

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 808 440 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
18.08.1999 Patentblatt 1999/33

(51) Int Cl.⁶: **F22B 35/14**, F22B 35/10,
F22D 5/24

(21) Anmeldenummer: **96900860.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE96/00115

(22) Anmeldetag: **29.01.1996**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 96/24803 (15.08.1996 Gazette 1996/37)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM ANFAHREN EINES DURCHLAUFDAMPFERZEUGERS**
METHOD AND DEVICE FOR STARTING A ONCE-THROUGH STEAM GENERATOR
PROCEDE ET DISPOSITIF POUR LA MISE EN MARCHÉ D'UN GENERATEUR DE VAPEUR A
CIRCULATION OUVERTE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB LI SE

(30) Priorität: **09.02.1995 DE 19504308**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.11.1997 Patentblatt 1997/48

(73) Patentinhaber: **SIEMENS**
AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)

(72) Erfinder:

- **FRANKE, Joachim**
D-90518 Altdorf (DE)
- **WITTCHOW, Eberhard**
D-91054 Erlangen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 054 601
EP-A- 0 439 765

EP-A- 0 308 596

EP 0 808 440 B1

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).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Anfahren eines Durchlaufdampferzeugers mit einer Anzahl von Brennern für einen fossilen Brennstoff aufweisenden Brennkammer, deren gasdichte Umfassungswand aus mindestens annähernd vertikal verlaufend angeordneten Verdampferrohren gebildet ist, die mediumseitig von unten nach oben durchsetzt werden. Sie bezieht sich weiter auf eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] Während in einem Naturumlaufdampferzeuger ein im Umlauf geführtes Wasser-Wasserdampf-Gemisch nur teilweise verdampft, führt bei einem Durchlaufdampferzeuger die Beheizung von die gasdichten Umfassungswände einer Brennkammer bildenden vertikal angeordneten Verdampferrohren zu einer vollständigen Verdampfung des Strömungsmediums in den Verdampferrohren in einem Durchgang.

[0003] Üblicherweise wird dem Durchlaufstrom des Verdampfers des Durchlaufdampferzeugers - und häufig auch einem im Durchlaufdampferzeuger angeordneten rauchgasbeheizten Vorwärmer oder Economizer - während des Anfahrens ein Umlaufstrom überlagert, um durch entsprechend hohe Geschwindigkeiten in den Rohren diese sicher zu kühlen. Dabei beträgt der aus Durchlaufstrom und überlagertem Umlaufstrom bestehende Mindeststrom bei vertikal angeordneten Rohren in den Umfassungswänden der Brennkammer zwischen 25 % und 50 % des Vollaststroms. Dies bedeutet, daß beim Anfahrvorgang die Dampferzeugerlast erst auf mindestens 25 % bis 50 % gesteigert werden muß, bevor der wirkungsgradmäßig günstige Durchlaufbetrieb mit seinen hohen Dampfaustrittstemperaturen erreicht wird.

[0004] Wie aus der europäischen Patentschrift 0 054 601 B1 bekannt ist, wird daher üblicherweise zum Anfahren und in einem unter einer bestimmten Grenzlast von 50 % der Vollast liegenden Lastbereich die Menge des von einer Speisepumpe zu fördernden Strömungsmediums vorzugsweise konstant gehalten. Dabei ist der Förderstrom der Speisepumpe gleich dem Verdampferdurchsatz. Bei dieser Betriebsweise sind die mit dem Zünden eines ersten Brenners des Durchlaufdampferzeugers beginnenden und mit Erreichen des Durchlaufbetriebs mit seinen hohen Dampftemperaturen endenden Anfahrzeiten sehr lang. Dies hat verhältnismäßig hohe Anfahrverluste zur Folge, da deren Höhe wesentlich von den Anfahrzeiten beeinflußt werden.

[0005] Auch bei dem aus der europäischen Patentanmeldung 0 439 765 bekannten Dampferzeuger ist beim Anfahren im wesentlichen ein konstanter Speisewasserstrom vorgesehen. Gegen Ende des Anfahrvorgangs kann bei diesem Dampferzeuger aber auch eine Variation des Speisewasserstrom vorgesehen sein.

[0006] Im Zusammenhang mit den Bemühungen zur Steigerung des mittleren, auch den Anfahrvorgang umfassenden Wirkungsgrades einer Kraftwerksanlage,

insbesondere durch Realisierung hoher und höchster Dampfzustände, kommt daher einer Reduzierung der Anfahrverluste erhöhte Bedeutung zu. Weiterhin ist bei einer derartigen Kraftwerksanlage zu beachten, daß der für den Anfahrvorgang zu installierende Umwälzkreislauf, der üblicherweise mindestens eine Umwälzpumpe mit entsprechendem Zubehör oder einen Ablaufwärmetauscher umfaßt, mit einem hohen technischen Aufwand verbunden ist und daher hohe Investitionskosten erfordert. Diese Investitionskosten nehmen mit der Realisierung hoher und höchster Dampfdrücke stark zu.

[0007] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Betreiben eines Durchlaufdampferzeugers mit niedrigen Anfahrverlusten anzugeben. Dies soll bei einer zur Durchführung des Verfahrens geeigneten Vorrichtung mit geringem technischen Aufwand erreicht werden.

[0008] Bezüglich des Verfahrens wird diese Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Verdampferdurchsatz in Abhängigkeit von der dem oder jedem Brenner pro Zeiteinheit zugeführten Brennstoffmenge eingestellt wird, wobei der Verdampferdurchsatz proportional zur Feuerwärmeleistung in der Brennkammer eingestellt wird.

[0009] Mit anderen Worten: Da die auf Vollast, d.h. auf 100 % Last, bezogene prozentuale Feuerungswärmeleistung als Ziel- oder Sollwert (setpoint) für den prozentualen Verdampferdurchsatz gewählt wird, wird der Verdampferdurchsatz, d.h. die Menge des dem Verdampfer pro Zeiteinheit zugeführten und diesen durchströmenden Mediums, bei erfindungsgemäßem Vorgehen innerhalb eines engen Toleranzbandes eingestellt.

[0010] Die Erfindung geht dabei von der Erkenntnis aus, daß ein Durchlaufdampferzeuger auch mit einer schnell steigenden Feuerleistung angefahren werden kann, da seine verhältnismäßig dünnwandigen Bauteile große Temperaturänderungsgeschwindigkeiten zulassen. Aufgrund der geringen Speichermasse des Verdampfers setzt eine rasche Dampfbildung ein, wodurch zur Überhitzung erzeugten Dampfes vorgesehene Überhitzerheizflächen gut gekühlt werden.

[0011] Den herkömmlichen Anfahr-Verfahren für Durchlaufdampferzeuger lag dabei die Annahme zugrunde, daß die Verdampferrohre der hochbeheizten Brennkammer nur dann gut gekühlt werden, wenn die Mediumströmung in den Rohren turbulent ist, was eine entsprechend hohe Massenstromdichte in den Rohren auch während des Anfahrvorganges voraussetzt.

[0012] Die Erfindung geht nun von der Überlegung aus, daß auch bei sehr niedrigen Massenstromdichten und zugleich hohen Warmestromdichten ein sehr guter Wärmeübergang von einer Rohrwand an das Strömungsmedium vorhanden ist, wenn sich eine sogenannte Ringströmung ausbildet. Neuere Untersuchungen zum inneren Wärmeübergang in vertikalen Rohren haben überraschenderweise auch bei sehr niedrigen Massenstromdichten die Ausbildung einer derartigen Ringströmung bestätigt, bei der stets ein großer Was-

seranteil im durch ein Wasser-Wasser/ Dampf-Gemisch gebildeten Strömungsmedium an die Rohrwand transportiert wird. Dies führt auch bei einem unterhalb von etwa 25 % des Vollaststromes, d.h. des Verdampferdurchsatzes bei 100 % Last, liegenden Mindeststrom zu dem erwähnten guten Wärmeübergang.

[0013] Das beschriebene wärmetechnische Phänomen wird bei dem Verfahren zum Betreiben eines Durchlaufdampferzeugers während des Anfahrens insbesondere dann besonders günstig umgesetzt, wenn ausgehend von einem Mindestdurchsatz des Verdampfers von weniger als 15 %, vorzugsweise weniger als 10 %, z.B. 5 % des Vollastdurchsatzes der Verdampferdurchsatz nur in einer schmalen Bandbreite von der prozentualen, auf Vollast bezogenen Feuerungswärmeleistung abweicht.

[0014] Zu Beginn des Anfahrvorgangs wird zweckmäßigerweise der Verdampferdurchsatz auf 5 % bis 10 % des Vollast-Durchsatzes begrenzt. Dadurch ist von Anfang an eine gleichmäßige Aufwärtsströmung in allen Verdampferrohren gewährleistet. Nach dem Zünden des ersten Brenners wird der Verdampferdurchsatz derart eingestellt, daß der auf den Vollast-Durchsatz bezogene prozentuale Verdampferdurchsatz innerhalb einer bestimmten Bandbreite gleich der auf Vollast bezogenen prozentualen Feuerungswärmeleistung ist. Dabei erstreckt sich die Bandbreite vorzugsweise zwischen 3 bis 8 % oberhalb und zwischen 2 bis 3 % unterhalb der über die Zeit ansteigenden, prozentualen Feuerungswärmeleistung. Diese Bedingung einer asymmetrischen Bandbreite gilt insbesondere für eine Feuerungswärmeleistung, bei der eine stabile Verbrennung sichergestellt ist.

[0015] Bezüglich der Vorrichtung zum Anfahren eines Durchlaufdampferzeugers mit einer Anzahl von Brennern für einen fossilen Brennstoff aufweisenden Brennkammer, deren gasdichte Umfassungswand aus mindestens annähernd vertikal verlaufend angeordneten Verdampferrohren gebildet ist, die mediumseitig von unten nach oben durchströmbar sind, wird die genannte Aufgabe gelöst durch einen Reglerbaustein zur Einstellung der Menge des dem Verdampfer pro Zeiteinheit zugeführten Mediums in Abhängigkeit von der dem oder jedem Brenner pro Zeiteinheit zugeführten Brennstoffmenge. Dabei ist die durch eine vom Reglerbaustein ermittelte Stellgröße bestimmte Verdampferdurchsatzrate proportional zur aus der Brennstoffmenge ermittelten Feuerungswärmeleistung. Der Reglerbaustein ist dabei verbunden mit einem in eine in den Verdampfer führende Speisewasserleitung geschalteten Stellglied und mit einem in eine an den oder jeden Brenner führenden Brennstoffleitung geschalteten zweiten Durchflußmeßfühler.

[0016] Zwar ist aus der Druckschrift EP-A-0 308 596 eine Einrichtung zur Regelung der Speisewassermenge einer Naturumlauf-Dampferzeugeranlage bekannt, bei der einem Reglerbaustein ein eine den Brenner zugefilterte Brennstoffmenge charakterisierender Meßwert

zuführbar ist. Aus dieser Druckschrift geht jedoch nicht hervor, wie ein vom Reglerbaustein ermittelter Sollwert für die Speisewassermenge von der Feuerungswärmeleistung abhängen könnte.

[0017] Die Regelgröße ist zweckmäßigerweise der Verdampferdurchsatz, d.h. die Menge der den Verdampfer mediumseitig pro Zeiteinheit zugeführten Speisewassers. Vorteilhafterweise ist der Reglerbaustein mit einem in die Speisewasserleitung geschalteten Durchflußmeßfühler verbunden.

[0018] Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, daß durch einen mit der Feuerungswärmeleistung gleichmäßig ansteigenden Verdampferdurchsatz während eines Anfahrvorgangs eines Durchlaufdampferzeugers die Anfahrverluste sinken, da bereits bei niedriger Last ein wirkungsgradmäßig günstiger Durchlaufbetrieb erreicht wird. Dabei können vorteilhafterweise die Umwälzpumpen oder Ablaufwärmetauscher entfallen, so daß die Investitionskosten reduziert und die Anlagenverfügbarkeit erhöht sind.

[0019] Da auch eine Rückführung von abgeschiedenem Wasser aus einer dem Verdampfer nachgeschalteten Wasser-Dampf-Trenneinrichtung in eine Stelle zwischen Speisepumpe und Verdampfer entfällt, ist bei einer Schaltung ohne Umwälzpumpe die Einstellung des Anfahrvorgangs wesentlich vereinfacht. Dadurch werden Schwankungen der Enthalpie bei Eintritt des Wasserstroms in den Verdampfer und damit auch Schwankungen des aus dem Verdampfer austretenden Wasserstroms vermieden.

[0020] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

Figur 1 schematisch einen Durchlaufdampferzeuger mit vertikalem Gaszug und einer Anfahr-Regelvorrichtung, und

Figur 2 ein Anfahr-Diagramm für einen Verdampferdurchsatz und eine Feuerungswärmeleistung.

[0021] Der vertikale Gaszug des Dampferzeugers 1 gemäß Figur 1 mit rechteckigem Querschnitt ist durch eine Umfassungswand 2 gebildet, die am Unterende des Gaszugs in einen trichterförmigen Boden 3 übergeht. Verdampferrohre 4 der Umfassungswand 2 sind an ihren Längsseiten gasdicht miteinander verbunden, z.B. verschweißt. Der Boden 3 umfaßt eine nicht näher dargestellte Austragsöffnung 3a für Asche.

[0022] Der untere Bereich der Umfassungswand 2 bildet die mit einer Anzahl von Brennern 5 versehene Brennkammer 6 des Durchlaufdampferzeugers 1.

[0023] Die mediumseitig, d.h. von Speisewasser oder einem Wasser/Wasser-Dampf-Gemisch, von unten nach oben parallel - oder bei Verdampferrohrgruppen hintereinander - durchströmten Verdampferrohre 4 der Umfassungswand 2 sind mit ihren Eintrittsenden an einen Eintrittssammler 8 und mit ihren Austrittsenden an einen Austrittssammler 10 angeschlossen. Der Eintritts-

sammler 8 und der Austrittssammler 10 befinden sich außerhalb des Gaszugs und sind z.B. jeweils durch ein ringförmiges Rohr gebildet.

[0024] Der Eintrittssammler 8 ist über eine Leitung 12 und einen Sammler 14 mit dem Ausgang eines Hochdruck-Vorwärmers oder Economizers 15 verbunden. Die Heizfläche des Economizers 15 ist in einem oberhalb der Brennkammer 6 liegenden Raum der Umfassungswand 2 angeordnet. Der Economizer 15 ist eingangsseitig über einen Sammler 16 mit einem Speisewasserbehälter 18 verbunden, der in nicht näher dargestellter Art und Weise über einen Kondensator mit einer Dampfturbine verbunden und somit in deren Wasserdampf-Kreislauf geschaltet ist.

[0025] Der Austrittssammler 10 ist über ein Wasserdampf-Trenngefäß 20 und eine Leitung 22 mit einem Hochdruck-Überhitzer 24 verbunden, der innerhalb der Umfassungswand 2 zwischen dem Economizer 15 und der Brennkammer 5 angeordnet ist. Der Hochdruck-Überhitzer 24 ist während des Betriebs ausgangsseitig über einen Sammler 26 mit einem Hochdruckteil der Dampfturbine verbunden. Zwischen dem Hochdruck-Überhitzer 24 und dem Economizer 15 ist innerhalb der Umfassungswand 2 ein Zwischenüberhitzer 28 vorgesehen, der über Sammler 30, 32 zwischen dem Hochdruckteil und einem Mitteldruckteil der Dampfturbine geschaltet ist.

[0026] In die Speisewasserleitung 17 sind in Strömungsrichtung des Speisewassers S aus dem Speisewasserbehälter 18 hintereinander eine motorbetriebene Speisewasserpumpe 34 und ein mittels Dampf D beheizter Wärmetauscher 36 zur Speisewasservorwärmung sowie ein Ventil 38 und ein Durchflußmeßfühler 40 geschaltet. Der Durchflußmeßfühler 40 dient zur Ermittlung der pro Zeiteinheit über die Speisewasserleitung 17 geführten Menge an Speisewasser S. Die pro Zeiteinheit über die Leitung 17 geführte Menge des Speisewassers S entspricht der dem aus den Verdampferrohren 4 bestehenden Verdampfer zugeführten Speisewassermenge und somit dem Verdampferdurchsatz.

[0027] Ein weiterer Durchflußmeßfühler 42 ist in eine Brennstoffleitung 44 geschaltet, die über Teilleitungen 46 in die Brenner 5 mündet. In die Brennstoffleitung 44 ist ein Ventil 48 zur Einstellung der dem oder jedem Brenner 5 pro Zeiteinheit zugeführten Menge an Brennstoff B geschaltet.

[0028] Die Durchflußmeßfühler 40 und 42 sind über Signalleitungen 50 und 52, in die Wandler 51 bzw. 53 geschaltet sind, mit einem Reglerbaustein 54 verbunden. Der Reglerbaustein 54 ist über eine Leitung 56 mit dem Ventil 38 verbunden. Der Reglerbaustein 54 kann alternativ auch über eine gestrichelt dargestellte Leitung 56' mit der motorbetriebenen Speisewasserpumpe 34 verbunden sein. Der Reglerbaustein 54 und die Durchflußmeßfühler 40, 42 sowie das zur Einstellung der Menge des Speisewassers S dienende Ventil 38 sind Bestandteil einer Regelvorrichtung 58 zum Anfahren des Durchlaufdampfzeugers 1. Anstelle des Ventils

38 kann auch die Speisewasserpumpe 34 selbst durch Veränderung ihrer Drehzahl zur Einstellung der Menge des über die Speisewasserleitung 17 geführten Speisewassers S herangezogen werden.

[0029] Die Regelvorrichtung 58 dient zur Einstellung des Verdampferdurchsatzes in Abhängigkeit von der dem oder jedem Brenner 5 pro Zeiteinheit zugeführten Brennstoffmenge während eines Anfahrvorgangs. Dazu wird dem Reglerbaustein 54 über die Signalleitung 50 der mittels des Durchflußmeßfühlers 40 gemessene aktuelle Wert der Menge des dem Verdampfer, d.h. den Verdampferrohren 4, pro Zeiteinheit zugeführten Menge des Speisewassers S zugeführt. Dieser dem Reglerbaustein 54 von dem Durchflußmeßfühler 42 zugeführte Wert entspricht dem aktuellen Verdampferdurchsatz VD (Figur 2). Außerdem wird dem Reglerbaustein 54 über die Signalleitung 52 der aktuelle Wert der Feuerungswärmeleistung FW (Figur 2) in der Brennkammer 6 zugeführt. Dazu wird mittels des Durchflußmeßfühlers 42 die Menge des den Brennern 5 über die Brennstoffleitung 44 zum aktuellen Zeitpunkt zugeführten Brennstoffs B ermittelt. Dieser Brennstoffdurchsatz wird mittels des Wandlers 53 in die entsprechende Feuerungswärmeleistung FW umgewandelt. Im Reglerbaustein 54 wird aus einem Vergleich der aktuellen Feuerungswärmeleistung FW und des aktuellen Verdampferdurchsatzes VD eine Stellgröße SG ermittelt, die über die Leitung 56 oder 56' das Ventil 38 bzw. die Drehzahl der Speisewasserpumpe 34 steuert. Dabei wird die Menge des über die Speisewasserleitung 17 geführten Speisewassers S und damit der Verdampferdurchsatz VD proportional zur Feuerungswärmeleistung FW in der Brennkammer 6 eingestellt, wobei der Verdampferdurchsatz VD als Regelgröße dient.

[0030] Der zeitabhängige Verlauf des Verdampferdurchsatzes VD und der Feuerungswärmeleistung FW ist in Figur 2 dargestellt.

[0031] Während die Abszisse die Zeitachse darstellt, sind auf der Ordinate Prozentzahlen aufgetragen, die auf den maximalen Verdampferdurchsatz (Verdampferdurchsatz bei 100 % Last) und auf die maximale Feuerungswärmeleistung (Feuerungswärmeleistung bei 100 % Last) bezogen sind.

[0032] Zum Zeitpunkt t_0 , d.h. vor dem Zünden eines ersten Brenners 5, wird vorzugsweise bereits ein Mindestdurchsatz von weniger als 15 % des Durchsatzes bei 100 % Last (Vollastdurchsatz) eingestellt. Im Ausführungsbeispiel liegt dieser Mindestdurchsatz innerhalb einer Bandbreite BD von 5 % bis 10 % des Durchsatzes bei 100 % Last, d.h. des maximalen Verdampferdurchsatzes VD. Dieser Mindestdurchsatz von 5 % bis 10 % des maximalen Verdampferdurchsatzes VD wird zu Beginn des Anfahrvorgangs eingestellt.

[0033] Während des Vorgangs wird zu einem Zeitpunkt t_1 der erste Brenner 5 gezündet, wobei die Feuerungswärmeleistung FW zunächst sprunghaft ansteigt. Durch Zünden eines zweiten Brenners 5 zum Zeitpunkt t_2 und eines dritten Brenners 5 zum Zeitpunkt t_3 steigt

die Feuerungswärmeleistung FW zunächst stufenweise an. Ab einer Feuerungswärmeleistung FW von etwa 6 % der maximalen Feuerungswärmeleistung steigt die Feuerungswärmeleistung FW kontinuierlich über die Zeit t an. Mit dem kontinuierlichen Anstieg der Feuerungswärmeleistung FW wird auch der Verdampferdurchsatz VD kontinuierlich erhöht. Dabei wird der Verdampferdurchsatz VD vorzugsweise derart eingestellt, daß der auf den Durchsatz bei Vollast bezogene prozentuale Verdampferdurchsatz VD innerhalb der Bandbreite BD von 5 % bis 10 % des Durchsatzes bei Vollast gleich der auf Vollast, d.h. auf 100 % Last, bezogenen prozentualen Feuerungswärmeleistung FW ist. Die Bandbreite BD, innerhalb der der Verdampferdurchsatz VD mit der Feuerungswärmeleistung FW über die Zeit ansteigt, ist nach oben begrenzt durch eine obere Grenzlinie OG und nach unten durch eine untere Grenzlinie UG.

[0034] Vorzugsweise wird der Verdampferdurchsatz VD während des Anfahrvorgangs gleichmäßig mit der Feuerungswärmeleistung FW zeitlich ansteigend eingestellt. Dabei ist die Bandbreite BD - wie aus der Figur 2 ersichtlich - asymmetrisch, wobei eine Abweichung des prozentualen Verdampferdurchsatzes VD von der prozentualen Feuerungswärmeleistung nach oben um 3 % bis 8 % und nach unten um 2 % bis 3 % des Durchsatzes bei 100 % Last zulässig ist. Die Bandbreite BD beträgt im Ausführungsbeispiel 5 %, so daß eine Abweichung A_o von der Feuerungswärmeleistung FW nach oben um 3 % und eine Abweichung A_u von der Feuerungswärmeleistung FW nach unten um 2 % zulässig ist.

[0035] Mittels der Regelvorrichtung 58 wird daher die Menge des dem Verdampfer 4 pro Zeiteinheit zugeführten Speisewassers S derart eingestellt, daß der Verdampferdurchsatz nur in einer schmalen Bandbreite von vorzugsweise 5 % bis 10 % von der prozentualen Feuerungswärmeleistung FW abweicht. Schon bei einem Minstdurchsatz von weniger als 15 %, d.h. auch bei einer Begrenzung des Verdampferdurchsatzes VD zu Beginn des Anfahrvorgangs auf vorzugsweise 5 % bis 10 % des Durchsatzes bei Vollast wird eine gleichmäßige Aufwärtsströmung in allen Verdampferrohren 4 gewährleistet. Durch ein solches Anfahrverhalten werden Anfahrverluste besonders gering gehalten, da bereits bei niedriger Last der wirkungsgradmäßig günstige Durchlaufbetrieb erreicht wird.

[0036] Bisher üblicherweise eingesetzte Umwälzpumpen oder Ablaufwärmetauscher können bei diesem Anfahr-Verfahren entfallen. In dem in Figur 1 dargestellten Wasser-Dampf-Trenngefäß 20 abgetrenntes Wasser kann ohne zusätzliche Pumpen direkt über eine Rückführleitung 62, in die ein Ventil 63 geschaltet ist, in den Speisewasserbehälter 18 und damit in den Wasser-Dampf-Kreislauf zurückgeführt werden. Da somit auch eine Rückführung des Speisewassers S aus dem Wasser-Dampf-Trenngefäß 20 in Strömungsrichtung des Speisewassers S vor den Verdampfer 4 oder vor den

Economizer 15 und damit hinter den Speisewasserbehälter 18 entfallen kann, wird eine besonders einfache Regelung des Anfahr-Vorgangs erreicht.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Anfahren eines Durchlaufdampferzeugers mit einer Anzahl von Brennern (5) für einen fossilen Brennstoff (B) aufweisenden Brennkammer (6), deren gasdichte Umfassungswand (2) aus mindestens annähernd vertikal verlaufend angeordneten Verdampferrohren (4) gebildet ist, die mediumsseitig von unten nach oben durchsetzt werden,
dadurch gekennzeichnet, daß der Verdampferdurchsatz (VD) in Abhängigkeit von der dem oder jedem Brenner (5) pro Zeiteinheit zugeführten Brennstoffmenge eingestellt wird, wobei der Verdampferdurchsatz (VD) proportional zur Feuerungswärmeleistung (FW) in der Brennkammer (6) eingestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß zu Beginn des Anfahrvorgangs ein Minstdurchsatz des Verdampfers (4) von weniger als 15 %, vorzugsweise weniger als 10 %, des Durchsatzes bei 100 % Last (Vollast-Durchsatz) eingestellt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, daß der Verdampferdurchsatz (VD) gleichmäßig mit der Feuerungswärmeleistung (FW) zeitlich ansteigend eingestellt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3
dadurch gekennzeichnet, daß der Verdampferdurchsatz (VD) derart eingestellt wird, daß der auf den Vollast-Durchsatz bezogene prozentuale Verdampferdurchsatz (VD) innerhalb einer Bandbreite (BD) gleich der auf Vollast bezogenen prozentualen Feuerungswärmeleistung (FW) ist.
5. Verfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, daß die Bandbreite (BD) asymmetrisch ist, wobei eine Abweichung (A_o , A_u) des prozentualen Verdampferdurchsatzes (VD) von der prozentualen Feuerungswärmeleistung (FW) nach oben um 3 % bis 8 % und nach unten um 2 % bis 3 % des Vollast-Durchsatzes zulässig ist.
6. Vorrichtung zum Anfahren eines Durchlaufdampferzeugers mit einer Anzahl von Brennern (5) für einen fossilen Brennstoff (B) aufweisenden Brennkammer (6), deren gasdichte Umfassungswand (2) aus mindestens annähernd vertikal verlaufend angeordneten Verdampferrohren (4) gebil-

det ist, mit einem Reglerbaustein (54) zur Ermittlung einer den Verdampferdurchsatz (VD) bestimmenden Stellgröße (SG), wobei der durch die Stellgröße (SG) bestimmte Verdampferdurchsatz (VD) proportional zur aus der Menge des dem oder jedem Brenner (5) pro Zeiteinheit zugeführten Brennstoffs (B) ermittelten Feuerwärmeleistung (FW) ist, und wobei der Reglerbaustein (54) verbunden ist mit einem in eine in den Verdampfer (4) führenden Speisewasserleitung (17) geschalteten Stellglied (34, 38) und mit einem in eine an den oder jeden Brenner führenden Brennstoffleitung (44) geschalteten Durchflußmeßfühler (42).

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Reglerbaustein (54) verbunden ist mit einem in die Speisewasserleitung (17) geschalteten Durchflußmeßfühler (40).

Claims

1. Method for starting up a continuous-flow steam generator having a combustion chamber (6) which possesses a number of burners (5) for a fossil fuel (B) and the gas-tight containing wall (2) of which is formed from at least approximately vertically arranged evaporator tubes (4), through which the medium passes from the bottom upwards, characterized in that the evaporator throughput (VD) is set in dependence on the fuel quantity supplied to the or each burner (5) per unit time, the evaporator throughput (VD) being set in proportion to the firing heat capacity (FW) in the combustion chamber (6).
2. Method according to Claim 1, characterized in that, at the commencement of the starting-up operation, a minimum throughput of the evaporator (4) of less than 15%, preferably less than 10%, of the throughput under 100% load (full-load throughput) is set.
3. Method according to Claim 1 or 2, characterized in that the evaporator throughput (VD) is set so as to rise uniformly with the firing heat capacity (FW) in time.
4. Method according to one of Claims 1 to 3, characterized in that the evaporator throughput (VD) is set in such a way that the percentage evaporator throughput (VD) related to the full-load throughput, within a bandwidth (BD), is equal to the percentage firing heat capacity (FW) related to full load.
5. Method according to Claim 4, characterized in that the bandwidth (BD) is asymmetric, a deviation (A_0 , A_u) of the percentage evaporator throughput (VD) from the percentage firing heat capacity (FW) upwards by 3% to 8% and downwards by 2% to 3% of

the full-load throughput being permissible.

6. Apparatus for starting up a continuous-flow steam generator having a combustion chamber (6) which possesses a number of burners (5) for a fossil fuel (B) and the gas-tight containing wall (2) of which is formed from at least approximately vertically arranged evaporator tubes (4), having a controller module (54) for establishing a regulating variable (SG) determining the evaporator throughput (VD), the evaporator throughput (VD) determined by the regulating variable (SG) being proportional to the firing heat capacity (FW) established from the quantity of fuel (B) fed to the or each burner (5) per unit time, and the controller module (54) being connected to a regulating element (34, 38) connected into a feedwater conduit (17) leading to the evaporator (4) and to a throughflow-measuring sensor (42), connected into a fuel conduit (44) leading to the or each burner.
7. Apparatus according to Claim 6, characterized in that the controller module (54) is connected to a throughflow-measuring sensor (40) connected into the feed-water conduit (17).

Revendications

1. Procédé pour la mise en marche d'un générateur de vapeur à circulation ouverte, comprenant une chambre de combustion (6) qui comporte un certain nombre de brûleurs (5) pour un combustible fossile (B) et dont la paroi de pourtour (2) étanche aux gaz est formée de tubes d'évaporation (4) qui sont disposés au moins sensiblement verticalement et dans lesquels le fluide passe de bas en haut, caractérisé par le fait que l'on règle le débit d'évaporateur (VD) en fonction de la quantité de combustible envoyée par unité de temps au brûleur (5) ou à chaque brûleur (5), le débit d'évaporateur (VD) étant réglé proportionnellement à la puissance calorifique de foyer (FW) dans la chambre de combustion (6).
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que, au début de l'opération de mise en marche, on règle un débit minimal de l'évaporateur (4) représentant moins de 15 %, de préférence moins de 10 %, du débit à 100 % de charge (débit en pleine charge).
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé par le fait que l'on règle le débit de l'évaporateur (VD) régulièrement croissant avec la puissance calorifique de foyer (FW) en fonction du temps.

4. Procédé selon l'une des revendications i à 3,
caractérisé par le fait que l'on règle le débit de
l'évaporateur (VD) de telle sorte que le débit de
l'évaporateur (VD) en pourcentage rapporté au dé- 5
bit en pleine charge est égal, dans les limites d'une
plage (BD), à la puissance calorifique de foyer (FW)
en pourcentage rapporté à la pleine charge.
5. Procédé selon la revendication 4,
caractérisé par le fait que la plage (BD) est 10
dissymétrique, l'écart autorisé (A_o , A_u) du débit de
l'évaporateur en pourcentage (VD) par rapport à la
puissance calorifique de foyer en pourcentage
(FW) représentant vers le haut de 3 % à 8 % et vers 15
le bas de 2 % à 3 % du débit en pleine charge.
6. Dispositif pour la mise en marche d'un générateur
de vapeur à circulation ouverte, comprend une
chambre de combustion (6), qui comporte un cer- 20
tain nombre de brûleurs (5) pour un combustible
fossile (B) et dont la paroi de pourtour (2) étanche
aux gaz est formée de tubes d'évaporation (4) qui
sont disposés au moins sensiblement verticale-
ment, et un élément régulateur (54) pour fixer une 25
grandeur réglante (SG) déterminant le débit de
l'évaporateur (VD), dans lequel le débit de l'évapo-
rateur (VD) déterminé par la grandeur réglante (SG)
est proportionnel à la puissance calorifique de foyer
(FW) déterminée à partir de la quantité de combus- 30
tible (B) envoyée par unité de temps au brûleur (5)
ou à chaque brûleur (5), et dans lequel l'élément
régulateur (54) est relié à un actionneur (34, 38)
branché dans une conduite d'eau d'alimentation
(17) conduisant dans l'évaporateur (4) et à un cap- 35
teur de débit (42) branché dans une conduite de
combustible (44) conduisant au brûleur ou à cha-
que brûleur.
7. Dispositif selon la revendication 6,
caractérisé par le fait que l'élément régulateur 40
(54) est relié à un capteur de débit (40) branché
dans la conduite d'eau d'alimentation (17).

45

50

55

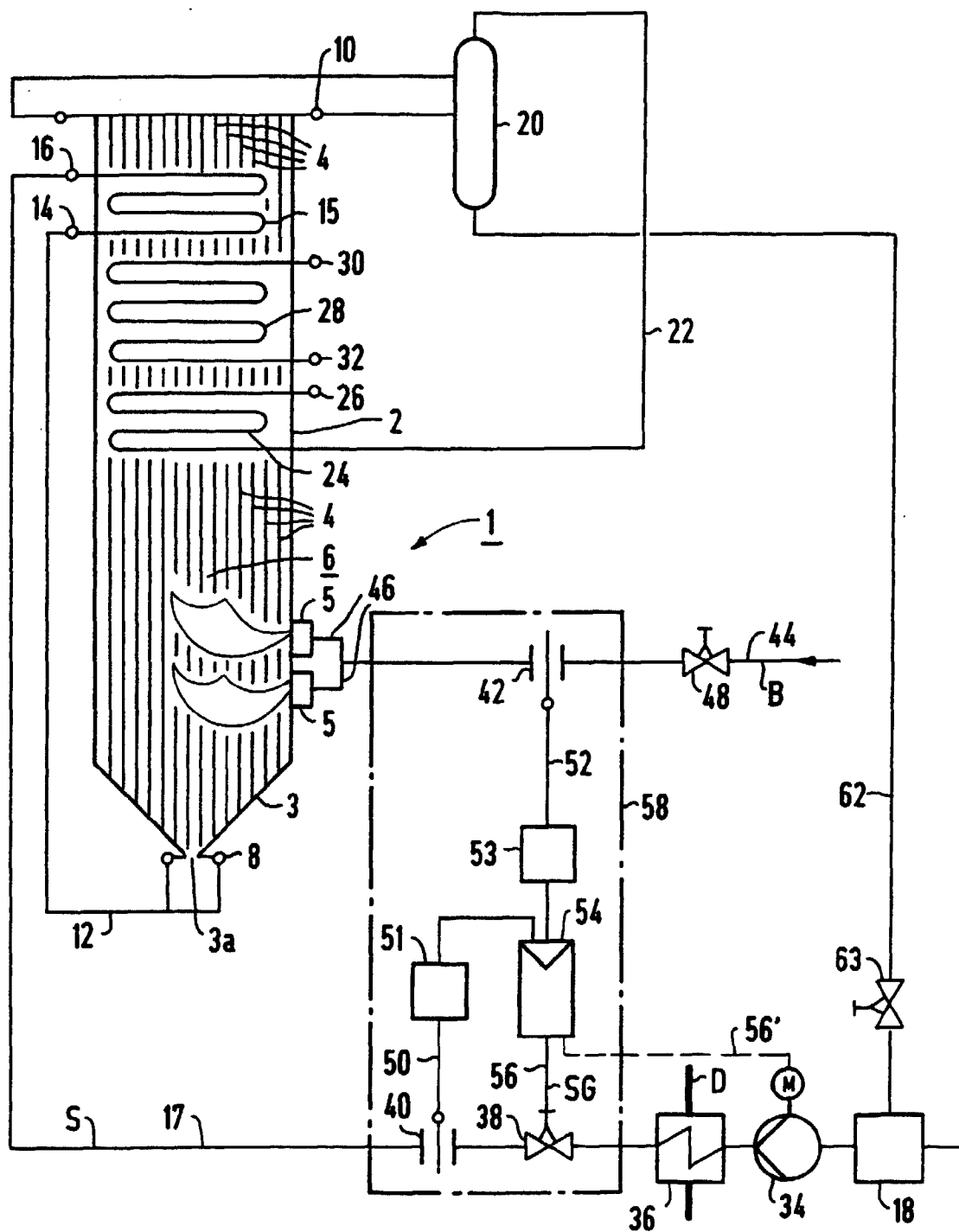


FIG 1

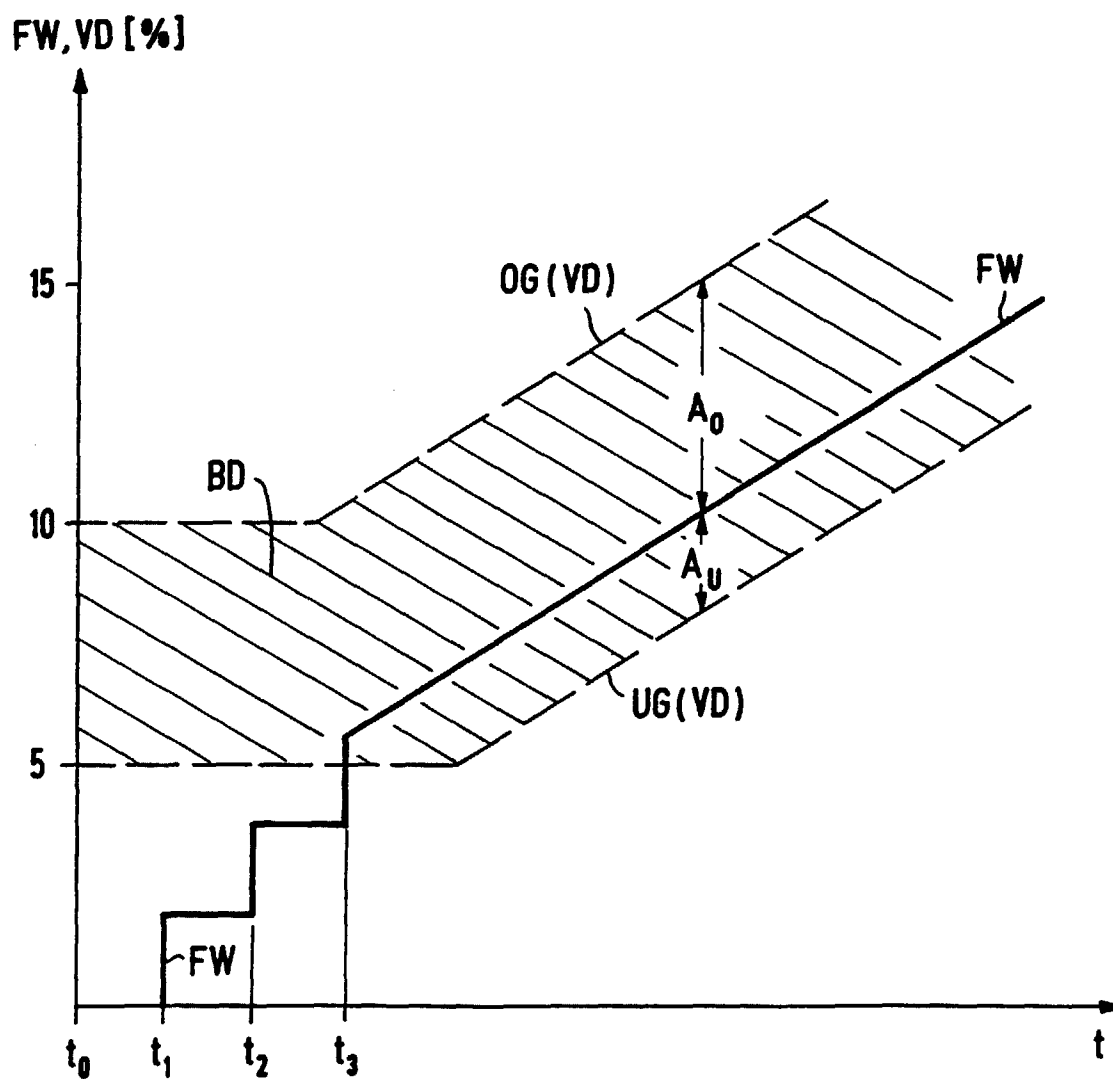


FIG 2