventils 52, wenn eine vorgegebene Dampftemperatur am Austrittsende der Nachheizfläche 13 überschritten wird und verringert diesen Durchflußquerschnitt, wenn diese vorgegebene Dampftemperatur unterschritten wird.

Das Ausgangssignal des Reglers 148 und das Ausgangssignal des Sollwerteinstellers 35 sind zu einem Maximalwert-Auswahlgerät 149 geführt, dessen Ausgangssignal wiederum zum Regler 37 geführt ist. An diesem Regler 37 liegt wie in FIG 2 auch das Ausgangssignal des dem Speisewasserdurchflußmesser 24 zugeordneten Meßumformer 27.

Die Wirkungsweise des Reglers 148, des Sollwerteinstellers 147, des Maximalwert-Auswahlgerätes 149 und des Sollwerteinstellers 35 nach FIG 5 entspricht der Wirkungsweise des Reglers 29, des Sollwerteinstellers 30, des Maximalwert-Auswahlgerätes 36 und des Sollwerteinstellers 35 des Dampferzeugers nach FIG 2.

Der Speisewasserstrom durch die Speiseiwasserleitung 47 ist stets um einen vorgegebenen Anteil kleiner als der Dampfstrom durch die Dampfleitung 11. Bei einem vorgegebenen Verhältnis von Speisewasserstrom durch die Speisewasserleitung 47 zum Dampfstrom durch die Dampfleitung 11, das kleiner als 1 ist, kann stets ein ausreichend großer Einspritzwasserstrom durch die Einspritzwasserleitung 51 zum Einspritzen in den Einspritz-Dampfkühler 50 zur Verfügung stehen, um die Dampftemperatur am Dampfaustritt der Nachheizfläche 13 selbst bei Störungen auf einen konstanten Wert zu halten.

In FIG 6 sind ebenfalls gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen wie in FIG 2 versehen. Dem Wasserabscheider 14 ist eine Regeleinrichtung zugeordnet, die gleich ausgebildet ist wie in FIG 2. Vom Dampferzeuger nach FIG 2 unterscheidet sich

der Dampferzeuger nach FIG 6 insbesondere dadurch, daß die Vorrichtungen 22 und 23 zur Messung der Dampftemperatur und des Dampfdruckes am Austrittsende der Nachheizfläche 12 wegfallen. An einem Einspritz-Dampfkühler 50, der in der Dampfleitung 11 zwischen dem Wasserabscheider 14 und der Nachheizfläche 13 zum Einspritzen von Einspritzwasser durchflußmäßig geschaltet ist, ist stattdessen eine Einspritzwasserleitung 51 mit einem Regelventil 52 und zugehörigem Motorantrieb 52a angeschlossen, die von einer nicht dargestellten Speisewasserpumpe ausgeht. Die Einspritzwasserleitung 51 weist durchflußmäßig zwischen dem Einspritz-Dampfkühler 50 und dem Regelventil 52 einen Einspritzwasserdurchflußmesser 53 auf. Das Austrittsende der Nachheizfläche 13 ist mit einer Vorrichtung 322 (z.B. Thermoelement) versehen, die entweder die Dampftemperatur an diesem Austrittsende oder die dieser Dampftemperatur entsprechende Materialtemperatur an diesem Austrittsende mißt. Dieser Vorrichtung 322 ist ein Meßumformer 325 (Signalumformer) zugeordnet, der ein Ausgangssignal an einen Regler 329 abgibt, der auf den Motorantrieb 52 einwirkt. Der Regler 329 ist mit einem Sollwerteinstelleer 330 versehen. Der Regler 329 vergrößert den Durchflußquerschnitt des Regelventils 52, wenn eine vorgegebene konstante Dampftemperatur am Austrittsende der Nachheizfläche 13 überschritten wird, und verkleinert diesen Durchtrittsquerschnitt, wenn die vorgegebene konstante Dampftemperatur am Austrittsende der Nachheizfläche 13 unterschritten wird.

Zum Einspritzwasserdurchflußmesser 53 gehört ein Meßumformer 54. Von diesem Meßumformer 54 ist ein Ausgangssignal zu einer einen Rechner aufweisenden Vorrichtung 55 geführt, zu der auch das Ausgangssignal des Meßumformers 27 für den Speisewasserdurchflußmesser 24 geführt ist. Die Vorrichtung 55 bestimmt das Verhältnis des Einspritzwasserstromes in den Einspritz-Dampfkühler 50 durch die Einspritzwasserleitung 51 zum Speisewasserstrom durch die Speisewasserleitung 47. Das Ausgangssignal aus der Vorrichtung 55 ist zu einem Regler 57 geführt, der mit einem Sollwerteinsteller 56 versehen ist.

Auch die Ausgangssignale des Reglers 57 und eines Sollwerteinstellers 35 sind zu einem Maximalwert-Auswahlgerät 58 geführt, dessen Ausgangssignal wiederum zu einem Regler 37 geführt ist.

An diesem Regler 37 liegt wie in FIG 2 das Ausgangssignal des dem Speisewasserdurchflußmessers 24 zugeordneten Meßumformers 27.

Die Wirkungsweise des Reglers 57, des Sollwerteinstellers 56, des Maximalwert-Auswahlgerätes 58 und des Sollwerteinstellers 35 entspricht beim Dampferzeuger nach FIG 6 der Wirkungsweise des Reglers 29, des Sollwerteinstellers 30, des Maximalwert-Auswahlgerätes 36 und des Sollwerteinstellers 35 des Dampferzeugers nach FIG 2.

Der Dampferzeuger nach FIG 6 hat den Vorteil, daß bei einem vorgegebenen Verhältnis von Einspritzwasserstrom durch die Einspritzwasserleitung 51 zum Speisewasserstrom durch die Speisewasserleitung 47 von z.B. 0,05 stets ein ausreichend großer Einspritzwasserstrom durch die Einspritzwasserleitung 51 in den Einspritz-Dampfkühler 50 zur Verfügung steht. Dadurch kann die Dampftemperatur am Dampfaustritt der Nachheizfläche 13 auf einen konstanten Wert gehalten werden. In der Dampfleitung 11 ist kein Dampfdurchflußmesser erforderlich, so daß diese Dampfleitung 11 hinter der Nachheizfläche auch aus mehreren, zueinander parallelen Teilleitungen bestehen kann.

Nach FIG 7 kann die Speisewasserleitung 47 mit dem Economiser 48 auch in die Fallrohre 8 münden. Aufgrund der relativ hohen Dichte des in die Fallrohre 8 eingeleiteten Speisewassers ist der statische Wasserdruck in den Fallrohren 8 relativ hoch. Dadurch wird auch ein relativ hoher Druck im Eintrittssammler 6 erzielt, so daß der Naturumlauf durch die Fallrohre 8 und die Rohre 4 der Rohrwand 2 selbst bei relativ hohen Dampfdruck in den Rohren 4 aufrechterhalten wird.

Zum Erzielen einer großen Druckdifferenz zwischen dem Eintrittssammler 6 und dem Austrittssammler 7 und damit eines guten Naturumlaufes durch die Fallrohre 8 und die Rohre 4 der Rohrwand 2 ist es günstig, wenn die Speisewasserleitung 47 beim Dampferzeuger nach FIG 7 an der Mündungsstelle in die Fallrohre 8 - wie FIG 8 zeigt - als Treibdüse 81 einer Strahlpumpe 80 ausgebildet ist. Während die Treibdüse 81 am Treibmittelanschluß der Strahlpumpe 80 über die Speisewasserleitung 47 am Economiser 48 angeschlossen ist, bildet jedes Fallrohr 8 den Diffusor 83 der Strahlpumpe 80 mit am Eintrittssammler 6 angeschlossenem Druckstutzen und den Kopf 85 der Strahlpumpe 80 mit am Austrittssammler 7 angeschlossenem Saugstutzen 84.

Der aus dem Economiser 48 in die Strahlpumpe 80 einströmende Wasserstrom 86 saugt einen Wasserstrom 87 aus dem Austrittssammler 7 an. Beide Wasserströme 86 und 87 sind im Diffusor 83 zu einem einzigen Wasserstrom 88 vereint, der mit verhältnismäßig hohem Druck in den Eintrittssammler 6 strömt.

Damit das aus dem Saugstutzen 84 austretende Wasser infolge Druckabsenkung nicht verdampft und dadurch der Wirkung der Strahlpumpe vermindert, wird zweckmäßigerweise die Strahlpumpe 80 in örtlicher Nähe des Eintrittssammlers 6 angeordnet oder ein Teil des aus dem Economicer 48 austretenden Wasserstromes in das Fallrohr 8 vor dem Saugstutzen 84 eingeleitet. Jede der beiden Maßnahmen bewirkt eine Unterkühlung des Was-

serstromes 87 und verhindert damit eine Dampfbildung in der Strahlpumpe 80.

Günstigerweise ist der Innenquerschnitt jedes Fallrohres 8 in FIG 7 größer als der Innenquerschnitt jedes der Rohre 4 der Rohrwand 2, so daß der Reibungsdruckverlust in den Fallrohren 8 wesentlich niedriger ist als in den Rohren 4 der Rohrwand 2. Auch dadurch wird eine Verstärkung des Naturumlaufes durch die Fallrohre 8 und die Rohre 4 der Rohrwand 2 erzielt.

Beim Dampferzeuger nach FIG 7 weist jedes in den Austrittssammler 7 mündende Rohr 4 der Rohrwand 2 ein in der Rohrwand 2 befindliches Formstück 96 auf, über das das betreffende Rohr 4 an einem Zusatzrohr 90 der Rohrwand 2 befestigt ist. Dieses Zusatzrohr 90 ist über ein Verbindungsrohr 91 am Austrittssammler 7 angeschlossen. Die Zusatzrohre 90 sind Bestandteil der Rohrwand 2 und an ihrem Oberende an einem Endsammler 92 angeschlossen. Vom Endsammler 92, der sich auf der Außenseite des vertikalen Gaszuges des Dampferzeugers auf örtlich höherem Niveau als der Austrittssammler 7 befindet, geht schließlich die Dampfleitung 11 mit den Nachheizflächen 12 und 13 ab.

Die Zusatzrohre 90 der Rohrwand 2 bilden eine Zusatzheizfläche. Durch diese Zusatzheizfläche befindet sich das durch die Rohre 4 und die Fallrohre 8 bestimmte Naturumlaufsystem nahe den Brennern für fossilen Brennstoff in den Öffnungen 99 der Rohrwand 2 nach FIG 1. Durch diese Brenner werden insbesondere die Rohre 4 der Rohrwand 2 besonders stark beheizt, so daß das Wasser in diesen Rohren 4 eine sehr viel geringere Dichte als das Wasser in den unbeheizten Fallrohren 8 auf der Außenseite des Gaszuges des Dampferzeugers hat. Dies begünstigt den Naturumlauf in den Rohren 4 der Rohrwand 2 und in den Fallrohren 8 selbst dann, wenn der Dampferzeuger mit sehr hohem Druck, z.B. überkritischem Druck betrieben wird.

Der Dampferzeuger nach FIG 9, in der gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen wie in FIG 7 versehen sind, weist einen Vorschaltsammler 93 auf. An diesem Vorschaltsammler 93 ist die den Economiser 48 enthaltende Speisewasserleitung 47 angeschlossen. Dieser Vorschaltsammler 93 hat ein örtlich tieferes Niveau als der Eintrittssammler 6. Vom Vorschaltsammler 93 gehen Zusatzrohre 94 aus, die zur Rohrwand 2 gehören und in dieser Rohrwand 2 eine Zusatzheizfläche bilden. Jedes Oberende dieser Zusatzrohre 94 geht in ein Rohr 4 der Rohrwand 2 über, das am Eintrittssammler 6 angeschlossen ist.

Am Austrittssammler 7 des Dampferzeugers nach FIG 9 sind sowohl die zum Eintrittssammler 6 führenden Fallrohre 8 als auch die Rohre 4 der gasdichten Rohrwand 2 angeschlossen. Ferner ist auch unmittelbar am Austrittssammler 7 die Dampfleitung 11 mit der Nachheizfläche 12 angeschlossen.

Auch die durch die Zusatzrohre 94 gebildete Zusatzheizfläche bewirkt, daß die gesamte Länge der Rohre 4 der Rohrwand 2 durch die Brenner für fossilen Brennstoff in den Öffnungen 99 der Rohrwand 2 besonders stark beheizt wird. Dadurch hat das Wasser in den Rohren 4 der Rohrwand 2 eine sehr viel geringere Dichte als das Wasser in den unbeheizten Fallrohren 8 auf der Außenseite des Gaszuges des Dampferzeugers, so daß der Naturumlauf in den Rohren 4 der Rohrwand 2 und den Fallrohren 8 selbst dann begünstigt ist, wenn der Dampferzeuger mit sehr hohem Druck, also z.B. überkritischem Druck betrieben wird.

Ein Dampferzeuger kann auch in der gasdichten Rohrwand 2 sowohl eine Zusatzheizfläche mit zu einem Endsammler 92 führenden Zusatzrohren 90 wie in FIG 7 als auch eine Zusatzheizfläche mit zu einem Vorschaltsammler 93 führenden Zusatzrohre 94 wie in FIG 9 bilden.

Wie der Längsschnitt nach FIG 10 durch ein Rohr 4 der Rohrwand 2 und das Formstück 96 für diesen Fall zeigt, ist es günstig, wenn die Rohre 4 der Rohrwand 2, soweit sie mit ihren Enden 4a und 4b am Eintrittssammler 6 bzw. am Austrittssammler 7 angeschlossen sind, einen größeren Innenquerschnitt haben als die vom Vorschaltsammler 93 ausgehenden Zusatzrohre 94 und als die Zusatzrohre 90 und Verbindungsrohre 91, die vom Austrittssammler 7 zum Endsammler 92 führen. Hierdurch wird ein besonders niedriger Reibungsdruckverlust in den Rohren 4 erzielt und der Naturumlauf in diesen Rohren 4 und den Fallrohren 8 gefördert.

Wie ein Längsschnitt nach FIG 11 durch ein Rohr 4 nach FIG 10 zeigt, kann dieses Rohr 4 der Rohrwand 2 schraubenförmig angeordnete Innenrippen 104 aufweisen. Diese Innenrippen 104 bewirken, daß der Wasseranteil von in den Rohren 4 befindlichem Wasser-Dampf-Gemisch (Naßdampf) bevorzugt an der Innenseite der Wand der Rohre 4 und der Dampfanteil im Zentrum dieser Rohre 4 strömt, so daß diese Rohre 4 auch bei niedriger Massenstromdichte, z.B. bei Teillastbetrieb, und unterkritischem Druck noch gut gekühlt werden.

Während in FIG 10 das Formstück 96, über das das Rohr 4 der Rohrwand 2 am Zusatzrohr 90 dieser Rohrwand befestigt ist, durch eine Zwischenwand 105 das Rohr 4 gegenüber dem Zusatzrohr 90 dicht abschließt, kann dieses Formstück 96 in der Zwischenwand 105 auch günstigerweise, wie im Längsschnitt in FIG 12 dargestellt, eine Durchtrittsöffnung 97 vom Rohr 4 zum Zusatzrohr 90 bilden, deren Durchtrittsquerschnitt kleiner als der Innenquerschnitt des Rohres 4 ist. Diese Durchtrittsöffnung 97 verringert die Durchströmung durch den Austrittssammler 7 und damit auch den

Druckverlust in diesem Austrittssammler 7 und begünstigt so den Naturumlauf in den Rohren 4 und den Fallrohren 8.

Ein auf der Seite des Rohres 4 der Rohrwand 2 an der Durchtrittsöffnung 97 in der Zwischenwand 105 ausgebildeter, die Durchtrittsöffnung 97 umgebender Kragen 98 kann verhindern, daß Wasseranteile des Naßdampfes in den Rohren 4 durch die Durchtrittsöffnung 57 in das Zusatzrohr 90 gelangen.

Wie der Querschnitt durch den Austrittssammler 7 nach FIG 13 zeigt, münden die Rohre 4 der Rohrwand 2 tangential in die hohlzylinderförmige Wand des Austrittssammlers 7 und die Zusatzrohre 90 der Rohrwand 2 gehen von dieser Wand radial aus. Das in den Austrittssammler 7 durch die Rohre 4 eintretende Wasser-Dampf-Gemisch erhält so einen Drall, der insbesondere bei Teillastbetrieb des Dampferzeugers bei unterkritischem Druck zu einer Wasser-Dampf-Trennung im Austrittssammler 7 führt. Ferner wird durch das radiale Austreten des Zusatzrohres 90 bevorzugt an der Oberseite des Austrittssammlers weitgehend vermieden, daß in diesen Zusatzrohren 90 im Austrittssammler 7 abgeschiedenes Wasser mitgerissen wird. Die Fallrohre 8 gehen ebenfalls radial von der hohlzylinderförmigen Wand des Austrittssammlers 7 aus.

Auch in FIG 14 sind gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen wie in FIG 2 versehen. Dem Wasserabscheider 14 ist eine Regeleinrichtung zugeordnet, die gleich ausgebildet ist wie in FIG 2. Vom Dampferzeuger nach FIG 2 unterscheidet sich der Dampferzeuger nach FIG 14 im wesentlichen dadurch, daß sich statt der Vorrichtungen 22 und 23 zum Messen der Dampftemperatur des Dampfdruckes am Austrittsende der Nachheizfläche 12 in der Dampfleitung 11 nach FIG 14 zwischen dem Austrittssammler 7 und der Nachheizfläche 12 ein Venturirohr 209 mit - wie der Längsschnitt nach FIG 15 zeigt - einer Venturiverengung 210 des Rohrinnenquerschnitts befindet. Vom Venturirohr 209 sind an der Venturiverengung 210 zwei Elektroden 211a und 211b eines elektrischen Kondensators angebracht, die mit einem Überzug aus elektrisch isolierendem Werkstoff versehen sind und zwischen denen sich der Innenraum des Venturirohres 209 an der Venturiverengung 210 befindet. An den Elektroden 211a und 211b ist ein Meßumformer 211c angeschlossen, der ein der Kondensatorkapazität entsprechendes Ausgangssignal abgibt.

Wie der Längsschnitt nach FIG 15 ferner zeigt, befindet sich unmittelbar vor der Venturiverengung 210 im Rohr der Dampfleitung 11 eine Vorrichtung 212 (z.B. ein Thermoelement) zum Messen der Dampftemperatur, der ein Meßumformer 212c zugeordnet ist.

Vom Venturirohr 209 in der Rohrleitung 11 gehen auch seitlich ein Druckmeßrohr 213 vom kleinsten Rohrinnenquerschnitt der Venturiverengung 210 und ein Druckmeßrohr 214 in Durchflußrichtung der Dampfleitung 11 gesehen an einer Stelle mit größtem Rohrinnenquerschnitt vor der Venturiverengung 210 ab. Druckmeßrohr 213 und Druckmeßrohr 214 führen zu einem Differenzdruckmesser 215 (z.B. Feder-Differenzdruckmesser), an dem ein Meßumformer 213c angeschlossen ist, der ein Ausgangssignal abgibt, das der Differenz der Dampfdrücke an der Stelle größten Rohrinnenquerschnittes und an der Stelle kleinsten Rohrinnenquerschnittes entspricht. Das Druckmeßrohr 214 führt ferner zu einem Druckmesser 216 (z.B. Federdruckmesser), an dem ein Meßumformer 214c angeschlossen ist, der ein Ausgangssignal abgibt, welches dem Dampfdruck an der Stelle größten Rohrinnenquerschnitts entspricht (vgl. US-PS 4 829 831).

Die Meßumformer 211c, 212c, 213c und 214c geben jeweils ihr Ausgangssignal an eine Vorrichtung 240 zum Bestimmen der Restfeuchte des in der Dampfleitung 11 strömenden Dampfes ab.

Diese Vorrichtung 240 gibt ihr Ausgangssignal, das der Restfeuchte des Dampfes in der Dampfleitung 11 nach FIG 14 entspricht, an einen Regler 241 ab, der mit einem Sollwertsteller 242 versehen ist.

Das Ausgangssignal des Reglers 241 und das Ausgangssignal eines Sollwerteinstellers 35 sind zu einem Maximalwert-Auswahlgerät 243 geführt, dessen Ausgangssignal an einem Regler 37 anliegt. Am Regler 37 liegt ferner das Ausgangssignal des Meßumformers 27 an, der dem Speisewasserdurchflußmesser 24 zugeordnet ist.

Die Wirkungsweise des Reglers 241, des Sollwerteinstellers 242, des Maximalwert-Auswahlgerätes 243 und des Sollwerteinstellers 35 entspricht der Wirkungsweise des Reglers 29, des Sollwerteinstellers 30, des Maximalwert-Auswahlgerätes 36 und des Sollwerteinstellers 35 des Dampferzeugers nach FIG 2.

Ein Dampferzeuger nach FIG 14 hat den Vorteil, daß die Regeleinrichtung zum Beeinflussen der Speisewasserzufuhr sehr schnell auf Änderungen der Wärmeleistung reagieren kann, die an das in den Rohren 4 der Rohrwand 2 und des Rohrbodens 3 verdampfende Wasser übertragen wird, da die Meßgrößen zum Bestimmen der Restfeuchte des Dampfes in der Dampfleitung 11 gleich hinter dem Gaszug mit der Rohrwand 2 aufgenommen werden, an der sich die Brenner für fossilen Brennstoff in den Öffnungen 99 befinden.

Die Restfeuchte des Dampfes in der Dampfleitung 11 ist als Regelgröße nur solange geeignet, wie der Druck im Dampferzeuger nach FIG 14 unterhalb des kritischen Druckes ist. Wird der kritische Druck erreicht, ist die Vorrichtung 240 zum Bestimmen der Restfeuchte des Dampfes, die ein

der Restfeuchte des Dampfes in der Dampfleitung 11 entsprechendes Ausgangssignal gibt, abzuschalten und eine der Regeleinrichtungen wie in den Figuren 2, 3, 5 oder 6 dargestellt einzuschalten.

Patentansprüche

1. Dampferzeuger mit einem Gaszug, der Brenner für fossilen Brennstoff und eine gasdichte Rohrwand (9) aufweist, mit einem Eintrittssammler (6) und einem Austrittssammler (7) für die Rohre der gasdichten Rohrwand, von denen der Austrittssammler ein höheres örtliches Niveau als der Eintrittssammler hat,
mit einem Fallrohr (8) - ausgenommen ein Fallrohr mit einer im Stillstand den Umlauf im Fallrohr sperrenden Pumpe -, das außerhalb des Gaszuges angeordnet ist und das den Austrittssammler mit dem Eintrittssammler durchflußmäßig verbindet,
mit mindestens einer Nachheizfläche (12), die dem Austrittssammler in einer Dampfleitung (11) austrittsseitig und durchflußmäßig nachgeschaltet ist,
mit einer einen Economiser (48) aufweisenden Speisewasserleitung (47), die geführt ist in den Austrittssammler (7) oder in das Fallrohr (8) oder in einen Vorschaltsammler (93), der ein örtlich tieferes Niveau als der Eintrittssammler (6) hat und von dem Zusatzrohre (94) der gasdichten Rohrwand (2) ausgehen, von denen jedes Zusatzrohr (94) in ein am Eintrittssammler (6) angeschlossenes Rohr (4) der gasdichten Rohrwand (2) übergeht, und
mit einer Regeleinrichtung zum Beeinflussen des Speisewasserstromes in der Speisewasserleitung (47), die mindestens eine der folgenden Größen
a) Dampfenthalpie in der Nachheizfläche (12) oder in der Dampfleitung (11) hinter der Nachheizfläche (12),
b) Dampftemperatur in der Nachheizfläche (12) oder in der Dampfleitung (11) hinter der Nachheizfläche (12),
c) an ein Rohr (4) der gasdichten Rohrwand (2) übertragene Wärmeleistung,
d) Verhältnis des Speisewasserstroms in der Speisewasserleitung (47) zum Dampfstrom in der Dampfleitung (11),
e) Verhältnis des Einspritzwasserstromes in einen in der Dampfleitung (11) befindlichen Einspritzkühler (50) zum Speisewasserstrom in der Speisewasserleitung (47)
f) Restfeuchte des Dampfes in der Dampfleitung (11) als Regelgröße erfaßt.

2. Dampferzeuger nach Anspruch 1, dessen Regeleinrichtung die Größe c und mindestens eine der Größen a, b, d, e und f als Regelgrößen erfaßt.

3. Dampferzeuger nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Rohre (4) der gasdichten Rohrwand (2) vertikal angeordnet sind.

4. Dampferzeuger nach Anspruch 1 oder 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Speisewasserleitung (47) an ihrer Mündungsstelle in das Fallrohr (8) als Treibdüse (81) einer Strahlpumpe (80) mit am Economiser (48) angeschlossenem Treibmittelanschluß ausgebildet ist.

5. Dampferzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Innenquerschnitt des Fallrohres (8) größer ist als der Innenquerschnitt jedes der Rohre (4) der gasdichten Rohrwand (2).

6. Dampferzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Rohre (4) der gasdichten Rohrwand (2) schraubenförmig angeordnete Innenrippen (104) aufweisen.

7. Dampferzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß am Austrittssammler (7) Zusatzrohre (90) der Rohrwand (2) angeschlossen sind, die zu einem Endsammler (92) führen mit örtlich höherem Niveau als der Austrittssammler (7).

8. Dampferzeuger nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Rohre (4) der gasdichten Rohrwand (2) einen größeren Innenquerschnitt als die Zusatzrohre (90) haben, die vom Austrittssammler (7) zum Endsammler (92) führen.

9. Dampferzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Rohre (4) der gasdichten Rohrwand (2) einen größeren Innenquerschnitt haben als die vom Vorschaltsammler (93) ausgehenden Zusatzrohre (94).

10. Dampferzeuger nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,

daß ein in den Austrittssammler (7) mündendes Rohr (4) der gasdichten Rohrwand (2) über ein in der gasdichten Rohrwand (2) befindliches Formstück (96) an einem Zusatzrohr (90) der gasdichten Rohrwand (2) befestigt ist, das am Austrittssammler (7) angeschlossen ist.

11. Dampferzeuger nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet,
daß im Formstück (96) eine Durchtrittsöffnung (97) vom Rohr (4) zum Zusatzrohr (90) der Rohrwand ausgebildet ist, deren Durchtrittsquerschnitt kleiner als der Innenquerschnitt des Rohres (4) ist.

12. Dampferzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Austrittssammler (7) eine hohlzylinderförmige Wand hat, in die ein Rohr (4) der gasdichten Rohrwand (2) zumindest annähernd tangential mündet und/oder von der ein Zusatzrohr (90) der Rohrwand radial ausgeht.

13. Dampferzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
daß einer Nachheizfläche (12) durchflußmäßig ein Wasserabscheider (14) zum Abscheiden von Wasser nachgeschaltet ist.

14. Dampferzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
dadurch gekennzeichnet,
daß eine überlagerte und/oder ablösende Regelung vorgesehen ist.

15. Dampferzeuger nach Anspruch 14,
dadurch gekennzeichnet,
daß ein auf den Speisewasserdurchfluß wirkender Regler (37) vorgesehen ist, dem als Sollwert die Ausgangsgröße eines überlagerten Reglers (29, 148, ...) vorgegeben ist, welchem wiederum eine der Regelgrößen a) bis f) als Istwert zugeführt ist.

16. Dampferzeuger nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Fallrohr (8) an der Mündungsstelle der Speisewasserleitung (47) einen Diffusor (83) der Strahlpumpe (80) mit am Eintrittssammler (6) angeschlossenen Druckstutzen und einen Kopf (85) der Strahlpumpe (80) mit am Austrittssammler (7) angeschlossenem Saugstutzen (84) bildet.

Claims

1. Steam generator, having a gas flue comprising fossil fuel burners and a gas-tight tube wall (9), having an inlet header (6) and an outlet header (7) for the tubes of the gas-tight tube wall, the outlet header being located at a higher level than the inlet header,
having a downpipe (8) - exceptionally, a downpipe having a pump which when stopped blocks the circulation in the downpipe - which is disposed outside of the gas flue and flow-connects the outlet header to the inlet header,
having at least one booster heating surface (12), which is connected at the outlet side and downstream of the outlet header in a steam line (11),
having a feed-water line (47), which comprises an economizer (48) and extends into the outlet header (7) or into the downpipe (8) or into a topping header (93), which is located at a lower level than the inlet header (6) and from which emanate additional tubes (94) of the gas-tight tube wall (2), each of which additional tubes (94) verges into a tube (4) of the gas-tight tube wall (2) connected to the inlet header (6), and
having a regulating device for influencing the feed-water flow in the feed-water line (47), which device acquires as controlled variables at least one of the following variables:
a) steam enthalpy in the booster heating surface (12) or in the steam line (11) downstream of the booster heating surface (12),
b) steam temperature in the booster heating surface (12) or in the steam line (11) downstream of the booster heating surface (12),
c) thermal output transferred to a tube (4) of the gas-tight tube wall (2),
d) ratio of the feed-water flow in the feed-water line (47) to the steam flow in the steam line (11),
e) ratio of the injection water flow into an injection cooler (50) situated in the steam line (11) to the feed-water flow in the feed-water line (47),
f) residual moisture of the steam in the steam line (11).

2. Steam generator according to claim 1, whose regulating device acquires the variable c and at least one of the variables a, b, d, e and f as controlled variables.

3. Steam generator according to claim 1 or 2, characterized in that the tubes (4) of the gas-tight tube wall (2) are disposed vertically.

4. Steam generator according to claim 1 or 2 or 3, characterized in that the feed-water line (47) at its point of opening into the downpipe (8) takes the form of a propelling nozzle (81) of a jet pump (80) having a working fluid connection connected to the economizer (48).

5. Steam generator according to one of claims 1 to 4, characterized in that the inner cross-section of the downpipe (8) is greater than the inner cross-section of each of the tubes (4) of the gas-tight tube wall (2).

6. Steam generator according to one of claims 1 to 5, characterized in that the tubes (4) of the gas-tight tube wall (2) have helically disposed internal ribs (104).

7. Steam generator according to one of claims 1 to 6, characterized in that connected to the outlet header (7) are additional tubes (90) of the tube wall (2), which lead to an end header (92) located at a higher level than the outlet header (7).

8. Steam generator according to claim 7, characterized in that the tubes (4) of the gas-tight tube wall (2) have a greater inner cross-section than the additional tubes (90) which lead from the outlet header (7) to the end header (92).

9. Steam generator according to one of claims 1 to 8, characterized in that the tubes (4) of the gas-tight tube wall (2) have a greater inner cross-section than the additional tubes (94) emanating from the topping header (93).

10. Steam generator according to claim 7, characterized in that a tube (4) of the gas-tight tube wall (2), which opens into the outlet header (7), is fastened by means of a shaped piece (96) situated in the gas-tight tube wall (2) to an additional tube (90) of the gas-tight tube wall (2) connected to the outlet header (7).

11. Steam generator according to claim 10, characterized in that formed in the shaped piece (96) is a through opening (97), which leads from the tube (4) to the additional tube (90) of the tube wall and whose cross-section of passage is smaller than the inner cross-section of the tube (4).

12. Steam generator according to one of claims 1 to 11, characterized in that the outlet header (7) has a hollow cylindrical wall, into which a tube (4) of the gas-tight tube wall (2) opens at least approximately tangentially and/or from which an additional tube (90) of the tube wall emanates radially.

13. Steam generator according to one of claims 1 to 12, characterized in that a water trap (14) for separating water is connected downstream of a booster heating surface (12).

14. Steam generator according to one of claims 1 to 13, characterized in that a higher-level and/or override regulating system is provided.

15. Steam generator according to claim 14, characterized in that a controller (37) acting upon the feed-water throughflow is provided, for which there is preselected as a setpoint value the output variable of a higher-level controller (29, 148, ...), to which in turn one of the controlled variables a) to f) is supplied as an actual value.

16. Steam generator according to claim 4, characterized in that the downpipe (8) at the point of opening of the feed-water line (47) forms a diffuser (83) of the jet pump (80) with a discharge stub connected to the inlet header (6) and a head (85) of the jet pump (80) with an intake stub (84) connected to the outlet header (7).

Revendications

1. Générateur de vapeur à carneau d'évacuation des gaz, qui comporte des brûleurs pour un combustible fossile et une paroi (2) pourvue de tubes et étanche aux gaz,
un collecteur d'entrée (6) et un collecteur de sortie (7) pour les tubes de la paroi pourvue de tubes et étanche aux gaz, le collecteur de sortie étant situé à un niveau local plus élevé que le collecteur d'entrée,
un tube de descente (8) - à l'exception d'un tube de descente comportant une pompe bloquant, à l'arrêt, la circulation dans le tube de descente -, qui est disposée à l'extérieur du carneau d'évacuation des gaz et relie, pour établir un écoulement, le collecteur de sortie et le collecteur d'entrée,
au moins une surface de post-chauffage (12), qui est branchée en aval du collecteur de sortie dans une canalisation de valeur (11) côté sortie, de manière à établir un écoulement,
une canalisation d'eau d'alimentation (44), qui possède un économiseur (48) et qui pénètre dans le collecteur de sortie (7) ou dans le tube de descente (8) ou dans un collecteur amont (93), qui est à un niveau localement inférieur à

celui du collecteur d'entrée (6) et d'où partent des tubes supplémentaires (94) de la paroi (2) pourvue de tubes et étanche aux gaz, chaque tube supplémentaire (94) se prolongeant par un tube (4), raccordé au collecteur d'entrée (6), de la paroi (2) pourvue de tubes et étanche aux gaz, et

un dispositif de régulation pour influer sur l'écoulement d'eau d'alimentation dans la canalisation d'eau d'alimentation (47) et qui détecte au moins l'une des grandeurs suivantes :

a) l'enthalpie de la vapeur dans la surface de post-chauffage (12) ou dans la canalisation de vapeur (11) en arrière de la surface de post-chauffage (12),

b) la température de vapeur sur la surface de post-chauffage (12) et dans la canalisation de vapeur (11) en arrière de la surface post-chauffage (12),

c) la puissance thermique transmise à un tube (4) de la paroi (2) pourvue de tubes et étanche aux gaz,

d) le rapport du courant de l'écoulement de l'eau d'alimentation dans la canalisation d'eau d'alimentation (47) à l'écoulement de vapeur dans la canalisation de vapeur (11),

e) le rapport de l'écoulement de l'eau d'injection dans un dispositif de refroidissement à injection (50) situé dans la canalisation de vapeur (11) à l'écoulement de l'eau d'alimentation dans la canalisation d'eau d'alimentation (47),

f) l'humidité résiduelle de la vapeur dans la canalisation de vapeur (11).

2. Générateur de vapeur suivant la revendication 1, dont le dispositif de régulation détecte la grandeur c et au moins l'une des grandeurs a, b, d, e et f en tant que grandeurs de régulation.

3. Générateur de vapeur suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé par le fait que les tubes (4) de la paroi (2) pourvue de tubes, et étanche aux gaz, sont disposés verticalement.

4. Générateur de vapeur suivant la revendication 1 ou 2 ou 3, caractérisé par le fait que la canalisation d'eau d'alimentation (47) est formée, au niveau de son embouchure dans le tube de descente (8), sous la forme d'une buse d'entraînement (80) d'une pompe à jet de vapeur (80) comportant un raccord pour un fluide d'entraînement, raccordé à l'économiseur (48).

5. Générateur de vapeur suivant l'une des revendications 1 à 4, caractérisé par le fait que la section transversale intérieure du tube de descente (8) est supérieure à la section transversale intérieure de chacun des tubes (4) de la paroi (2) pourvue de tubes, étanche aux gaz.

6. Générateur de vapeur suivant l'une des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait que les tubes (4) de la paroi (2) pourvue de tubes, étanche à la vapeur, comportent des nervures intérieures de forme hélicoïdale (104).

7. Générateur de vapeur suivant l'une des revendications 1 à 6, caractérisé par le fait qu'au collecteur de sortie (7) sont raccordés des tubes supplémentaires (90) de la paroi (2) pourvue de tubes, qui aboutissent à un collecteur d'extrémité (92) situé à un niveau localement supérieur à celui du collecteur de sortie (7).

8. Générateur de sortie suivant la revendication 7, caractérisé par le fait que les tubes (4) de la paroi (2) pourvue de tubes et, étanche aux gaz, possèdent une section transversale intérieure supérieure à celle des tubes supplémentaires (90), qui relient le collecteur de sortie (7) au collecteur d'extrémité (92).

9. Générateur de vapeur suivant l'une des revendications 1 à 8, caractérisé par le fait que les tubes de la paroi (2) garnie de tubes et, étanche aux gaz, possèdent une section transversale intérieure supérieure à celle des tubes supplémentaires (94) qui partent du collecteur amont (93).

10. Générateur de vapeur suivant la revendication 7, caractérisé par le fait qu'un tube (4), qui débouche dans le collecteur de sortie (16) de la paroi (2) garnie de tubes et, étanche aux gaz, est fixé, par l'intermédiaire d'une pièce de forme (96) située dans la paroi tubulaire (2) garnie de tubes, à un tube supplémentaire (90) de la paroi tubulaire (2) garnie de tubes, qui est raccordé au collecteur de sortie (7).

11. Générateur de vapeur suivant la revendication 10, caractérisé par le fait que dans la pièce de forme (96) est ménagée une ouverture de passage (97) qui s'étend du tube (4) au tube supplémentaire (90) de la paroi pourvue de tubes, et dont la section transversale de passage est inférieure à la section transversale intérieure du tube (4).

12. Générateur de vapeur suivant l'une des revendications 1 à 11, caractérisé par le fait que le collecteur de sortie (7) possède une paroi en

forme de cylindre creux, dans laquelle un tube (4) de la paroi (2) garnie de tubes et, étanche aux gaz, débouche au moins approximativement tangentiellement et/ou à partir de laquelle s'étend radialement un tube supplémentaire (90) de la paroi garnie de tubes.

13. Générateur de vapeur suivant l'une des revendications 1 à 12, caractérisé par le fait qu'un séparateur d'eau (14) servant à séparer l'eau est branché, du point de vue de l'écoulement, en aval d'une surface de post-chauffage (14).

14. Générateur de vapeur suivant l'une des revendications 1 à 13, caractérisé par le fait qu'il est prévu une régulation superposée et/ou qui réalise une séparation.

15. Générateur de vapeur suivant la revendication 14, caractérisé par le fait qu'il est prévu un régulateur (37) qui agit sur le débit de l'eau d'alimentation et pour lequel est prédéterminée, en tant que valeur de consigne, la grandeur de sortie d'un régulateur superposé (29, 148,...) auquel est à nouveau envoyé, en tant que valeur réelle, l'une des grandeurs de régulation (a) à (f).

16. Générateur de valeur suivant la revendication 4, caractérisé par le fait que le tube de descente (8) forme, au niveau de la zone d'embouchure de la canalisation d'eau d'alimentation (47), un diffuseur (83) de la pompe à jet (80) comportant une tubulure de pression raccordée au collecteur d'entrée (6), et une tête (85) de la pompe à jet (80) comportant une tubulure d'aspiration (84) raccordée au collecteur de sortie (7).

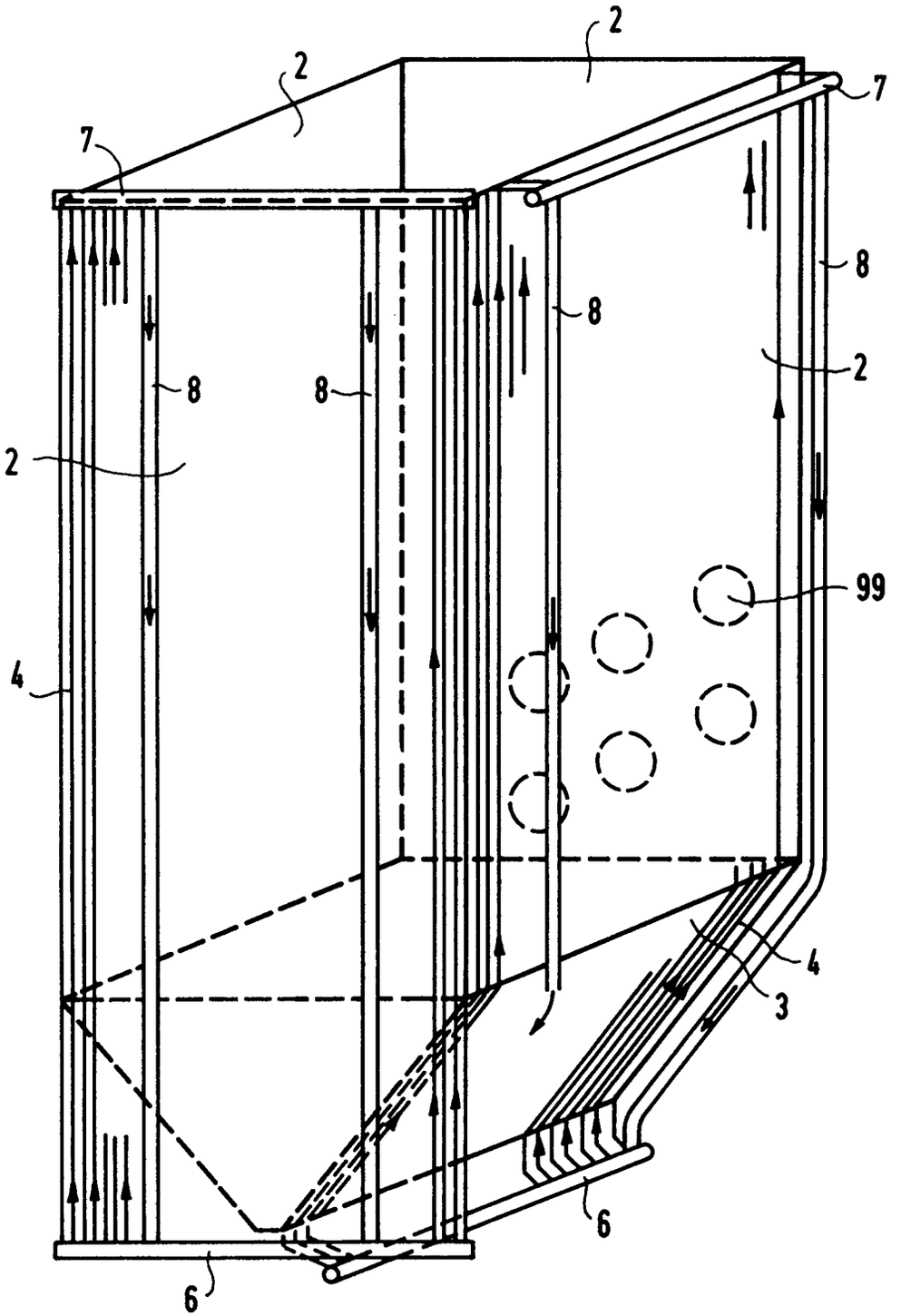


FIG 1

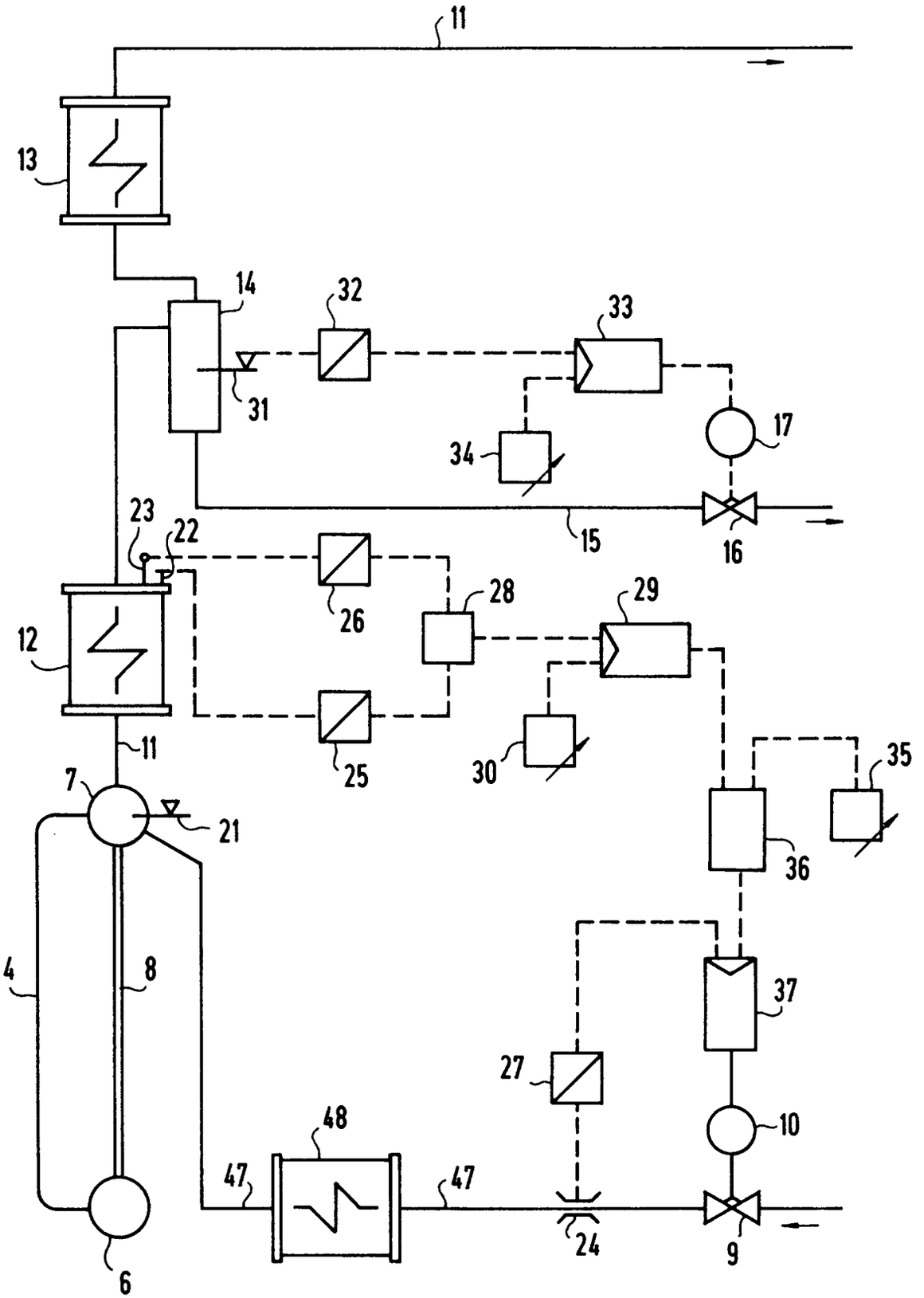

11
13
14
32
33
31
34
17
23
22
15
16
26
28
29
12
25
30
35
11
7
21
36
4
8
37
27
48
10
47
47
24
9
6

FIG 2

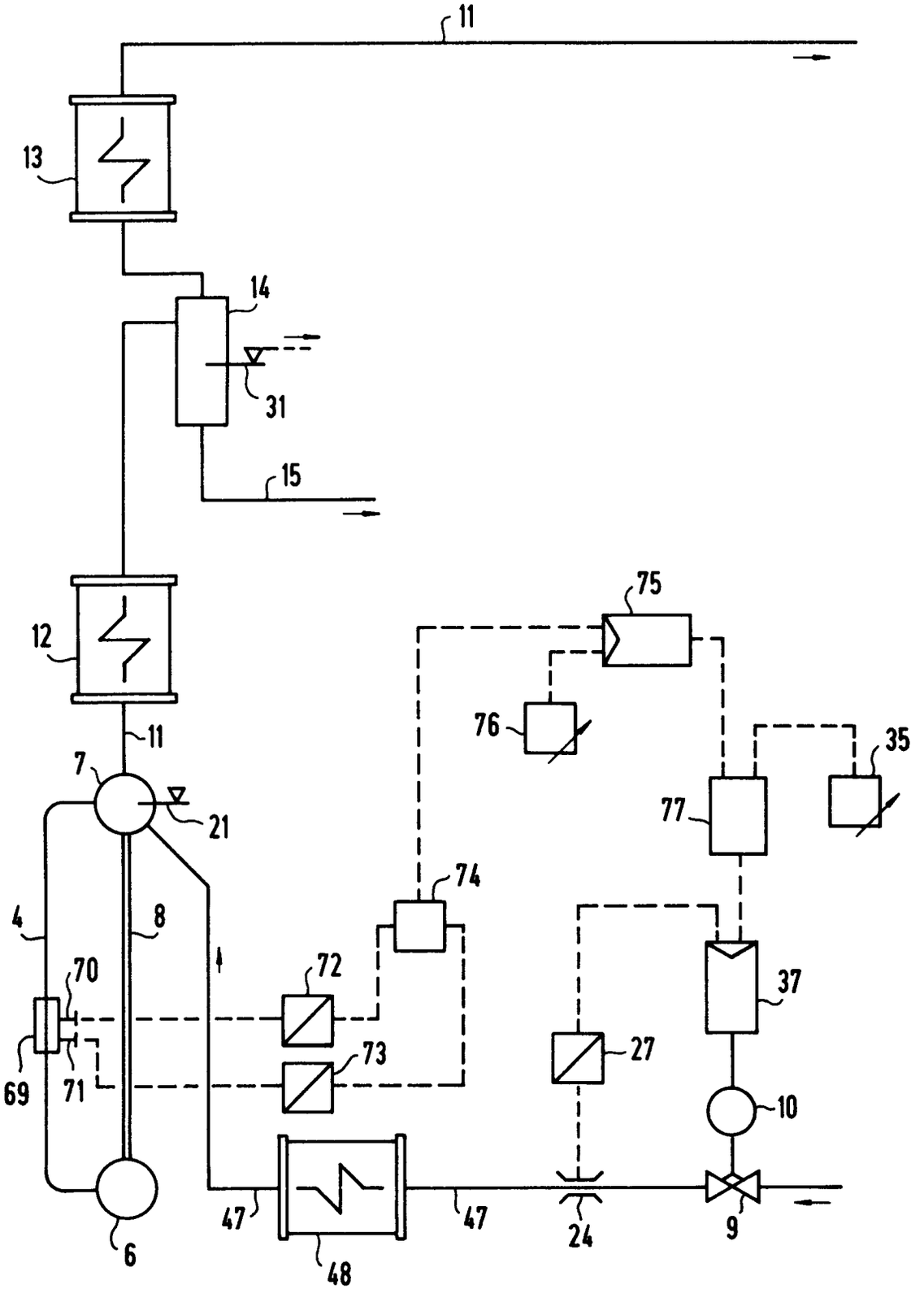

11
13
14
31
15
12
11
7
21
4
8
70
69
71
72
73
74
75
76
77
35
37
27
10
9
24
47
47
48
6

FIG 3

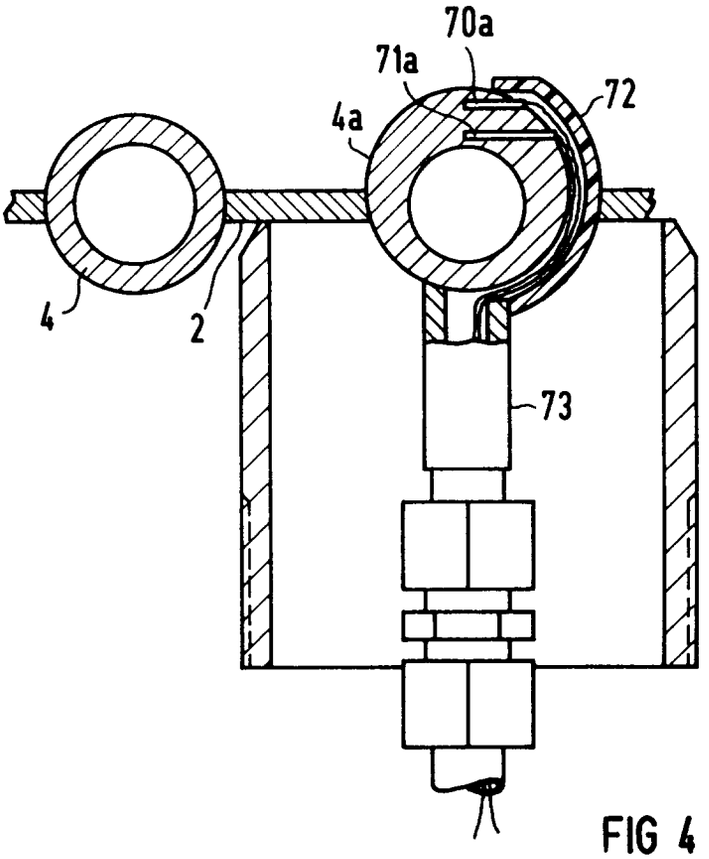


FIG 4

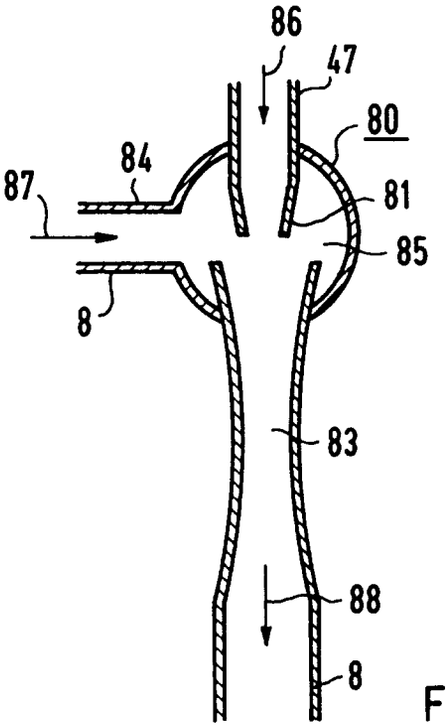


FIG 8

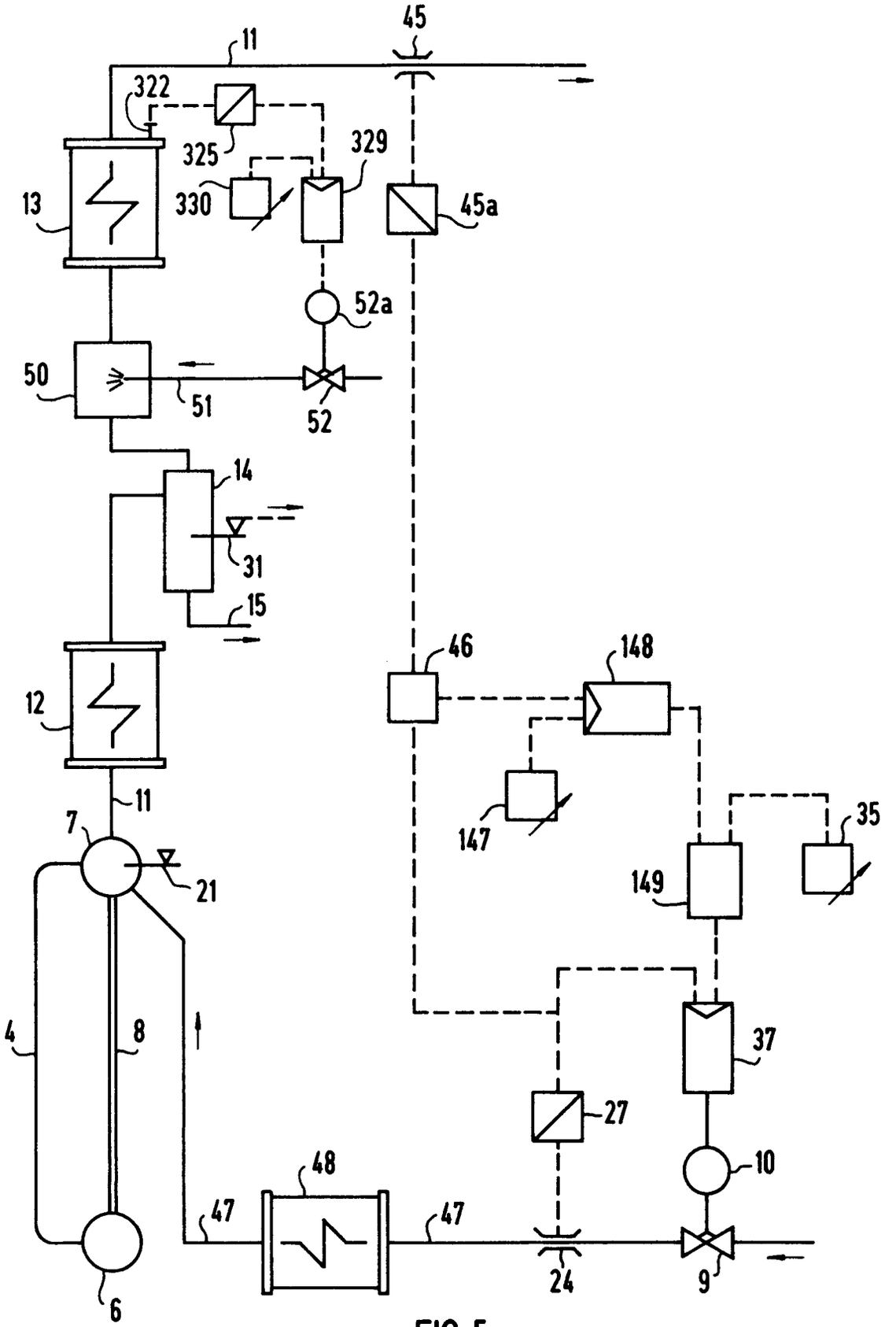

45
11
322
325
329
330
13
45a
52a
50
51
52
14
31
15
46
148
12
147
35
11
149
7
21
4
8
37
27
48
10
47
47
24
9
6

FIG 5

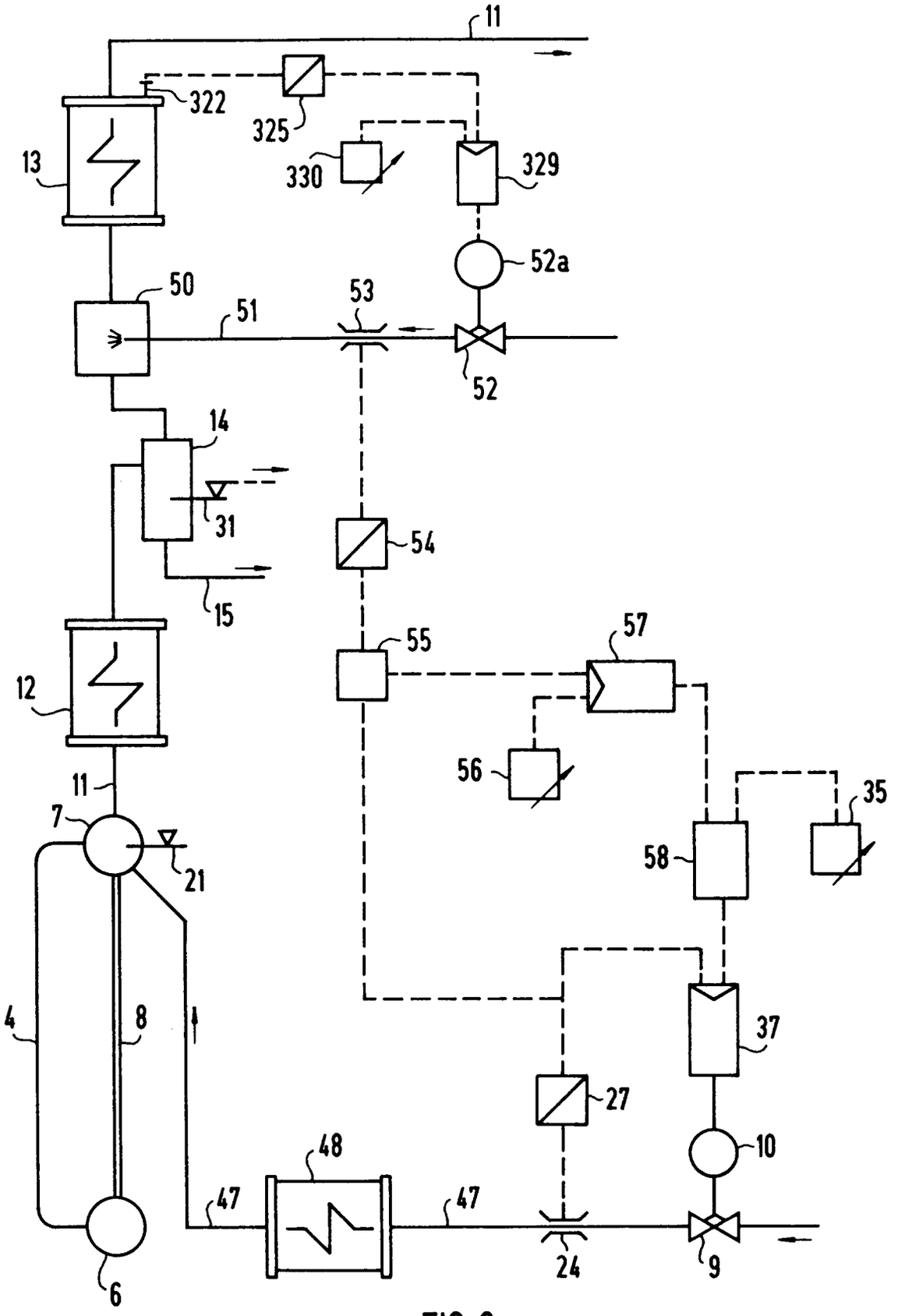

11
322
325
330
329
13
52a
50
53
51
52
14
31
54
15
55
57
12
56
35
11
58
7
21
37
4
8
27
48
10
47
47
24
9
6

FIG 6

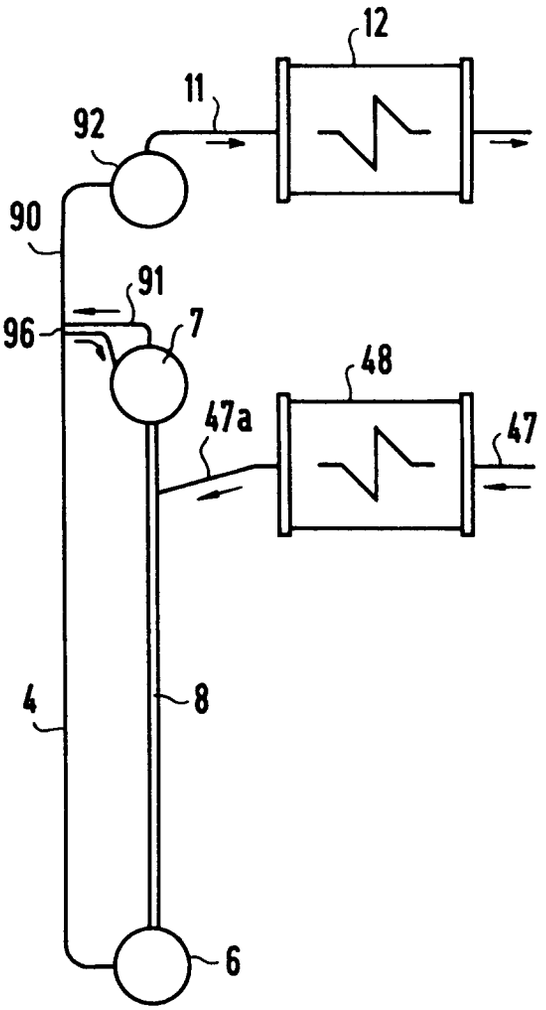


FIG 7

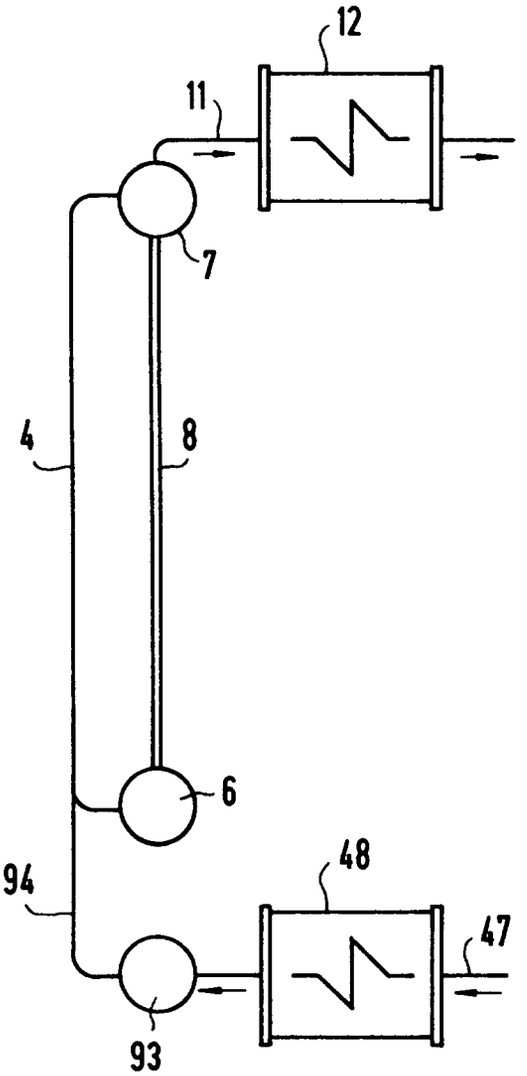


FIG 9

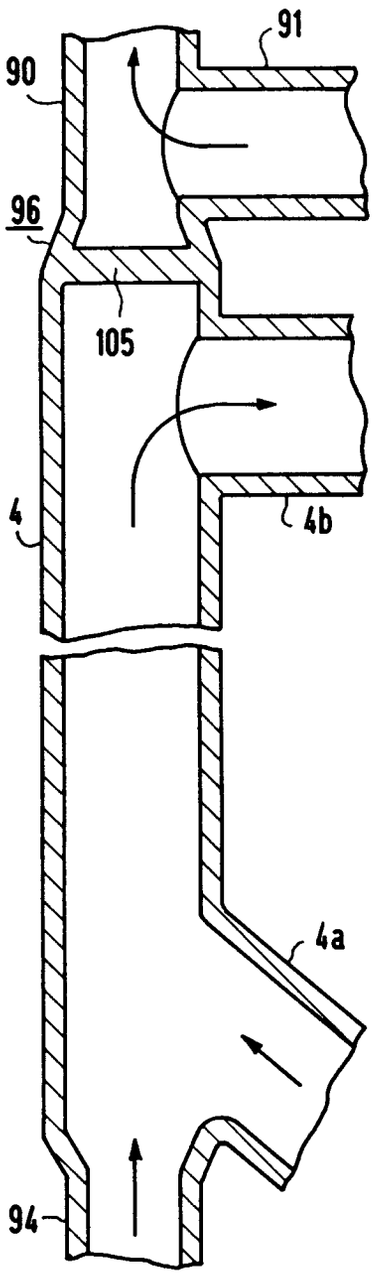


FIG 10

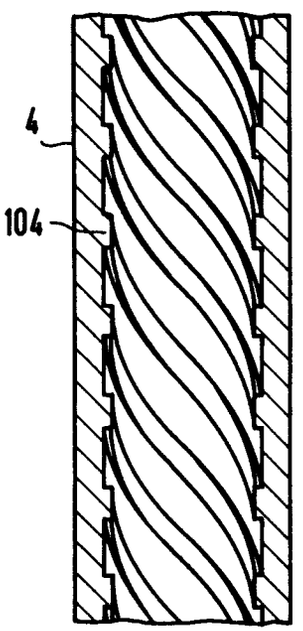


FIG 11

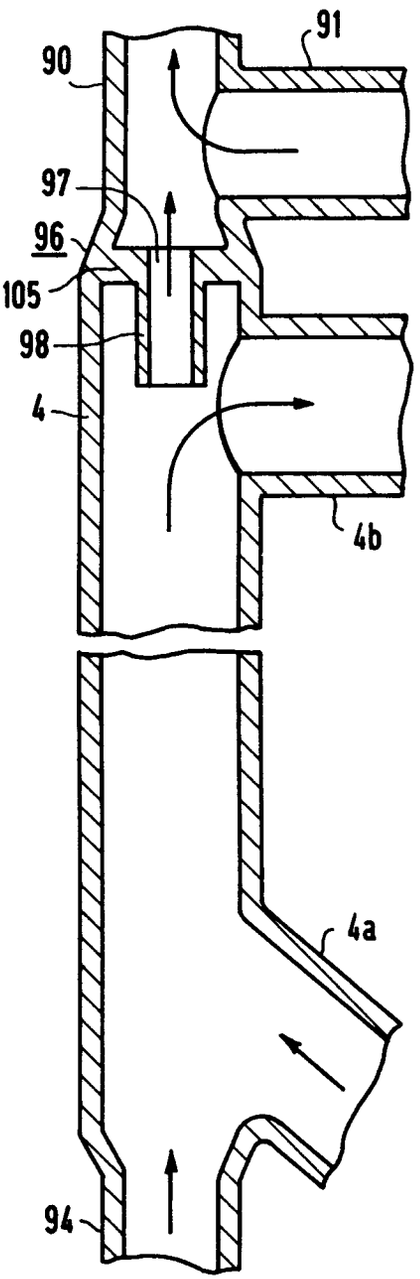


FIG 12

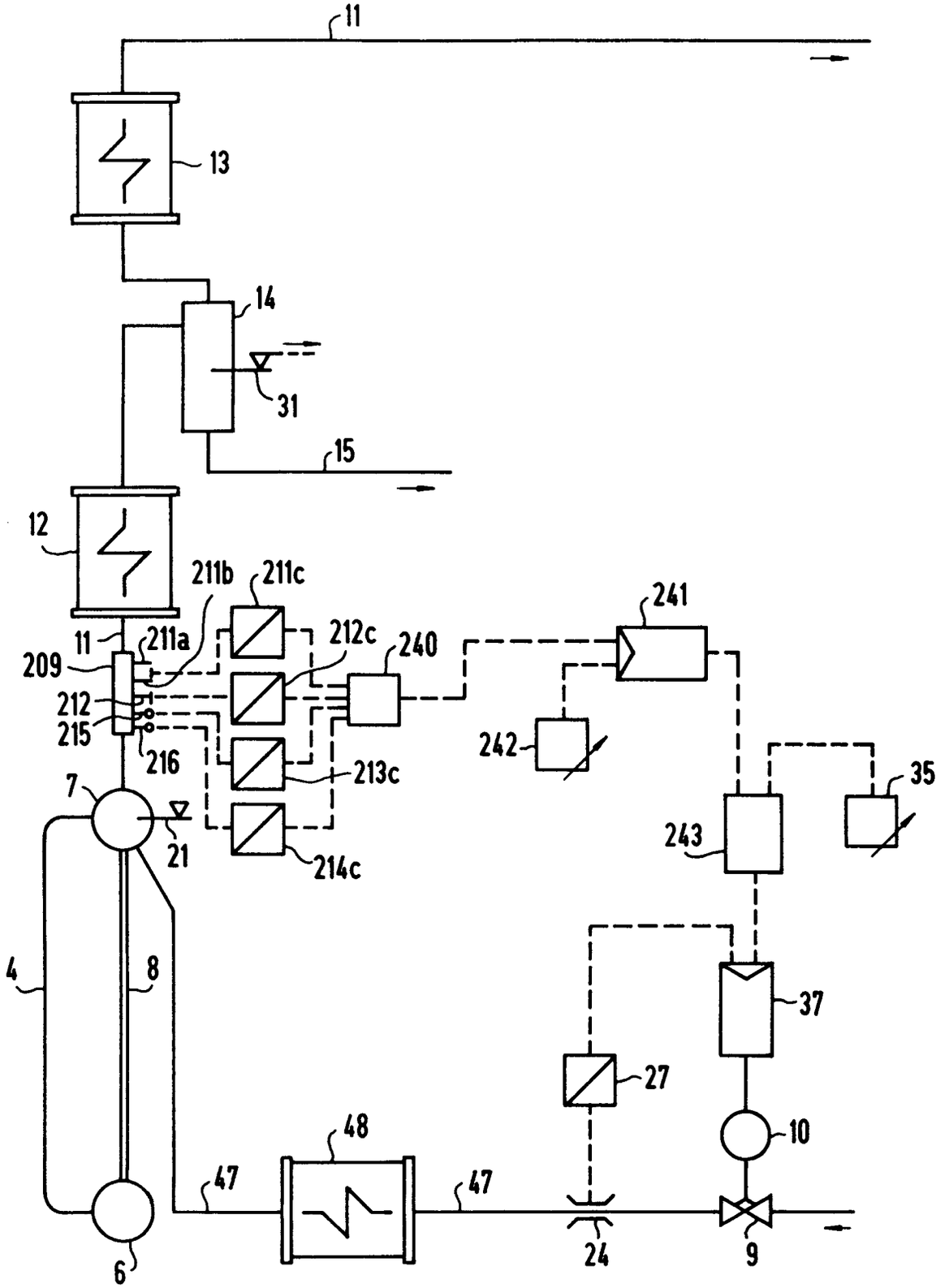

11
13
14
31
15
12
211b
211c
241
11
211a
212c
240
209
212
215
216
213c
242
35
7
21
214c
243
4
8
37
27
48
10
47
47
24
9
6

FIG 14

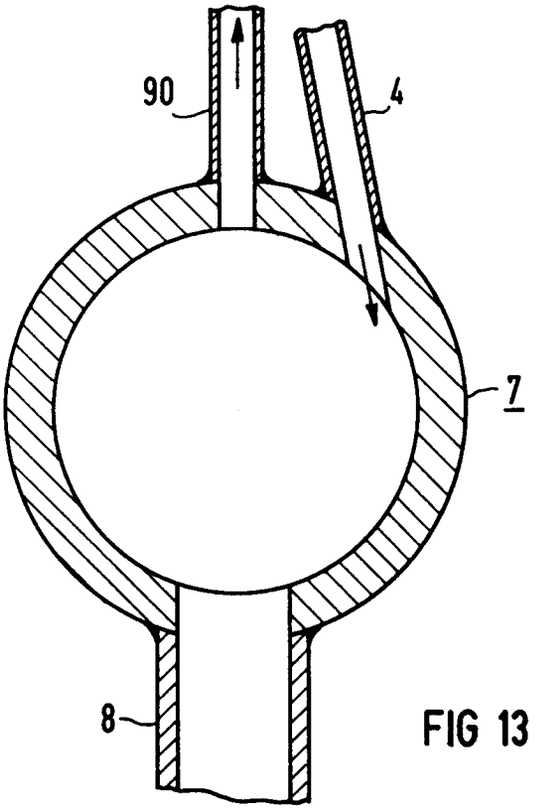

90
4
7
8

FIG 13

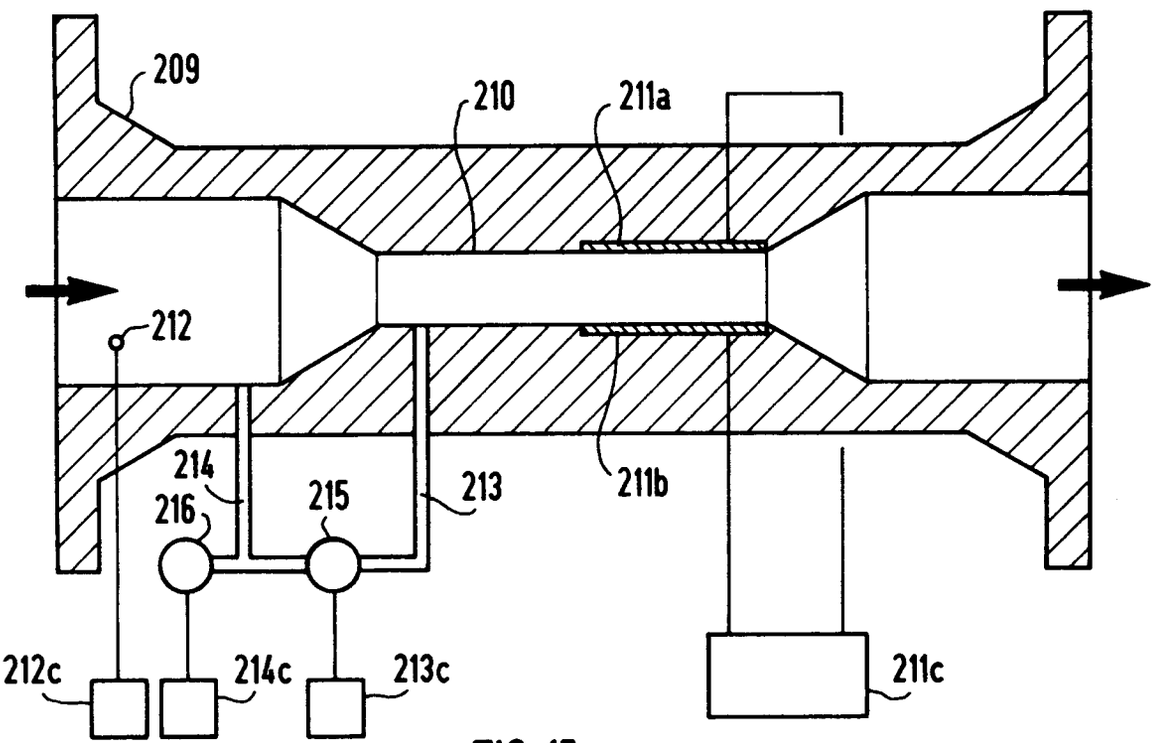

209
210
211a
212
214
216
215
213
211b
212c
214c
213c
211c

FIG 15