



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
06.05.2020 Patentblatt 2020/19

(51) Int Cl.:
F22D 5/30 (2006.01) **F22D 5/34 (2006.01)**
F22B 29/06 (2006.01) **F22B 35/12 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **18203107.0**

(22) Anmeldetag: **29.10.2018**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

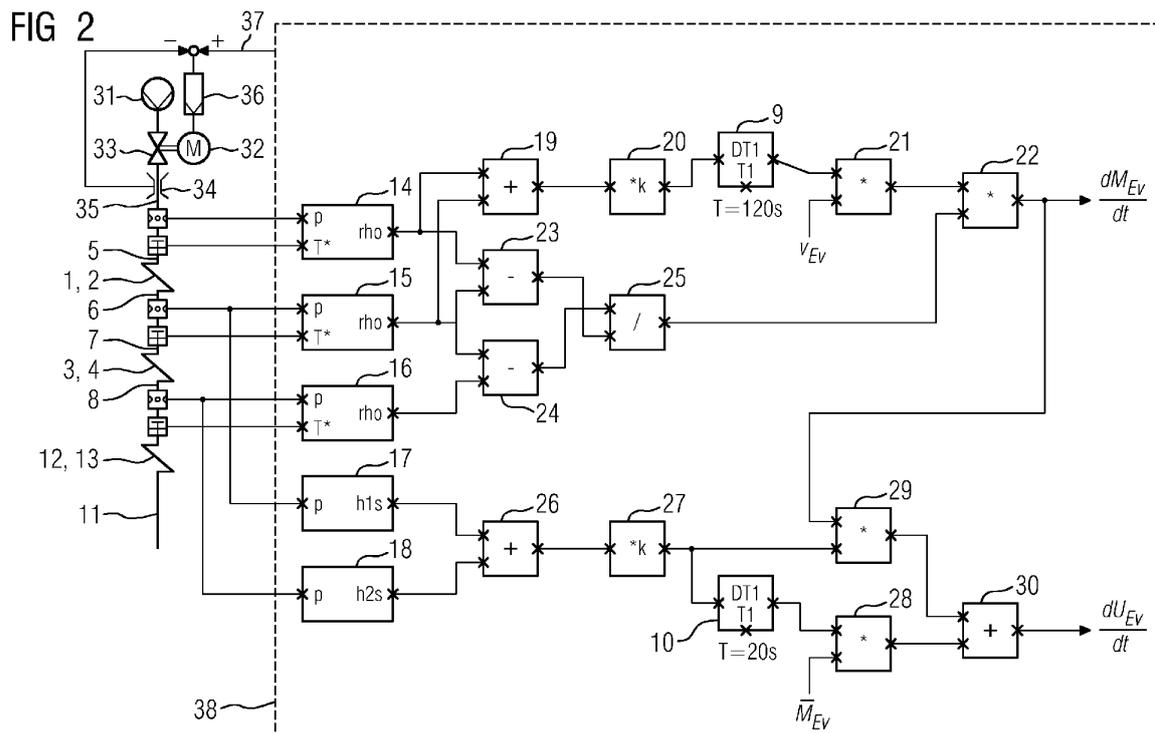
(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(72) Erfinder:
• **Brückner, Jan**
91080 Uttenreuth (DE)
• **Schulze, Tobias**
91058 Erlangen (DE)
• **Thomas, Frank**
91056 Erlangen (DE)

(54) **SPEISEWASSERREGELUNG FÜR ZWANGSDURCHLAUF-ABHITZEDAMPFERZEUGER**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines als Abhitzedampferzeuger ausgebildeten Durchlaufdampferzeugers mit einem Vorwärmer (1), umfassend eine Anzahl von Vorwärmerheizflächen (2), und mit einem Verdampfer (3), umfassend eine Anzahl von den Vorwärmerheizflächen (2) strömungsmediumseitig nachgeschalteten Verdampferheizflächen (4), bei dem einer Vorrichtung zum Einstellen eines Speisewassermassenstroms (M) ein Sollwert (\dot{M}_S) für den Speisewas-

sermassenstrom (M) zugeführt wird, wobei bei der Erstellung des Sollwerts (\dot{M}_S) für den Speisewassermassenstrom ein auf ein Fluid in den Verdampferheizflächen (4) übertragener Abwärmestrom ermittelt wird, wobei ferner Massenspeicherung und Energiespeicherung im Fluid in den Verdampferheizflächen (4) berücksichtigt werden. Die Erfindung betrifft ebenfalls einen Zwangsdurchlauf-Abhitzedampferzeuger (11).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines als Abhitzedampferzeuger ausgebildeten Durchlaufdampferzeugers. Sie bezieht sich weiterhin auf einen Zwangdurchlaufdampferzeuger zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] Das Speisewasserregelungskonzept für Benson-Verdampfer basiert im Wesentlichen auf der Berechnung eines Vorsteuersignals für den Speisewassermassenstrom anhand gemessener Prozessgrößen. Ein solches Vorsteuersignal wird typischerweise aus bekannten Sollwerten oder Störgrößen des Regelkreises bzw. deren Änderungen berechnet und final mit dem Ausgangssignal des Reglers multiplikativ korrigiert. Es nimmt die Reaktion des Reglers auf eine Sollwertänderung oder eine Störgröße vorweg und erhöht die Dynamik des Reglers, so dass die gewünschte Überhitzung am Verdampferaustritt (Sollwert) in allen denkbaren Phasen des Prozesses möglichst gut eingestellt wird. Bei der Erstanwendung eines Benson-Verdampfers in einem Abhitzedampferzeuger vertikaler Bauart hat sich nun gezeigt, dass besagter Reglereingriff designbedingt deutlich stärker ausfallen muss als bei der bekannten horizontalen Bauweise. Allerdings erhöht sich dadurch auch die Schwingungsfähigkeit des Regelkreises. Dies führt dazu, dass eine unzureichende Stellgenauigkeit der Speisewasserregelventile (z. B. infolge geringer Hardwarequalität) noch zusätzlich an Bedeutung gewinnt. So lassen sich im Extremfall unerwünschte Prozessrestschwankungen von signifikanter Größenordnung bei sonst stationärem Anlagenbetrieb beobachten.

[0003] Speisewasserregelungen für Benson-Abhitzedampferzeuger sind beispielsweise in EP 2 212 618 B1 oder EP 2 297 518 B1 offenbart. Da das Problem im Rahmen der Erstanwendung eines Benson-Verdampfers in einem vertikalen Abhitzedampferzeuger auftrat, gibt es keine weiterführenden Ansätze zur Problemlösung. Die im konkreten Fall gewählte Problemlösung bestand darin, die Verstärkung des Reglers wieder etwas zu verringern. Allerdings muss bei dieser Herangehensweise in Abhängigkeit von den gegebenen Randbedingungen ein schlechteres und im Extremfall auch unerwünschtes Betriebsverhalten der Anlage in Kauf genommen werden.

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren zum Betreiben eines als Abhitzedampferzeuger ausgebildeten Durchlaufdampferzeugers bereitzustellen, bei dem eine verbesserte Speisewasserregelung zu einem stabilen Betriebsverhalten der Anlage führt. Des Weiteren soll ein für die Durchführung des Verfahrens besonders geeigneter Zwangdurchlaufdampferzeuger angegeben werden.

[0005] Die Erfindung löst die auf ein Verfahren gerichtete Aufgabe, indem sie vorsieht, dass bei einem derartigen Durchlaufdampferzeuger mit einer Anzahl von Verdampferheizflächen und einer Anzahl von strömungsmediumseitig vorgeschalteten Vorwärmerheizflächen, bei

dem einer Vorrichtung zum Einstellen eines Speisewassermassenstroms ein Sollwert für den Speisewassermassenstrom zugeführt wird, wobei bei der Erstellung des Sollwerts für den Speisewassermassenstrom ein auf ein Fluid in den Verdampferheizflächen übertragener Abwärmestrom ermittelt wird und ferner Massenspeicherung und Energiespeicherung im Fluid in den Verdampferheizflächen berücksichtigt werden.

[0006] Mit diesem Verfahren, bei dem der Algorithmus zur Berechnung des Vorsteuersignals, der im Stand der Technik im einfachsten Fall lediglich den auf das Fluid im Verdampfer übertragenen Wärmestrom $\dot{Q}_{Ev,fl}$ berücksichtigt, der sich aus dem Wärmestrom im Abgas \dot{Q}_{EG} abzüglich der Wärmespeicherung im Wandmaterial der Heizflächenrohre $\dot{Q}_{Storage,wall}$ ergibt, um den Einfluss der fluidseitigen Massen- und Energiespeichereffekte im Verdampfer erweitert wird, wird die Qualität des Vorsteuersignals insbesondere für den beschriebenen Anwendungsfall des vertikalen Abhitzedampferzeugers weiter verbessert und somit die notwendige Korrektur durch den Regler minimiert. Dies hat potentiell zur Folge, dass der Regler dann wieder schwächer parametrisiert werden kann, so dass das oben beschriebene Problem nicht auftritt, gleichzeitig aber auch das Betriebsverhalten der Anlage nicht negativ beeinflusst wird.

[0007] Vorteilhafter Weise werden die Speicherterme für Massenspeicherung und Energiespeicherung aus aktuellen Messwerten bestimmt. Damit ist eine besonders zuverlässige Auswertung der Wärmestrombilanz und somit die Ermittlung eines besonders genau vorausberechneten Speisewasser-Sollwerts ermöglicht.

[0008] Zweckmäßiger Weise sind die aktuellen Messwerte Drücke und Temperaturen am Vorwärmereingang, am Vorwärmerausgang respektive Verdampfereingang und am Verdampferausgang.

[0009] Zur Ermittlung des zeitlichen Verhaltens der Massenspeicherung im Verdampfer wird dieses an ein zeitliches Verhalten einer Massenspeicherung im Vorwärmer gekoppelt, wobei eine Skalierung mit einem Verhältnis der Dichteänderungen im Verdampfer und im Vorwärmer erfolgt, so dass der zeitliche Verlauf (ohne Skalierung) ausschließlich durch beispielsweise die Änderung einer mittleren Dichte des Fluids im Vorwärmer definiert wird.

[0010] Es ist vorteilhaft, wenn eine für die Abschätzung der Energiespeicherung benötigte spezifische Enthalpie des Fluids im Verdampfer durch den arithmetischen Mittelwert von Siede- und Sättigungsenthalpie approximiert wird.

[0011] Dabei ist es zweckmäßig, wenn Siedenthalpie und Sättigungsenthalpie über mindestens eine Druckmessung am Verdampfereingang oder am Verdampferausgang ermittelt werden.

[0012] Die Korrekturwerte zu Massenspeicherung und Energiespeicherung für die Ermittlung des Sollwerts für den Speisewassermassenstrom werden vorteilhafterweise unter Berücksichtigung der zeitlichen Ableitungen der Siede- und Sättigungsenthalpien im Verdampfer so-

wie einer Dichte des Strömungsmediums im Vorwärmer bestimmt. Im Hinblick auf die Dichte kann insbesondere durch geeignete Messungen von Temperatur und Druck am Eintritt und am Austritt der jeweiligen Vorwärmerheizfläche eine mittlere Fluidichte im Vorwärmer definiert und berechnet werden, wobei zweckmäßigerweise ein lineares Dichteprofil zugrunde gelegt wird. Damit lassen sich Massenspeichereffekte kompensieren, die sich bei transienten Vorgängen ergeben. Wenn beispielsweise bei einer Laständerung die Wärmezufuhr in die Verdampferheizflächen absinkt, so wird dort temporär Fluid eingespeichert. Bei konstantem Förderstrom der Speisewasserpumpe würde somit der Massenstrom beim Austritt der Heizfläche absinken. Dies lässt sich nun durch eine temporäre Erhöhung des Speisewassermassenstroms kompensieren.

[0013] In der Praxis werden diese zeitlich veränderlichen Vorgänge bzw. zeitlichen Ableitungen vorteilhafter Weise über ein erstes und ein zweites Differenzglied, bevorzugt DT1-Glieder, ermittelt, denen einseitig an geeigneten Messstellen Parameter wie Temperatur und Druck zugeführt werden.

[0014] Dabei ist es vorteilhaft, wenn das den zeitlichen Verlauf der Dichteänderung im Vorwärmer für die Abschätzung der Massenspeicherung beschreibende erste Differenzglied mit einem dem Gesamtvolumen des Strömungsmediums in den Verdampferheizflächen entsprechenden Verstärkungsfaktor beaufschlagt wird.

[0015] Die mit der Erfindung erzeugten Korrektursignale für den Speisewassermassenstrom können Effekte der Massen- und der Energiespeicherung besonders vorteilhaft abbilden, wenn geeignete Verstärkungen und Zeitkonstanten für das jeweilige DT-1-Glied gewählt werden.

[0016] Insbesondere ist es vorteilhaft, wenn das erste Differenzglied mit einer im Wesentlichen der Hälfte der Durchlaufzeit des Strömungsmediums durch den Verdampfer entsprechenden Zeitkonstante beaufschlagt wird.

[0017] Weiter ist es vorteilhaft, wenn das zweite Differenzglied für die Abschätzung der Energiespeicherung mit einer Zeitkonstante beaufschlagt wird, die zwischen 5s und 40s liegt.

[0018] Bezüglich des Zwangdurchlaufdampferzeugers wird die genannte Aufgabe gelöst durch einen Zwangdurchlaufdampferzeuger mit einer Anzahl von Verdampferheizflächen und einer Anzahl von strömungsmediumseitig vorgeschalteten Vorwärmerheizflächen und mit einer Vorrichtung zum Einstellen des Speisewassermassenstroms, die anhand eines Sollwerts für den Speisewassermassenstrom führbar ist, wobei der Sollwert anhand des erfinderischen Verfahrens ausgelegt ist.

[0019] Mit der vorliegenden Erfindung kann die Korrektur des Vorsteuersignals durch den Regler merklich reduziert und der Regler mit einer geringeren Verstärkung parametrisiert werden. Das oben beschriebene Problem unerwünschter Prozessrestschwankungen von si-

gnifikanter Größenordnung kann damit beseitigt werden. Das Betriebsverhalten der Anlage wird nicht negativ beeinflusst.

[0020] Es sind auch empirisch gefundene Korrekturfaktoren für das Vorsteuersignal (oder gar ganze Parameterfelder) denkbar. Diese zu finden bedeutet allerdings einen sehr großen Aufwand. Im Gegensatz dazu basiert die beschriebene Erfindung auf physikalischen Ansätzen und muss nicht weiter parametrisiert werden.

[0021] Die Erfindung wird beispielhaft anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen schematisch:

Figur 1 eine Skizze des Algorithmus zur Berechnung des Speisewassermassenstroms und

Figur 2 eine Darstellung der Messgrößen und der daraus abgeleiteten Approximationen für die Änderungen im Algorithmus zur Berechnung des Sollwerts des Speisewassermassenstroms, wie sie in der Kraftwerksautomatisierung zu implementieren sind.

[0022] Die Figur 1 zeigt schematisch die sich aus der Erfindung ergebende Änderung des Algorithmus zur Berechnung des Sollwerts für den Speisewassermassenstrom \dot{M}_{FW} . Dabei ist der erfindungsrelevante Anteil des Algorithmus innerhalb der gestrichelten Umrandung und der Stand der Technik außerhalb dargestellt.

[0023] Der Sollwert für den Speisewassermassenstrom \dot{M}_{FW} setzt sich demnach zusammen aus dem Speisewassermassenstrom für den Verdampfer $\dot{M}_{Ev,in}$ und dem im Vorwärmer ein- oder ausgespeicherten Massenstrom $\dot{M}_{storage,ECO}$, korrigiert mit einem Faktor f_{Ctrl} .

[0024] Der Speisewassermassenstrom für den Verdampfer $\dot{M}_{Ev,in}$ ergibt sich nach dem Stand der Technik als Quotient des vom Abgas auf das Fluid im Verdampfer übertragenen Wärmestroms $\dot{Q}_{Ev,fl}$ und des Sollwerts für die Enthalpieänderung im Verdampfer $\Delta h_{Ev,set}$. Der auf das Fluid im Verdampfer übertragene Wärmestrom $\dot{Q}_{Ev,fl}$ wiederum ergibt sich aus dem Wärmestrom im Abgas \dot{Q}_{EG} abzüglich der Wärmespeicherung im Wandmaterial der Heizflächenrohre $\dot{Q}_{Storage,wall}$.

[0025] Erfindungsgemäß wird der Term für den auf das Fluid im Verdampfer übertragenen Wärmestrom durch zwei weitere Terme ergänzt und korrigiert.

[0026] Die erste Korrektur betrifft den Massenspeichereffekt im Verdampfer, die zweite Korrektur betrifft den Energiespeichereffekt im Verdampfer.

[0027] Der Massenspeichereffekt ist in den Wärme-

$$\frac{dM_{Ev}}{dt}$$

strömen der Figur 1 durch das Produkt aus (Massenspeicherung) und $h_{Ev,out,set}$ (Enthalpie am Aus-

$$\frac{dU_{Ev}}{dt}$$

tritt des Verdampfers) dargestellt. steht für den Energiespeichereffekt.

[0028] Diese Werte werden gemäß der Erfindung geeignet approximiert, so dass sie aus gemessenen Prozessgrößen bestimmt werden können.

[0029] Figur 2 zeigt diese Messgrößen bzw. die Messpunkte im Zwangsdurchlauf-Abhitzedampferzeuger und deren Verarbeitung.

[0030] Der Zwangsdurchlauf-Abhitzedampferzeuger gemäß Figur 2 umfasst einen auch als Economizer bezeichneten Vorwärmer 1 für als Strömungsmedium vorgesehene Speisewasser, mit einer Anzahl von Vorwärmerheizflächen 2, sowie einen Verdampfer 3 mit einer Anzahl von den Vorwärmerheizflächen 2 strömungsmediumseitig nachgeschalteten Verdampferheizflächen 4. Auf den Verdampfer 3 folgt ein Überhitzer 12 mit entsprechenden Überhitzerheizflächen 13. Die Heizflächen befinden sich in einem nicht näher dargestellten Gaszug, der mit dem Abgas einer zugeordneten Gasturbinenanlage beaufschlagt wird.

[0031] Der Zwangsdurchlaufdampferzeuger ist, wie bereits ausgeführt, für eine geregelte Beaufschlagung mit Speisewasser ausgelegt. Dazu ist einer Speisewasserpumpe 31 ein von einem Stellmotor 32 angesteuertes Drosselventil 33 nachgeschaltet, so dass über eine geeignete Ansteuerung des Drosselventils 33 die von der Speisewasserpumpe 31 in Richtung des Vorwärmers 1 geförderte Speisewassermenge oder der Speisewassermassenstrom einstellbar ist. Zur Ermittlung eines aktuellen Kennwerts für den zugeführten Speisewassermassenstrom ist dem Drosselventil 33 eine Messeinrichtung 34 zur Ermittlung des Speisewassermassenstroms durch die Speisewasserleitung 35 nachgeschaltet. Der Stellmotor 32 ist über ein Regelelement 36 angesteuert, das eingangsseitig mit einem über eine Datenleitung 37 zugeführten Sollwert für den Speisewassermassenstrom und mit dem über die Messeinrichtung 34 ermittelten aktuellen Istwert des Speisewassermassenstroms beaufschlagt ist. Durch Differenzbildung zwischen diesen beiden Signalen wird an den Regler 36 ein Nachführungsbedarf übermittelt, so dass bei einer Abweichung des Ist- vom Sollwert eine entsprechende Nachführung des Drosselventils 33 über die Ansteuerung des Motors 32 erfolgt.

[0032] Zur Ermittlung eines besonders bedarfsgerechten Sollwerts für den Speisewassermassenstrom in der Art einer prädiktiven, vorausschauenden oder am zukünftigen oder aktuellen Bedarf orientierten Einstellung des Speisewassermassenstroms ist die Datenleitung 37 eingangsseitig mit einer zur Vorgabe des Sollwerts für den Speisewassermassenstrom ausgelegten Speisewasserdurchflussregelung 38 verbunden. Diese ist dafür ausgelegt den Sollwert für den Speisewassermassenstrom anhand einer Wärmestrombilanz in den Verdampferheizflächen 4 zu ermitteln, wobei der Sollwert für den Speisewassermassenstrom \dot{M}_{FW} dadurch ermittelt wird, dass ein auf ein Fluid in den Verdampferheizflächen 4 übertragener Abwärmestrom bestimmt wird und ferner Massenspeicherung und Energiespeicherung im Fluid in den Verdampferheizflächen 4 berücksichtigt werden. Zu

Lasten der Vollständigkeit, aber zugunsten der Übersichtlichkeit zeigt die Figur 2 in der Speisewasserdurchflussregelung 38 lediglich die Elemente, die für die erfindungsgemäße Korrektur des Speisewassermassenstromsollwertes \dot{M}_{FW} relevant sind. Der aus dem Stand der Technik bekannte Teil ist nicht dargestellt.

[0033] Die Messwerte zur Bestimmung eines Sollwerts für den Speisewassermassenstrom \dot{M}_{FW} sind Druck- und Temperaturwerte und die Messstellen liegen in den Bereichen Vorwärmereingang 5, Vorwärmerausgang 6 bzw. Verdampfereingang 7 und Verdampferausgang 8.

[0034] Die ermittelten Messwerte werden in Funktionsgliedern 14, 15, 16, 17 und 18 verarbeitet. Mittels der ersten, zweiten und dritten Funktionsglieder 14, 15, und 16 wird aus den Messwerten zu Druck und Temperatur die Dichte des Fluids an verschiedenen Orten der Heizflächen von Vorwärmer 1 und Verdampfer 3 bestimmt. Die vierten und fünften Funktionsglieder 17 und 18 liefern aus gemessenen Druckwerten die Siede- und Sättigungsenthalpie.

[0035] Der Speicherterm für die Massenspeicherung

$$\frac{dM_{Ev}}{dt}$$

wird approximiert, indem aus den ermittelten Dichten am Vorwärmereingang 5 und am Vorwärmerausgang 6 zuerst über ein erstes Addierglied 19 und ein erstes Multiplikationsglied 20 ein Mittelwert gebildet wird, der anschließend im ersten Differenzglied 9 mit einer entsprechend gewählten Zeitkonstanten weiter verarbeitet und mit einem dem Gesamtvolumen V_{Ev} des Strömungsmediums in den Verdampferheizflächen 4 entsprechenden Verstärkungsfaktor im zweiten Multiplikationsglied 21 beaufschlagt wird.

[0036] Eine weitere Skalierung erfolgt in einem nachfolgenden dritten Multiplikationsglied 22 mit einem Verhältnis der Dichteänderungen des Fluids im Verdampfer 3 und im Vorwärmer 1, welches mittels der ersten und zweiten Subtrahierglieder 23 und 24 und des ersten Dividierglieds 25 in der Weise bestimmt wird, wie in der Figur 2 gezeigt.

[0037] Der Speicherterm für die Energiespeicherung

$$\frac{dU_{Ev}}{dt}$$

wird approximiert, indem aus den ermittelten Enthalpien ein Mittelwert mit Hilfe des zweiten Addierglieds 26 und des vierten Multiplikationsglieds 27 gebildet wird. Dieser Mittelwert stellt eine gute Annahme für die spezifische Enthalpie des Fluids im Verdampfer 3 dar.

[0038] Der Speicherterm für die Energiespeicherung

$$\frac{dU_{Ev}}{dt}$$

wird nun durch die Summe zweier Terme bestimmt. Der erste Term wird dadurch ermittelt, dass die spezifische Enthalpie des Fluids im Verdampfer 3 im zweiten Differenzglied 10 mit einer entsprechend ge-

wählten Zeitkonstanten weiter verarbeitet und mit einem Mittelwert der Fluidmassen \overline{M}_{Ev} im Verdampfer bei maximaler und minimaler Last im fünften Multiplikationsglied 28 beaufschlagt wird. Dieser Mittelwert wird der Einfachheit halber als zeitlich konstanter Wert angesehen. Der zweite Term wird ermittelt, indem die spezifische Enthalpie des Fluids im Verdampfer 3 mit dem Speicherterm

$$\frac{dM_{Ev}}{dt}$$

für die Massenspeicherung $\frac{dM_{Ev}}{dt}$ multipliziert wird. Dies erfolgt im sechsten Multiplikationsglied 29.

[0039] Im dritten Addierglied 30 werden die beiden Terme zusammengeführt.

[0040] Der entsprechende Algorithmus ist in den Funktionsplänen der Speisewasserregelung und damit in der Kraftwerksautomatisierung zu implementieren.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines als Abhitzedampferzeuger ausgebildeten Durchlaufdampferzeugers mit einem Vorwärmer (1), umfassend eine Anzahl von Vorwärmerheizflächen (2), und mit einem Verdampfer (3), umfassend eine Anzahl von den Vorwärmerheizflächen (2) strömungsmediumseitig nachgeschalteten Verdampferheizflächen (4), bei dem einer Vorrichtung zum Einstellen eines Speisewassermassenstroms ein Sollwert für den Speisewassermassenstrom zugeführt wird, wobei bei der Erstellung des Sollwerts für den Speisewassermassenstrom ein auf ein Fluid in den Verdampferheizflächen (4) übertragener Abwärmestrom ermittelt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** ferner Massenspeicherung und Energiespeicherung im Fluid in den Verdampferheizflächen (4) berücksichtigt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei Speicherterme für Massenspeicherung und Energiespeicherung aus aktuellen Messwerten bestimmt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die aktuellen Messwerte Drücke und Temperaturen am Vorwärmereingang (5), am Vorwärmerausgang (6) respektive Verdampfereingang (7) und am Verdampferausgang (8) sind.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein zeitliches Verhalten der Massenspeicherung im Verdampfer (3) an ein zeitliches Verhalten einer Massenspeicherung im Vorwärmer (1) gekoppelt wird, wobei eine Skalierung mit einem Verhältnis der Dichteänderungen im Verdampfer (3) und im Vorwärmer (1) erfolgt.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine für die Abschätzung der Energiespeicherung benötigte spezifische Enthalpie des Fluids im Verdampfer (3) durch den arithmetischen Mittelwert von Siede- und Sättigungsenthalpie approximiert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei Siedeenthalpie und Sättigungsenthalpie über mindestens eine Druckmessung entweder am Verdampfereingang (7) oder am Verdampferausgang (8) ermittelt werden.
7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei zeitliche Ableitungen der Siede- und Sättigungsenthalpien im Verdampfer (3) sowie einer Dichte des Strömungsmediums im Vorwärmer (1) ausgewertet werden.
8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die zeitlichen Ableitungen über erste und zweite Differenzierglieder (9, 10) ermittelt werden.
9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem das den zeitlichen Verlauf der Dichteänderung im Vorwärmer (1) für die Abschätzung der Massenspeicherung beschreibende erste Differenzierglied (9) mit einem dem Gesamtvolumen des Strömungsmediums in den Verdampferheizflächen (4) entsprechenden Verstärkungsfaktor beaufschlagt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9, wobei das erste Differenzierglied (9) mit einer im Wesentlichen der Hälfte der Durchlaufzeit des Strömungsmediums durch den Verdampfer (3) entsprechenden Zeitkonstante beaufschlagt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 8, wobei das zweite Differenzierglied (10) für die Abschätzung der Energiespeicherung mit einer Zeitkonstante beaufschlagt wird, die zwischen 5s und 40s liegt.
12. Zwangdurchlauf-Abhitzedampferzeuger (11) mit einer Anzahl von Verdampferheizflächen (4) und einer Anzahl von strömungsmediumseitig vorgeschalteten Vorwärmerheizflächen (2) und mit einer Vorrichtung zum Einstellen des Speisewassermassenstroms, die anhand eines Sollwerts für den Speisewassermassenstrom führbar ist, wobei der Sollwert anhand des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11 ausgelegt ist.

FIG 1

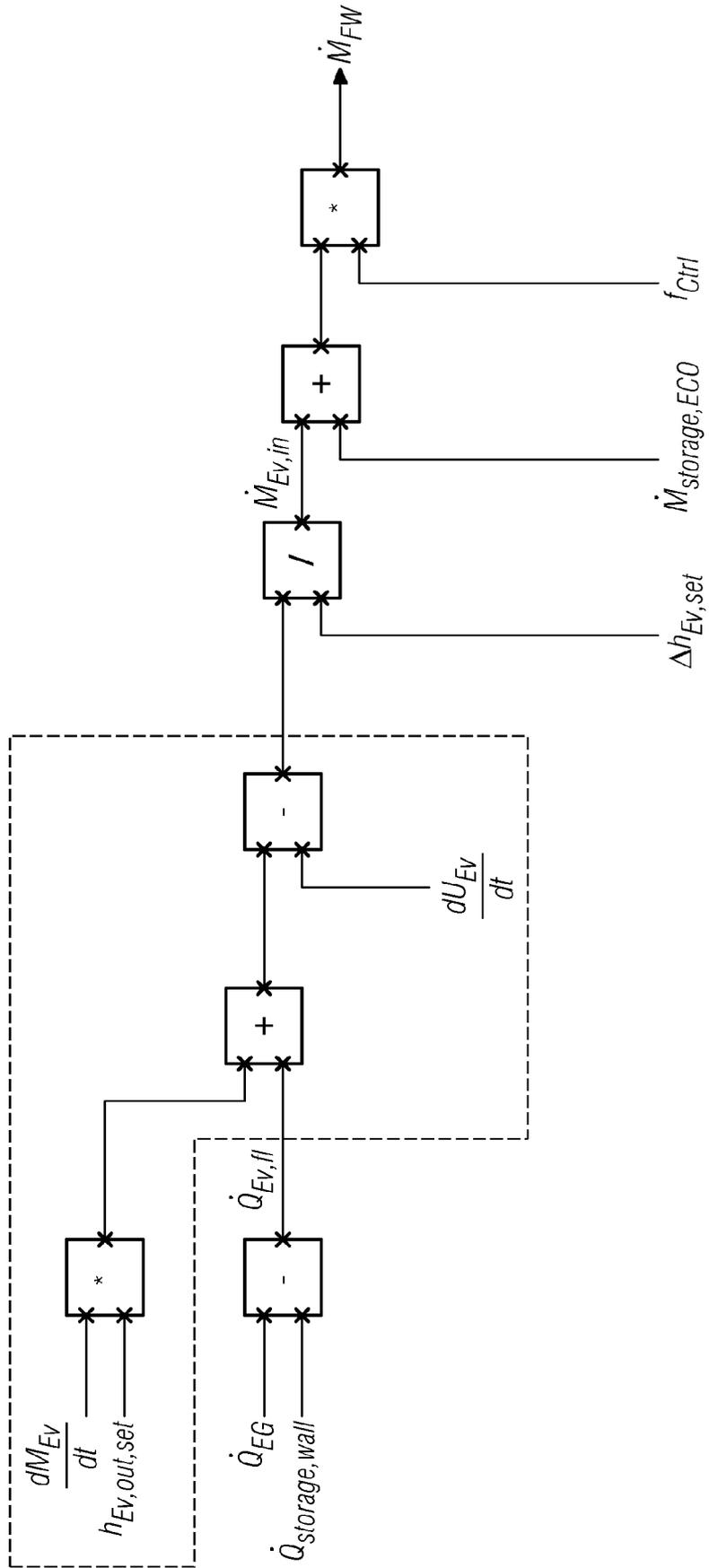
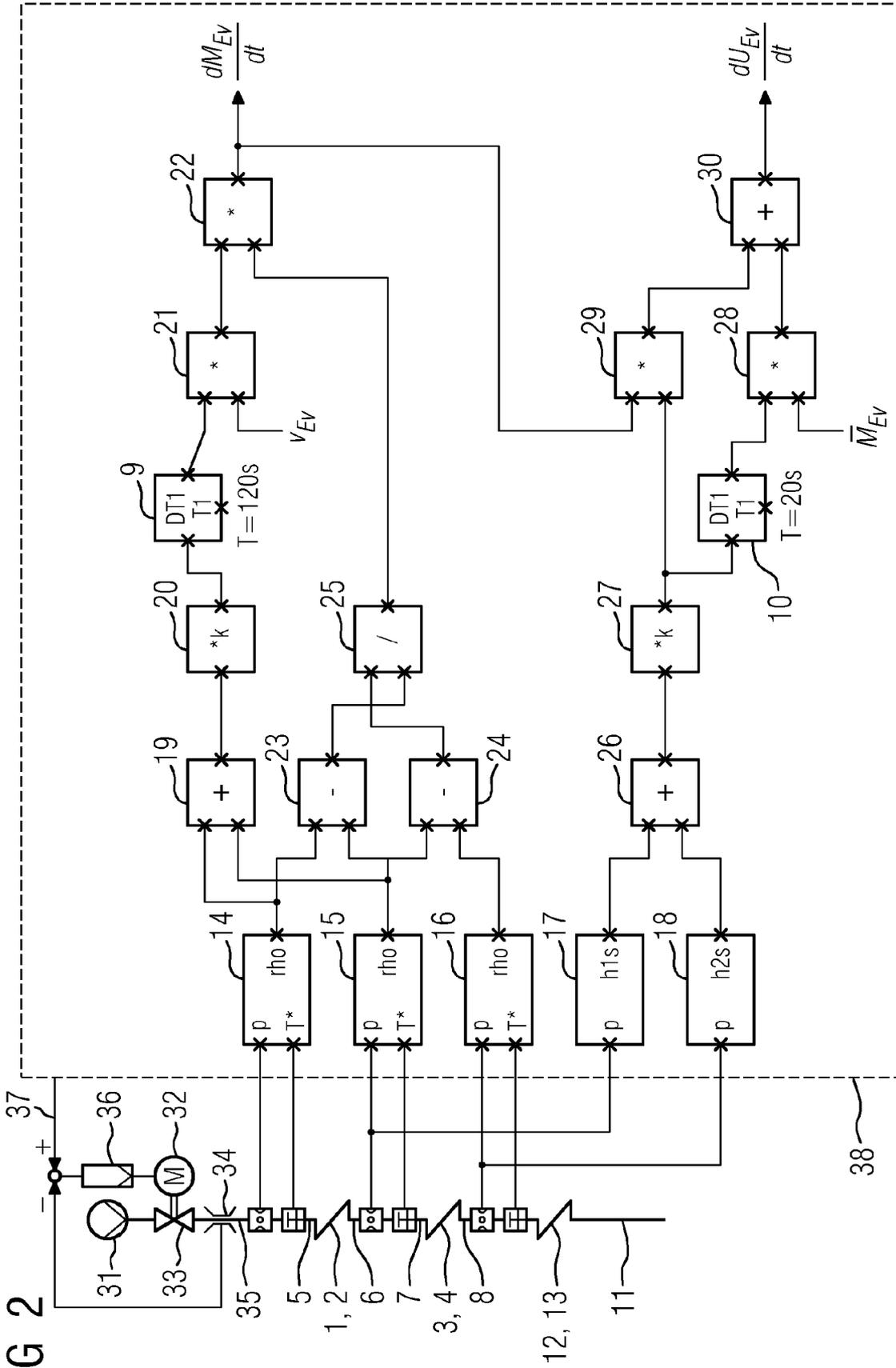


FIG 2





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 18 20 3107

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2010 040210 A1 (SIEMENS AG [DE]) 8. März 2012 (2012-03-08)	1-3,12	INV. F22D5/30 F22D5/34 F22B29/06 F22B35/12
A	* Absätze [0043] - [0061]; Abbildung 1 * -----	4-11	
X	US 2014/034044 A1 (BIRNBAUM JUERGEN [DE] ET AL) 6. Februar 2014 (2014-02-06)	1,12	
X	* Absätze [0025] - [0055]; Abbildung 4 * -----	1,12	
A	DE 10 2011 004263 A1 (SIEMENS AG [DE]) 23. August 2012 (2012-08-23)	1,12	
A	DE 42 17 626 A1 (SIEMENS AG [DE]) 2. Dezember 1993 (1993-12-02)	1-12	
	* Spalte 1, Zeile 63 - Spalte 4, Zeile 41; Abbildung 1 * -----		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F22D F22B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 2. April 2019	Prüfer Röberg, Andreas
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 18 20 3107

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

02-04-2019

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	DE 102010040210 A1	08-03-2012	CN 103080648 A	01-05-2013
			DE 102010040210 A1	08-03-2012
			EP 2601440 A2	12-06-2013
			MA 34507 B1	02-09-2013
			WO 2012028495 A2	08-03-2012
20	US 2014034044 A1	06-02-2014	AU 2012217271 A1	03-10-2013
			CN 103620303 A	05-03-2014
			DE 102011004277 A1	23-08-2012
			EP 2673562 A2	18-12-2013
			US 2014034044 A1	06-02-2014
			WO 2012110328 A2	23-08-2012
25	DE 102011004263 A1	23-08-2012	DE 102011004263 A1	23-08-2012
			WO 2012110342 A2	23-08-2012
30	DE 4217626 A1	02-12-1993	KEINE	
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 2212618 B1 [0003]
- EP 2297518 B1 [0003]