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

(11) Veröffentlichungsnummer: **0 373 524 A1**

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **89122642.5**

(51) Int. Cl.5: **F22G 5/12**

(22) Anmeldetag: **08.12.89**

(30) Priorität: **10.12.88 DE 3841741**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.06.90 Patentblatt 90/25

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE FR GB IT LI NL SE

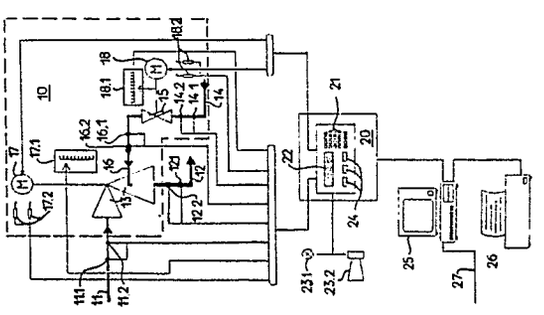
(71) Anmelder: **Welland & Tuxhorn**
Gütersloher Strasse 257
D-4800 Bielefeld 14(DE)

(72) Erfinder: **Von Nordheim, Günther, Dr. Dipl.Ing.**
Enniskillener Strasse 107
D-4800 Bielefeld 14(DE)
Erfinder: **Sass, Jochen, Dipl-.Ing.**
Marienfelder Strasse 14
D-4800 Bielefeld 14(DE)

(74) Vertreter: **Strauss, Hans-Jochen, Dipl.-Phys., Dr. et al**
Patentanwälte Dipl.-Ing. Gustav Meldau
Dipl.-Phys. Dr. Hans-Jochen Strauss
Vennstrasse 9 Postfach 2452
D-4830 Gütersloh 1(DE)

(54) Dampfumformverfahren.

(57) Ein Dampfumformverfahren, bei dem Frischdampf eines durch Temperatur T_{FD} und Druck p_{FD} gegebenen thermodynamischen Zustand 1 in Abdampf eines durch Temperatur T_{AD} und Druck p_{AD} gegebenen thermodynamischen Zustand 2 mittels eines Dampfumformventil mit Kühlwassereinspritzung überführt wird, dessen Frischdampfdurchlaß (Massenstrom $\dot{m}_{FD}$) und dessen Kühlwasserdurchsatz (Massenstrom $\dot{m}_{KW}$) mit dem einstellbaren Hub eines Ventilkörpers im Dampfumform- bzw. im Kühlwasserventil veränderbar sind, wobei das Dampfumformventil mit mindestens einem Regler zusammenwirkt, der zumindest eine von Temperatur und/oder Druck des Abdampfes (T_{AD}; p_{AD}) abhängige Regelgröße erzeugt, die zumindest auf den Kühlwasserdurchsatz über vom Regler an den Hilfsantrieb abgegebene Stellgröße einwirkt, soll so weitergebildet werden, daß ein sicherer Betrieb derartiger Ventile erreicht wird, wobei insbesondere auch eine Anpassung des Reglerverhaltens an fertigungs- bzw. verschleißbedingte Abweichungen des Ventils von seiner idealen Kennlinie möglich sein soll. Dazu wird der Hub des Ventilkörpers des Dampfumformventils abgenommen, sein Wert dem Rechner zugeführt, der daraus den das Dampfumformventil durchsetzenden Frischdampf-Massenstrom $\dot{m}_{FD}$ und den dazu gehörenden Wärmestrom berechnet, ebenso der Hub des Ventilkörpers des Kühlwasserventils, aus dem dieser den das Kühlwasserventil durchsetzenden Kühlwasser-Massenstrom $\dot{m}_{KW}$ berechnet und weiter aus den Massenströmen von Frischdampf und Kühlwasser unter Berücksichtigung der Wärmebilanz die zu erwartenden Werte für Temperatur T'_{AD} und Druck p'_{AD}, die dieser dann mit den den Meßwerten T_{AD} und p_{AD} vergelicht und daraus in an sich bekannter Weise die Stellgrößen für die Regelung der Kühlwassereinspritzung ableitet.



EP 0 373 524 A1

Dampfumformverfahren

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Dampfumformung in einem Dampfumformventil, bei dem Wasserdampf aus einem durch seine Temperatur T_{FD} und seinen Druck P_{FD} gegebenen thermodynamischen Zustand 1 (Frischdampf) mittels Kühlwassereinspritzung in einen durch seine Temperatur T_{AD} und seinen Druck P_{AD} gegebenen thermodynamischen Zustand 2 (Abdampf) überführt wird, dessen Frischdampfdurchlaß (Massenstrom m_{FD}) mit einem von einem Hauptantrieb einstellbaren Hub s_{DUV} eines Ventilkörpers im Ventil veränderbar ist und in das Kühlwasser mit einem zumindest durch seine Temperatur T_{KW} gegebenen thermodynamischen Zustand mit einem Kühlwasserdurchsatz (Massen strom $\dot{m}_{KW}$), der mit einem von einem Hilfsantrieb einstellbaren Hub s_{KWV} eines Ventilkörpers in einem Kühlwasserventil veränderbar ist, eingespritzt wird, wobei das Dampfumformventil mit mindestens einem Regler zusammenwirkt, der mit einem Rechner zumindest eine von Temperatur und/oder Druck der Abdampfes (T_{AD}; P_{AD}) abhängigeRegelgröße erzeugt, die zumindest auf den Hilfsantrieb des Kühlwasserventils und somit auf den Kühlwasserdurchsatz über vom Regler an den Hilfsantrieb abgegebene Stellgrößen einwirkt.

Regelverfahren zur Umformung von Frischdampf, wie sie im Kraftwerkbereich benötigt werden, um etwa bei Laständerungen auftretende Schwankungen in der Dampfabnahme im Hinblick auf die gegebene Trägheit des Dampferzeugers zu beherrschen, sind an sich bekannt. Mit ihrer Hilfe soll eine bestimmte Dampfmenge pro Zeiteinheit entspannt und gekühlt werden, so daß der thermodynamische Zustand des abgehenden Dampfes demjenigen nach Arbeitsleistung entspricht. Außer im Kraftwerkbereich werden derartige Regelverfahren auch in anderen Industriezweigen benötigt, und zwar überall dort, wo eine Beheizung durch Dampf vorzunehmen ist. Dies sind z.B. Kocher, Eindicker, Trockner, wie sie in vielen Bereichen der Industrie, wie z.B. in der chemischen Industrie, der Lebensmittelindustrie, der Textil- oder der Papierindustrie eingesetzt werden. Die Regelung wird dabei immer durch (nahezu) adiabatisches Entspannen des Frischdampfes in einem Dampfumformventil vorgenommen, in das zusätzlich Kühlwasser zum Erreichen der gewünschten Zustandswerte so eingespritzt wird, daß es in dem Dampfstrom verdampft. Dabei darf jedoch die Sättigungsgrenztemperatur des abgehenden Dampf nicht unterschritten werden und das eingespritzte Kühlwasser muß restlos verdampfen, da freie Tröpfchen (sowohl durch Kondensation als auch als Rest der Einspritzung) Schäden in den angeschlossenen Rohrleitungen und Armaturen zur Folge haben. Daher werden Dampfumformventile eingesetzt, deren Dampfdurchsatz mit Hilfe eines verstellbaren Ventilkörpers den im Regelfall durch die Prozeß-Leittechnik vorgegebenen Bedürfnissen des Prozesses angepaßt werden kann und die mit einer Kühlwassereinspritzung versehen sind, wobei der Kühlwasserdurchlaß durch eine entsprechende Gestaltung des Kühlwasserventils ebenfalls regelbar ist. Zur Regelung von Temperatur und/oder Druck des Ausgangsdampfes werden bei Abweichung dieser Werte von vorgegebenen Sollwerten Stellbefehle an den den Kühlwasserdurchsatz und/oder an den den Dampfdurchsatz bestimmenden Ventilkörper im Kühlwasserventil bzw. im Dampfumformventil gegeben, wobei diese Ventilkörper durch Stellantriebe bewegt werden und ihr Hub im Ventilgehäuse eine kennzeichnende Größe für die Drosselverhältnisse der Ventile darstellen.

Dem Regler selbst werden dafür zumindest die Werte für die Abdampf-Temperatur zugeführt und bei Abweichungen der gemessenen Abdampftemperatur vom vorgegebenen Sollwert wird der Kühlwasserdurchsatz entsprechend der Richtung der Abweichung vergrößert oder verkleinert.. Wie weit ihm weitere Werte zugeführt werden, ist von der Art des Prozesses abhängig. Ist - etwa durch unregelmässig anfallende Änderungen im Verbrauch - der Ausgangsdruck Schwankungen unterworfen, wird eine von dem Ausgangsdruck ausgehende Regelung eingesetzt, bei der im allgemeinen der Vordruck von der Dampfquelle her als konstant angesehen werden kann. Ist umgekehrt - etwa durch ein dem Ventil nachgeschalteten Kondensator hinreichender Größe - der Ausgangsdruck des abgehenden Dampfes konstant, geht das Regelverfahren von der gemessenen Größe des Vordruckes aus. Für die Regelung selbst werden zumindest die Werte für die Abdampftemperatur gemessen Nach der DE-PS 905 018 wird vom Regler ein vom gemessenen Abdampfdruck abhängiges Regelsignal erzeugt, durch das bei Abweichungen des gemessenen Abdampfdruckes von einem vorgegebenen Sollwert sowohl auf den Hub des Ventilkörpers des Dampfumformventils als auch auf den Hub des Ventilkörpers des Kühlwasserventils Einfluß genommen wird. Besonders bei kleinen, vom Dampfumformventil zu übernehmenden Lasten, kann insbesondere die Messung der Temperatur des Abdampfes wegen möglicher Bildung von Strähnen im Abdampfstrom oder wegen ungenügender Verdampfung des Kühlwassers bis zum Meßort nur unsicher ausgeführt werden. Diese Unsicherheit erzwingt eine Verlegung des Meßpunktes stromab vom Dampfumformventil. Dies führt aber wiederum auch bei Anwendung konventioneller Re-

gler nicht zum gewünschten Erfolg, wegen der mit der Verlegung des Meßortes verbundenen Zeitverzögerung zwischen dem Durchganges einer Störung am Meßort und deren Eintreffen am Dampfumformventil. Unabhängig davon muß auch berücksichtigt werden, daß die Änderung des thermodynamischen Zustandes des Frischdampfes durch die mit der Verlegung der Meßorte verbundenen Zunahme der den Dampfstrom umgebenden Massen (Rohrleitungen) dadurch beeinflußt wird, daß diese bei einer Temperaturänderung bis zum Erreichen eines neuen Gleichgewichts je nach Richtung der Temperaturänderung Wärme aufnehmen oder abgeben und somit die Voraussetzung einer adiabatischen Entspannung zumindest für das Zeitintervall der Schwankung und der reglermäßigen Anpassung auch angenähert nicht mehr gegeben sind. Dies führt dazu, daß im Ventil lokale Überhitzungen oder lokale Unterkühlungen nicht zu vermeiden sind und daß damit verbundene Materialschäden zum Reißen des Ventilkörper führen können.

Die DE-OS 31 21 442 beschreibt ein Verfahren zur Reglung der Temperatur eines in einer Leitung strömenden Dampfes, bei dem in Abhängigkeit von einem vorgegebenen Dampftemperatur-Sollwert Kühlwasser zur Temperaturänderung geregelt in den Dampf eingespritzt wird, bei dem in einem ersten Rechner aus der gemessene Frischdampftemperatur T_{FD} und dessen Druck p_{FD} des einströmenden Dampfes die Enthalpie H_{FD} des Dampfes, aus dem vorgegebenen Sollwert $T_{X,AD}$ der gewünschten Dampftemperatur hinter der Einspritzstelle und aus dem Druck p_{AD} des abströmenden Dampfes in einem zweiten Rechner die Enthalpie H_{AD} hinter der Einspritzstelle und die der Temperatur des Kühlwassers direkt entsprechende Enthalpie H_{KW} bestimmt werden und aus der gemessenen Menge (Massenstrom) $\dot{m}_{FD}$ des einströmenden Dampfes, der Differenz der Dampfenthalpien (H_{FD} - H_{AD}) vor und hinter der Einspritzstelle und der Enthalpie H_{KW} des Kühlwassers in einem dritten Rechner der Sollwert $\dot{m}_{X,KW}$ für das Einspritzmedium bestimmt und als Führungssollwert für die mengenmäßige Reglung des Einspritzmediums benutzt wird. Die für einen kontinuierlichen Betrieb wesentlichen Größen der Ströme von Frischdampf, Abdampf und Kühlwasser werden dabei gemessen. Derartige Durchflußmessungen sind jedoch mit einem erheblichen Aufwand verbunden, die mit ihnen erzielten Meßwerte hängen von der Dichte des messenden Mediums ab, sie schwanken somit bei Änderungen dieser Zustandsgrößen. Soll über den gesamten Regelbereich, d.h. von 0% bis 100% geregelt werden, ist der Einsatz von Durchflußmeßeinrichtungen problematisch, da im Bereich kleinerer und kleinster Durchsätze die Genauigkeit derart abnimmt, daß eine sinnvolle Aussage über die Enthalpie nicht möglich ist. Darüber hinaus ist der Installationsaufwand für derartige Durchlußmeßeinrichtungen sehr hoch, besonders wenn - wie im Kraftwerksbereich unumgänglich - hohe Drücke und hohe Temperaturen bei großen Nennweiten beherrscht werden müssen.

Hier setzt die Erfindung ein, der die Aufgabe zugrundeliegt, das vorgenannte Verfahren in Verbindung mit Dampfumformventilen zur Dampfumformung so weiter zu bilden, daß die geschilderten Nachteile überwunden werden und ein sicherer Betrieb derartiger Ventile erreicht wird, der unabhängig von zusätzlichen Massen- oder Volumenstrommessungen wird. In einer Weiterbildung soll darüber hinaus für dieses Verfahren die Aufgabe gelöst werden, Abweichungen der Temperatur des Abdampfes und somit unzulässige, im Dampfumformventil zu Thermoschock-Rissen führenden Schwankungen der Temperatur des Dampfes zu unterbinden, und die Reglung im Sinne einer Selbstadaptierung und insbesondere auch einer Anpassung an (fertigungsbedingt bzw. verschleißbedingte) Abweichungen der Kennlinie des Ventils von seiner idealen Kennlinie weiter zu entwickeln.

Durch die Einführung eines Modells wird das Verfahren unter Verzicht auf eine konventionelle Regelung der Ausgangsgrößen so weitergebil det, daß ein Vergleich von vom Modell ausgeworfenen berechneten Ausgangswerten für den thermodynamischen Zustand 2 mit den gemessenen Ausgangswerten verglichen werden können. Dabei beruht das Modell auf den an sich bekannten Zusammenhängen zwischen Massenstrom, Temperatur und Druck unter Berücksichtigung der Kontinuitäts- und Erhaltungssätze, wobei aus den Kenngrößen für Kühlwasser- und Dampfumformventil zunächst die Massenströme für Frischdampf und Kühlwasser

$\dot{m}_{KW} = \dot{m}_{KW}(\alpha_{KWV}, A_{KWV}, s_{KWV}, \rho_{KW}(p_{KW,2}))$ und

$\dot{m}_{FD} = \dot{m}_{FD}(\alpha_{DUV}, A_{DUV}, s_{DUV,}, \rho_{FD}, (p_{FD} - p_{AD}))$

gebildet werden und daraus der resultierende Abdampf-Massenstrom

$\dot{m}_{AD} = \dot{m}_{KW} + \dot{m}_{FD}$.

Durch den Abstand der realen Meßstellen für Druck und Temperatur vom Drossel-Querschnitt des Dampfumformventils ergeben sich für die auf diesen Querschnitt zu beziehenden Werte Druck- und Temperaturkorrekturen, die bezüglich des Druckes aus dem dynamischen Druck des strömenden Dampfes sowie aus den auftretenden Rohrreibungen bzw. aus den Umlenkungsverlusten aus den bekannten Grenzen der Strömungslehre (z.B. nach Colbrook oder Nikuradse) folgen. Für die Temperaturkorrektur gilt, daß die Massen der die Strömung umfassenden Wände mit ihrer Wärmekapazität wegen der unvermeidbaren Wärmeverluste grundsätzlich als Senken anzusehen sind; steigt die Frischdampftemperatur, nehmen sie vermehrt Wärme auf, die bei sinkender Temperatur

wieder abgegeben wird. Dies führt dazu, daß zeitliche Temperaturschwankungen an der Frischdampf-Temperaturmeßstelle die Senkenstärke unter Umständen bis zur Umkehr (die Senke wird Quelle) verändert. Durch Berücksichtigung des fließenden Massenstroms und der mit dem Massenstrom fließenden Enthalpie, der in den Massen der Umfassungswände gespeicherten Wärme und des (von den Strömungsver hältnissen abhängigen Wärmeübergangs ist es möglich, auch die Temperaturkorrektur durchzuführen, so daß die im Abstand vom Drosselquerschnitt gemessene Temperatur durch diese Korrektur in einen "auf den Drosselquerschnitt bezogenen Wert" umgerechnet wird.

Die Enthalpie des Abdampfes

$H_{AD} = H_{AD} (p_{FD}, T_{FD}, m_{FD}, p_{KW}, T_{KW}, \dot{m}_{KW})$

läßt nun eine Berechnung der gesuchten Abdampftemperatur zu, es wird nämlich

$T_{AD} = T_{AD} (H_{AD}, p_{AD})$.

Diese aus den im Abstand vom Drossel-Querschnitt des Dampfumformventils gemessenen und auf den Drossel-Querschnitt umgerechneten Werte für Druck und Temperatur gewonnenen Zustandswerte für Abdampf werden den Sollwerten, die u.U. von einem Prozeßleitsystem vorgegeben sind, ständig gegenübergestellt und Abweichungen im Grundsatz über Hubänderungen des Kühlwasserventils (u.U. auch des Dampfumformventils) im voraus ausgeglichen. Dabei wird Rechenwert für die Enthalpie:

$H'_{AD} = H'_{AD} (p'_{AD}, T'_{AD}, m'_{FD}, p'_{KW}, T'_{KW}, \dot{m}'_{KW})$.

Um nun die Gleichgewicht zu erreichen, wird bei

$H_{AD} \neq H'_{AD}$

der Kühlwasserstroms verändert, und zwar durch Änderung des Hubes des Ventilkörpers im Kühlwasserventil, bis die auf die gemessenen Zustandswerte zurückgehende spezifische Enthalpie mit ihrem berechneten Sollwert übereinstimmt.

Dabei bedeuten $\dot{m}$ = Massenstrom

p = Druck

T = Temperatur

ρ = Dichte

a = Hub des Ventilkörpers

A = vom Hub abhängige Ventil-Drosselfläche

α = Durchfluß-Beiwert des Ventils

H = spezifische Enthalpie

wobei folgende Indizes die Unterscheidung gewährleisten:

FD : Frischdampf

AD : Abdampf

DUV : Dampfumformeventil

KWV : Kühlwasserventil

KW : Kühlwasser.

Die mit Strich (') versehenen Werte sind errechnete Werte, die ohne Strich (') gemessene; die auf den Drossel-Querschnitt bezogenen Werte werden nicht ausgewiesen, sie sind "fiktive" Werte, die im Rechenprozeß als Hilfsgrößen auftreten (wobei es sich von selbst versteht, daß sie über entsprechende Rechner-Anweisungen als Protokoll ausgegeben werden können).

Aus den Zusammenhängen folgt, daß Änderungen der Zustandswerte des Frischdampfes oder aber des Frischdampf-Massenstromes, verursacht durch den (ggfs. über einen Prozeßrechner vorgegeben) Prozess die Enthalpieänderung abdampfseitig berührt und daher die dem ständigen Vergleich durch den Rechner zugrunde zu legenden Sollvorgaben für die Ventilstellungen prozeßbedingt verändern (ggfs. "on-line" mit dem Prozeßrechner). Das Ziel, konstante Abdampf-Zustandswerte zu erreichen, wird so realisiert, wobei eine hinreichend schnelle Abfrage der Ist-Werte vorteilhaft ist, ebenso die Verwendung eines, die Rechenarbeit bewältigenden, Rechners mit entsprechenden Speichern. Durch diese vorausschauende Steuerung werden Thermoschocks im Bereich des Dampfumformventils ebenso vermieden wie ein Unterschreiten der Sättigungsgrenztemperatur. Dies bedeutet aber auch, daß nachteilige Auswirkungen des Temperaturschocks bzw. von Wassertröpfchen auf das Ventil ausgeschaltet sind.

Die rechnerische Durchführung wird von einem Mikroprozessor geleistet, der entsprechend getaktet die fiktiven Ausgangswerte berechnet, die dann als "Sollwerte" dem Regler zugeführt werden. Dabei werden die Eingangsparameter auf den Ventil-Drosselquerschnitt bezogen. Da diese in diesem Querschnitt jedoch nicht gemessen werden können, werden die Sensoren bzw. Meßsonden im Abstand davon stromauf bzw. für die Ausgangswerte stromab angeordnet. Dabei können bis auf den Abdampftemperaturfühler, der wegen der verzögerten Gleichgewichtsausbildung abgesetzt anzuordnen ist, die Fühler auch im Ventilkörper integriert sein. Die sich dadurch ergebenden Abweichungen bestehen darin, daß bei einer Temperaturschwankung zusätzliche Wärmeverluste aufgrund der zwischen Meßort und Bezugs-Querschnitt vorhandenen Massen zu berücksichtigen sind. Bei einer Temperaturänderung auf der Frischdampfseite wird je nach Richtung der Temperaturänderung Wärme von der Rohrleitung aufgenommen bzw. abgegeben, so daß eine Temperaturänderung am Meßort verzögert und in der Anstiegsgeschwindigkeit abgeflacht am Eintritts-Querschnitt eintrifft. Gleiches gilt entsprechend für die Abdampfseite. Dort liegen, wegen des insgesamt niedrigeren Temperaturniveaus, dem möglichst gering zu haltenden Abstand der Abdampf-Temperatur T_{AD} über der Sättigungsgrenztemperatur T_S zum einen der Wärmeabfluß nach aussen geringer ist und zum anderen geringfügige Wärmemengen kritische Änderungen dieser Temperatur-Differenz bewirken können. Dabei wird die Temperaturänderung an der Meßstelle in star-

kem Maße "verzerrt", ein Effekt, der bei der normalen Reglung, auch wenn sie ein differentiales oder differential-integrales Verhalten hat, nachteilig ist.

Das Modell wird mit Hilfe eines Mikroprozessors berechnet, der mit einem Arbeitsspeicher versehen ist, in dem die Durchlasswerte des Dampfumformventils und des Kühlwasserventils als Funktion des Hubes der Ventilkörper gespeichert sind. Erkennt der Rechner Abweichungen von den theoretischen Idealwerten, korrigiert er dementsprechend und ersetzt die Idealwerte durch die korrigierten Realwerte. Auf diese Weise werden nicht nur die instationären Vorgänge genauer ausgeregelt, sondern darüber hinaus werden sie benutzt, um Informationen über Abweichungen vom vorgegebenen Ideal-Verhalten zu gewinnen und diese Abweichungen im Arbeitsspeicher festzuhalten. Auf diese Weise werden auch Änderungen der Ventilkennlinie durch erosionsbedingte Änderungen der Ventilgeometrie berücksichtigt. Dazu wird auch eine besondere, dem Rechner übergeordnete Drift-Korrektur erzeugt, etwa in einem ebenfalls als Rechner mit Speicher ausgebildeten Driftregler.

Um ein derartiges Dampfumformventil vor Schäden zu schützen, müssen im Abströmbereich hinter dem Ventilkörper Maßnahmen getroffen sein, die Temperatur-Schocks vermeiden. Derartige Temperaturschocks werden in aller Regel durch plötzlichen Anstieg der Temperatur verursacht, sie können aber auch durch ein "Zuviel" an eingespritztem Kühlwasser entstehen. Dadurch, daß der Modellrechner für alle vorkommenden thermodynamischen Zustände, die Sättigungs-Grenztemperatur kennt, kann von vornherein ein "Zuviel" an eingespritztem Kühlwasser vermieden werden. Es kann aber die Kühlwassereinspritzung so genau an die Grenze herangebracht werden, daß Übertemperaturen, die zu dem Thermo-Schock auch führen, vermieden werden.

Der eingesetzte Modellrechner registriert alle vorkommenden Abweichungen, auch die, die durch Bedienungs-Eingriffe oder Leitsystem-Eingriffe von außen verursacht werden. Haben derartige Eingriffe die Überschreitung von vorgegebenen Grenzwerten zur Folge, werden diese Überschreitungen vom Modellrechner als "Störfall" erkannt und registriert. Derartige Störfallmeldungen können akustischen oder optischen Alarm auslösen. Die Protokollierung erfolgt zweckmäßigerweise so, daß sie nicht spurenlos gelöscht werden kann. Dazu werden an sich bekannte Speicherelemente eingesetzt, in die das Störfallprotokoll mit Zeitangabe und Störfallcode (zur Identifizierung der Störfallart) elektronisch gespeichert werden. Diese Speicherung ist unabhängig von einer Spannungsversorgung im Sinne eines "Read only memory- (ROM) Speichers". Eine so gespeicherte Information bleibt erhalten, sie kann nur durch äußere Einwirkung gelöscht werden, wobei diese äußere Einwirkung erkennbare Spuren hinterläßt. Es versteht sich von selbst, daß auch ein Ausdruck der Störfallprotokolle möglich ist, so daß eine vollständige Überwachung ermöglicht wird.

Vorteilhaft ist es auch, den Modellrechner mit entsprechenden (seriellen oder parallel) Schnittstellen zu versehen, die - etwa über ein Modem an eine Datenfernübertragungsleitung angeschlossen - eine Überprüfung des Ventils in bezug auf seinen Betriebszustand erlaubt. Darüber hinaus erlaubt eine derartige Schnittstelle auch das Abrufen der im Arbeitsspeicher vorhandenen Informationen, so daß eine Überprüfung auch des Ventil-Zustandes aufgrund der Abweichung vom ursprünglichen Speicherinhalt ermöglicht wird. Schließlich kann über die Schnittstelle auch eine Abfrage der Störfall-Protokolle erfolgen und so eine Überwachung des Dampfumformventils im Hinblick auf sicherheitstechnisch relevante Fragen.

Der Modellrechner selbst ist in der üblichen Rechner-Bauweise aufgebaut, wobei ein Mikroprozessor im Zusammenwirken mit einem Coprozessor den aktiven Teil bilden. Ein Arbeitsspeicher hinreichender Größe zur Aufnahme des Programmes sowie der zu speichernden Informationen (Ventilkennlinien, H, T-Diagramm) sind in der üblichen Weise mit dem aktiven Teil verbunden. Darüber hinaus ist ein weiterer Speicherteil vorgesehen, der batteriegepuffert auch bei Netzausfall zu sichernde Daten und Protokolle behält. Für die analog anstehenden Meßwerte sind A/D-Wandler-Eingänge vorgesehen, zusätzlich weitere Eingänge als reine Digitaleingänge. Als Ausgänge sind Impuls-, Steu er- und Statusausgänge vorgesehen, die mittels im Rechner vorhandener elektromechanischer oder elektronischer Schaltglieder durchgeschaltet werden. Darüber hinaus besitzt der Rechner Analog-Ausgänge sowie serielle und/oder parallele Schnittstellen. Eine direkte Anzeige, z.B. über ein LCD-Display ist ebenso vorgesehen wie Leuchtanzeigen für den Status (Betrieb, Alarm, o.dgl.). Direkte Eingaben in den Modellrechner sind mit einer vorgeschalteten Tastatur möglich.

Es versteht sich von selbst, daß das Modellverhalten auch in einem übergeordneten Prozeßrechner der Leittechnik nachgebildet werden kann, deren durch Rechnung erzeugten Ausgangswerte dann die vorbeschriebenen "fiktiven Ausgangswerte" des Modellrechners sind.

Die Meßwert-Eingänge werden je nach Art des Prozesses verbunden mit Fühlern und Sensoren für
- Frischdampftemperatur,
- Kühlwassertemperatur,
- Abdampftemperatur,
- Frischdampfdruck,
- Abdampfdruck,
- Kühlwasserdruck (Vor Ventil),

- Kühlwasserdruck (Nach Ventil),
- Hub-Dampf-Ventil,
- Hub-Kühlwasser-Ventil.

Darüber hinaus können weitere Führungsgrößen (etwa von einem übergeordneten Leitsystem) eingegeben werden. Für die praktische Anwendung werden nicht alle Parameter benötigt, so weit Parameter vom Prozeß her konstant sind, können diese durch Festwerte ersetzt werden. Dies gilt beispielsweise für den Abdampfdruck, wenn dem Dampfumformventil ein Kondensator nachgeschaltet ist, bei dem der Abdampfdruck (abgesehen von Rohrleitungsverlusten) durch die Kondensationstemperatur bestimmt ist; dies kann auch für den Kühlwasserdruck (Nach Ventil) gelten, wenn der Druckabfalls zwischen Kühlwasserventil-Ausgang und Einspritzdüsen-Austritt überschaubar ist.

Den Sensoreingängen sind außer den vorgesehenen A/D-Wandlern Über tragungsglieder zugeordnet, die eine Linearisierung nicht-linearer Sensor-Kennlinien bewirken. Dadurch wird der Modellrechner von nicht-linearen Zusammenhängen zwischen zu messender Größe und Sensor- bzw. Fühlerausgang freigehalten.

Der abgesicherte Speicher für die Störfall-Protokolle kann über die Schnittstellen des Modellrechners ausgelesen werden, sein Inhalt kann auch auf dem Schirm des Bedienungsgerätes zur Anzeige gebracht oder über einen eventuell angeschlossenen Drucker ausgedruckt werden. Um unberechtigt Löschungen (z.B. durch UV-Strahlung bei einem EPROM) auszuschließen, enthält der Protokollspeicher von vornherein eine maschinenabhängige Vorbelegung, die bei unberechtigter Löschung durch Eingriff von außen mitgelöscht würde. Auf diese Weise wird das Erkennen einer Manipulation möglich. Um besonders in sicherheitsrelevanten Bereichen immer wieder geforderte unabhängige Überprüfungen zu ermöglichen, ist es vorteilhaft, wenn dieser Speicherteil für die Störfallprotokolle über eine entsprechende Schnittstelle ein Interface o. dgl., unabhängig vom Mikroprozessor von einen dritten ausgelesen werden kann. Dazu kann an eine Datenabnahme unmittelbar am Rechner gedacht werden, es ist jedoch auch möglich, den unabhängigen und gesonderten Speicherteil abnehmbar zu gestalten, so daß er bei der überwachenden Stelle völlig unabhängig vom Betrieb des Betreibers auslesbar ist.

Wie die Erfahrung mit Dampfumformventilen gezeigt hat, sind die kritischen Verschleißstellen, die überprüft und bei Wartungen ggfs. ersetzt werden müssen, einer Abnutzung im wesentlichen dann unterworfen, wenn der Hub des Ventiles geändert wird. Es ist daher vorteilhaft, die bei der Betätigung des Ventils anfallenden Hübe zu summieren und diese so entstandene Summe (Gesamt-Weglänge, die der Ventilkörper zurückgelegt hat) mit einer kritischen Strecke zu vergleichen, die als charakteristisch für den Wartungsbedarf angesehen werden kann. Darüber hinaus können auch Erosionsvorgänge Anforderungen an Überprüfung und Wartung stellen. Diese können jedoch bei dem geschilderten Verfahren dadurch erkannt werden, daß der Rechner aus im Laufe der Zeit erfolgten Veränderungen der Hub-Korrektur bei an sich gleichen Eingangs- und Ausgangszuständen des Dampfes auf Veränderungen von Durchfluß-Beiwert der Ventile und/oder des Drossel-Querschnitts als Funktion des Hubes schließt und aus diesem Schluß eine Information über den Zustand des Drosselkörpers ausgibt. Es versteht sich von selbst, daß auch Grenzabweichungen vorgegeben werden können, bei deren Überschreitung zumindest eine Protokollausgabe, ggfs. sogar eine Alarmgabe erfolgt. Diese Alarmgabe kann - genau so wie die Alarmgabe bei Überschreitung der vorgegebenen Extremwerte für den thermodynamischen Zustand oder bei Unterschreitung eines kritischen Wertes für die Temperaturdifferenz Abdampftemperatur-Sättigungsgrenztemperatur die Alarmgabe unabhängig von der Störfall-Protokollierung akustisch oder optisch erfolgen.

Das Verfahren wird anhand eines Vorrichtungsschemas sowie der damit erzielten Verfahrens-Parameter beispielhaft erläutert:

Eine Dampfumformstation 10 mit Frischdampfzuleitung 11 und Abdampfableitung 12 enthält das Dampfumformventil 13 mit einer Kühlwassereinspritzung. Das Kühlwasser wird über eine Kühlwasserzuleitung 14 dem Kühlwasserdrossenventil 15 zugeführt und strömt von da aus über die Einspritzleitung 16 dem Dampfumformventil 13 zu. Die nicht näher dargestellte Einspritzung erfolgt in üblicher Art der Drosselstelle nachgeschaltet, wobei auch die Einspritzung mit der Regelung des Kühlwasserstromes direkt verbunden sein kann, etwa in der bekannten Art, daß ein im Dampfumformventil axial angeordnetes Kühlwasserrohr mit radialen Bohrungen versehen ist, das von einem geschlossenen, axial verschiebbaren Rohr überfangen ist, wobei der Hilfsantrieb zum Regeln des Kühlwasser-Massenstromes auf ein vorgeschaltetes Regelventil wirkt. Die nicht näher dargestellten Ventilkörper werden mit dem Ventilkörperantrieb 17 am Dampfumformventil bzw. mit dem Hilfsantrieb 18 am Kühlwasserventil bewegt. Sensoren 17.1 und 18.1 melden die Bewegungen und die zurückgelegten Hubwege der Ventilkörper an den Rechner 20 zurück. Endschalter 17.2 bzw. 18.2 begrenzen die Hübe an Dampfumformventil und Kühlwasserventil und melden ihrerseits das Erreichen der Endposition an den Leitrechner 20. In der Frischdampfleitung 11 sind im Abstand vom Dampfumformventil 13 Fühler (11.1, 11.2) für die Temperatur und den Druck des Frischdampfes angeordnet. Die entspre-

chenden Werte für Temperatur und Druck des Abdampfes werden mit den in der Abdampfleitung 14 vorgesehenen Fühlern 14.1, 14.2 abgenommen. Die so ermittelten Dampfzustandswerte gehen an den Leitrechner 20. Die Kühlwassereinspeisung wird in gleicher Weise überwacht, wobei die für die Bestimmung des Massenstroms wichtige Druckdifferenz aus den Werten der Druckfühler 14.2, 16.2 vor und hinter dem Kühlwasserventil gebildet wird. Die eingezeichneten Temperaturfühler 14.1, 16.1 können - soweit sie nicht ganz entfallen - auf einen Temperaturfühler reduziert werden, soweit die für die Enthalpie-Berechnung notwendige Temperatur als konstant angeetzt werden kann (zumal Temperaturschwankungen im Normal-Bereich der Kühlwassertemperatur T_{KW} nur geringfügig in die Dichte und somit in den Massenstrom $\dot{m}_{KW}$ eingehen).

Der Rechner 20 - der in seinen Einzelheiten nicht näher dargestellt ist - ist mit einem Mikroprozessor versehen, der vorzugsweise mit einem Coprozessor zusammenarbeitet und der einen Programm- und Arbeitsspeicher aufweist sowie einen Sicherungsspeicher mit Batteriepufferung und einen weiteren gesonderten Speicher zur Protokollierung von Störfällen, der mit einer Uhr versehen die Protokollierung mit Datum und Uhrzeit gestattet und der auch mit einem Batteriepuffer versehen ist. Für die Aufnahme analoger Meßwerte sind entsprechende Eingänge mit A/D-Wandlern vorgesehen (die entfallen können, wenn die Meßwerte digitalisiert zugeführt werden). Die Ausgänge sind als Impuls-, Steuer- oder Statusgänge vorgesehen mit Relaiskontakten, über die die ausgeworfenen Befehle an die Antriebe herausgehen und die darüber hinaus die Hilfsfunktionen (z.B. Statusfunktionen, Alarmauslösungen über Lampe 23.1 oder Hupe 23.2 o.dgl.) übernehmen. Weitere Analog-Ausgänge sind als Strom- oder Spannungsquellen schaltbar und erlauben die Übernahme analog darzustellender Zustandswerte. Die Bedienung erfolgt entweder über eine vorgesehene Bedientastatur 21 oder über ein angeschlossenes, entfernt aufgestelltes Bediengerät (z.B. Personalcomputer 25) oder über einen Prozeß-Rechner. Die Eingaben und Ausgaben sowie die Statuszustände sind am Bedienteil durch ein Display 22 oder durch Leuchtfelder 24 zu erkennen (die selbstverständlich entfallen können, wenn das Bedienteil entfernt aufgestellt ist) Dabei ist es durchaus möglich, daß die als Parameter eingegebenen Werte (z.B. die funktionellen Zusammenhänge zwischen Massenstrom und Ventilstellung) in den Speichern der angeschlossenen Bedienteile vorhanden sind, auf die der Mikroprozessor genauso zurückgreifen kann, wie auf im Arbeitsspeicher vorhandene Informationen. Die Grundeinstellung des Ventils aufgrund der herstellerseitigen Auslegung wird zweckmäßigerweise in einem EPROM abgespeichert, sie dient als Vergleichswert für "schleichende" Veränderungen der Ventilcharakteristik, z.B. als Folge eines Verschleisses.

An die anlogen Meßeingänge werden die Sensoren angeschlossen für

- Frischwassertemperatur
- Kühlwassertemperatur
- Abdampftemperatur
- Frischdampfdruck
- Abdampfdruck
- Kühlwasserdruck vor Ventil
- Kühlwasserdruck nach Ventil
- Stellung Dampfventil (Hub Ventilkörper Dampfumform-Ventil)
- Stellung Kühlwasserventil (Hub Ventilkörper Kühlwasser Ventil)
- freiwählbare elektrische Führungsgröße.

Dabei können die einzelnen Eingänge unbelegt bleiben, wenn die betreffenden Zustandswerte prozeßbedingt konstant bleiben oder als konstant angesehen werden können. Es versteht sich von selbst, daß je nach Art des Sensors zusätzliche Verstärker, Wandler oder auch A/D-Wandler eingesetzt werden können (wobei dann der A/D-Wandler im Analog-Eingang zu überbrücken ist). Eventuelle mögliche Kompensationen (bei Thermoelementen z.B. Eispunktkompensation und/oder Linearisierung) erfolgen durch den Rechner, dem entsprechende Unterprogramme eingegeben werden. Alle Werte werden etwa einmal je Sekunde abgefragt, ein Zeitabstand, der im allgemeinen klein gegnüber üblichen Zeitkonstanten für die Einstellung eines stationären Gleichgewichts bei Dampdumformventilen ist. Es versteht sich von selbst, daß dieses Zeitintervall für die zyklische Abfrage bei anderen Zeitkonstanten auch wesentlich vwerkürzt oder aber verlängert werden kann.

Zusätzlich zu den Sensoreingängen sind digitale Statuseingänge vorgesehen, die zur Überwachung beliebiger Grenzwerte oder zum Einspeisen zusätzlicher Befehle o. dgl. verwendet werden können. Die Bedeutung dieser Statuseingänge wird in dem Betriebsprogramm festgelegt. Es versteht sich von selbst, daß alle Eingänge gegen Überspannung und elektrostatische Einflüsse geschützt sind.

Als gesonderter Protokollspeicher ist ein EPROM eingesetzt, im Ausführungsbeispiel mit einer Speicherkapazität von 8 kB. In ihm werden alle fehlerhaften Fahrweisen und Benutzereingriffe festgehalten, die z.B. zu freiem Wasser im Dampfumformventil oder zu übergroßer thermischer Belastung führen können. Der in dieses EPROM eingelesene Inhalt kann über eine vorgesehene Schnittstelle ausgelesen werden. Es versteht sich von selbst, daß diese auf einem Bildschirm des Bediengerätes (gleichgültig, ob am Rechner vorgesehen oder entfernt davon aufgestellt) dargestellt werden oder auf einem angeschlossenen Drukker ausge-

druckt werden. Eine spezielle maschinenabhängige Vorbelegung dieses EPROM's stellt sicher, daß ein Löschen mit dem Ziel, Störprotokolle zu vernichten, kenntlich gemacht wird. Diese Belegung - z.B. ständig wiederholtes Eintragen von Job-Nummer und Job-Name -ist, unabhängig vom Betreiber, vorgebbar oder wählbar, so daß uner wünschte Einflußnahmen, z.B. durch den Betreiber, ausgeschlossen werden können.

Um den mit dem Mikroprozessor versehenen Leitrechner 20 mit anderen Rechnern in Verbindung treten zu lassen, sind entsprechende Schnittstellen vorgesehen, die parallel und/oder seriell ausgeführt sind. Dadurch wird auch eine Daten-Fernübertragung möglich, die Fernbedienung, Fernüberprüfung und ggfs. Auslösung entsprechender Wartungsmaßnahmen ermöglicht. Diese Funktion kann auch von dem Personalcomputer 25 übernommen werden, der über eine an einer Schnittstelle angeschlossenen Leitung 27 mit einem Prozeßleitrechner, einem Datenfernübertragungsmodem o. dgl. verbunden ist und so Daten empfangen und ausgeben kann. Ein Drucker 26 gestattet das Ausdrucken der auf dem Bildschirm des Personalcomputers 25 (oder des Display's 22) angezeigten Daten zur Aufbewahrung. Der Leitrechner 20 kann dabei so programmiert und im Hinblick auf eine unterbrechungslose Stromversorgung ausgelegt sein, daß er die klassische Reglerfunktion bei einem etwaigen Ausfall der Prozeßleittechnik oder bei Störungen, wie z.B. Ausfall von Sensoren oder Meßwertübertragungsleitungen, weiterhin erfüllt und so auch die in sicherheitsrelevanten Anwendungsfällen zumindest die betriebsnotwendige Regelung aufrecht erhält. Es versteht sich von selbst, daß eine derartige Störfallprogrammierung auf das Verfahren insgesamt gerichtet sein kann.

Die Auswirkungen zeigen sich an den für ein Dampfumformventil in einem Heizkraftwerk typischen Werten, wobei zum einen von einer Senkung des Sollwertes der Abdampftemperatur und zum anderen von einer Anhebung der Abdampftemperatur ausgegangen wird, sowie - in einem dritten Beispiel - von einem Abfall des Frischdampfdruckes.

In einem Heizkraftwerk wird im stationären Zustand Frischdampf mit einem thermodynamischen Zustand 1 (T_{FD} = 451 °C, p_{FD} = 49,5 bar) sowie mit einem Massenstrom vor dem Um formventil von $\dot{m}_{FD}$ = 0,92 kg/s auf einen thermodynamischen Zustand 2 ($T_{AD,2}$ = 180 °C) gekühlt.

a) Im ersten Beispiel soll die Kühlung so geändert werden, daß die Abdampftemperatur auf $T_{AD,2}$ = 132 °C gesenkt wird. Dazu wird die Menge des in den in dem Dampfumformventil entspannten Dampf eingespritzten Kühlwassers (T_{KW} : 74,8 °C, $p_{KW,1}$ = 76,6 bar) von $\dot{m}_{KW,1}$ = 0,22 kg/s) auf $\dot{m}_{KW,2}$ = 0,27 kg/s erhöht. Dadurch nimmt der Abdampf zwar den gewünschten thermodynamischen Zustand 2 ($T_{AD,2}$ = 132 °C und p_{AD} = 1,7 bar) an und sein Massenstrom stellt sich auf $\dot{m}_{AD}$ = 1,19 kg/s ein. Wegen der durch die Sollvorgabe erzwungenen Temperaturabsenkung tritt während des instationären Übergang ein "Zuviel" an Kühlwasser in das Ventil ein; dieser Überschuß stellt sich im kritischen Übergang auf 6% vom eingespritzten Kühlwasser ein, mit der Folge unerwünschter Erosionserscheinungen.

b) Im zweiten Beispiel soll die im Ausführungsbeispiel a) abgesenkte Abdampftemperatur wieder auf $T_{AD,3}$ = 185 °C angehoben werden. Dazu wird der Kühlwasserstrom $\dot{m}_{KW,2}$ = 0,27 kg/s auf $\dot{m}_{KW,3}$ = 0,22 kg/s abgesenkt. Durch die beim Übergang notwendigen Absenkung der Kühlwassereinspritzung steigt die Abdampftemperatur auf den gewünschten Wert, jedoch läßt sich während des instationären Überganges in unmittelbarer Nähe des Drossel - Querschnittes eine Temperaturerhöhung auf etwa 230 °C nicht vermeiden, was zu unerwünschten Temperaraturspannungen im Ventilkörper führt.

c) Sinkt bei der Frischdampftemperatur T_{FD} = 451 °C der Frischdampfdruck von $p_{FD,1}$ = 49,5 bar auf $p_{FD,2}$ = 33 bar, ändert sich der Massenstrom des Frischdampfes wegen der verringerten Dichte auf $\dot{m}_{FD}$ = 0,43 kg/s und somit auch der mit dem Frischdampf eingebrachte Energiestrom. Die konstant zu haltenden Abdampftemperatur von T_{AD} = 145 °C wird durch das eingespritzte Kühlwasser (T_{KW} = 82,5 °C, $p_{KW,1}$ = 76,7 bar) mit einem Massenstrom $\dot{m}_{KW}$ = 0,25 kg/s erreicht. Beim Absinken des Frischdampfdruckes und damit des Frischdampf - Massenstromes tritt jedoch ein "Zuviel" an Kühlwasser auf, das - vollständiges Verdampfen vorausgesetzt - zu einer "Untertemperatur" von um 27 K und damit zum Erreichen und ggfs. zum Unterschreiten der Sättigungsgrenztemperatur führt. Verdampft das eingespritzte Kühlwasser im kritischen Bereich des Dampfumformventils nicht vollständig, bleibt freies Wasser zurück. Beides führt zu unerwünschten Erosionserscheinungen.

Diese drei Fälle lassen sich in überraschend einfacher Weise mit dem vorgeschlagenen Verfahren lösen:

Diese bei konventioneller Regelung unvermeidbaren Erscheinungen werden sicher vermieden, da das vorgeschlagene Verfahren den anzusteuernde Punkt der Kühlwassereinspritzung berechnet und diese Berechnung zyklisch ständig wiederholt, und nach der Berechnung die Stellung der Ventile, hier des Kühlwasserventils "auf den Punkt" bringt und hält (wobei sich dieser Punkt mit eventuellen Änderungen der Eingangsparameterauch verlagern kann). Eine Reglung im Sinne der Regeltechnik mit

ihren Problemen der verzögerten Annäherung oder des Überschwingens wird so vermieden, die Regelung wird durch das Modell ersetzt.

Durch das Einbeziehen aller Parameter, wie im einzelnen beschrieben, gelingt es, sowohl das Auftreten von freiem Wasser als auch von Übertemperatur in den kritischen Bereichen des Dampfumformventils zu vermeiden. Darüber hinaus ist das Modell in der Lage schleichende Veränderungen zu erkennen und in die weiteren Berechnungen einzubeziehen, und es wird so als lernfähiges System selbstadaptierend.

Ansprüche

1. Verfahren zur Dampfumformung in einem Dampfumformventil, bei dem Wasserdampf aus einem durch seine Temperatur T_{FD} und seinen Druck p_{FD} gegebenen thermodynamischen Zustand 1 (Frischdampf) mittels Kühlwassereinspritzung in einen durch seine Temperatur T_{AD} und seinen Druck p_{AD} gegebenen thermodynamischen Zustand 2 (Abdampf) überführt wird, dessen Frischdampfdurchlaß (Massenstrom m_{FD}) mit einem von einem Hauptantrieb einstellbaren Hub s_{DUV} eines Ventilkörpers im Ventil veränderbar ist und in das Kühlwasser mit einem zumindest durch seine Temperatur T_{KW} gegebenen thermodynamischen Zustand mit einem Kühlwasserdurchsatz (Massenstrom $\dot{m}_{KW}$), der mit einem von einem Hilfsantrieb einstellbaren Hub s_{KWV} eines Ventilkörpers in einem Kühlwasserventil veränderbar ist, eingespritzt wird, wobei das Dampfumformventil mit mindestens einem Regler zusammenwirkt, der mit einem Rechner zumindest eine von Temperatur und/oder Druck der Abdampfes (T_{AD}; p_{AD}) abhängige Regelgröße erzeugt, die zumindest auf den Hilfsantrieb des Kühlwasserventils und somit auf den Kühlwasserdurchsatz über vom Regler an den Hilfsantrieb abgegebene Stellgrößen einwirkt, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Hub des Ventilkörpers des Dampfumformventils abgenommen, sein Wert dem Rechner zugeführt und von diesem mit den in ihm gespeicherten Durchflußkennzahlen des Ventils und mit den gemessenen Werten für Druck p_{FD} und Temperatur T_{FD} des Frischdampfes als Variable zu dem das Dampfumformventil durchsetzenden Massenstrom $\dot{m}_{FD}$ des Frischdampfes und dem dazu gehörenden Wärmestrom umgerechnet wird, daß der Hub des Ventilkörpers des Kühlwasserventils abgenommen, sein Wert dem Rechner zugeführt und von diesem mit den in ihm gespeicherten Durchflußkennzahlen des Ventils und mit mindestens dem gemessenen Wert für die Kühlwassertemperatur T_{KW} als Variable zu dem das Kühlwasserventil durchsetzenden Massenstrom $\dot{m}_{KW}$ und dem dazu gehörenden Wärmestrom umgerechnet wird, und daß der Rechner aus den Massen- und Wärmeströmen von Frischdampf und Kühlwasser unter Berücksichtigung der aus den Enthalpie gewonnenen Wärmebilanz die zu erwartenden Werte für Temperatur T'_{AD} und Druck p'_{AD} des Abdampfes bildet, diese so gebildeten Werte mit den Meßwerten T_{AD} und p_{AD} vergleicht, daraus die Stellung des Ventilkörpers des Kühlwasserventils ableitet und dem Hilfsantrieb den Stellbefehl zum Übergang in diese Stellung zuleitet.

2. Verfahren nach Anspruch 1,**dadurch gekennzeichnet**, daß der Vergleich zyklisch erfolgt, wobei die Zeitabstände aufeinander folgender Zyklen klein gegenüber der Zeitkonstante der Wärmeträgheit des Dampfumformventils ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem mit dem Mikroprozessor verbundenen Arbeitsspeicher die Durchlaß-Kennwerte des Dampfumformventils als funktionellen Zusammenhang in der Form $\dot{m}_{FD} = \dot{m}_{FD}$ (T_{FD}, P_{FD},P_{AD}, s_{DUV}) und für das Kühlwasser als funktioneller Zusammenhang $\dot{m}_{KW} = \dot{m}_{KW}$ (T_{KW}, p_{KW1}, p_{KW2}, s_{KWV}) mit p_{KW1} Kühlwasserdruck vor dem Kühlwasserventil, p_{KW2} Druck nach dem Kühlwasserventil, s_{DUV} bzw. s_{KWV} für den Hub des Ventilkörpers des Dampfumformventils bzw. des Kühlwasserventils eingegeben werden, wobei die Durchfluß-Beiwerte α_{DKV} und α_{KWV} sowie der Zusammenhang zwischen dem Hub s_{DUV} bzw. s_{KWV} und der Drosselfläche A jedes der Ventile gespeichert sind.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**,daß die funktionellen Zusammenhänge von Hub s_{DUV} bzw. s_{KWV} des Ventilkörpers von Dampfumform- bzw. Kühlwasserventil und seiner Durchflußgröße in Form einer Kennlinienschar, insbesonder in Form einer die Kennlinienschar repräsentierenden Wertetabelle gespeichert sind.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Abweichungen der tatsächlichen Abdampf-Temperatur T_{AD} von der vorausberechneten Abdampf-Temperatur T'_{AD} Korrekturwerte für die eingegebenen Parameter des der Berechnung zugrunde liegende Modells bewirken, die diese Abweichungen verschwinden lassen.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die aus den Abweichungen ermittelten Korrekturwerte in dem mit dem Mikroprozessor zusammenwirkenden Arbeitsspeicher abruf- und auslesbar abgelegt sind, wobei zusätzlich die Differenz der ursprünglichen und der aktuellen Parameter aus lesbar sind als Maß für eingetretene Veränderungen.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**,daß im Arbeitsspeicher des Mikroprozessors weiter für den Bereich des thermodynamischen Zustandes die Sättigungsgrenzlinie für Wasserdampf gespeichert ist und die

vom Mikroprozessor an den Regler abgegebene, das Reglerverhalten übergeordnet beeinflussende Korrekturfunktion eine, insbesondere bei Anstieg der Frischdampftemperatur T_{FD} vom Regler ausgelöste Erhöhung des Kühlwasser-Massenstroms $\dot{m}_{KW}$ unterdrückt und dadurch den Kühlwasserdurchsatz unbeeinflußt läßt oder ihn sogar verringert, wenn die berechnete Abdampftemperatur T'_{AD} sich der zu dem gemessenen Druck p_{AD} gehörenden Sättigungsgrenztemperatur T_S zu stark annähert und die für das Auftreten von freiem Wasser wichtige Temperaturdifferenz (T_{AD} - T_S) auf wenige K zurückgeht.

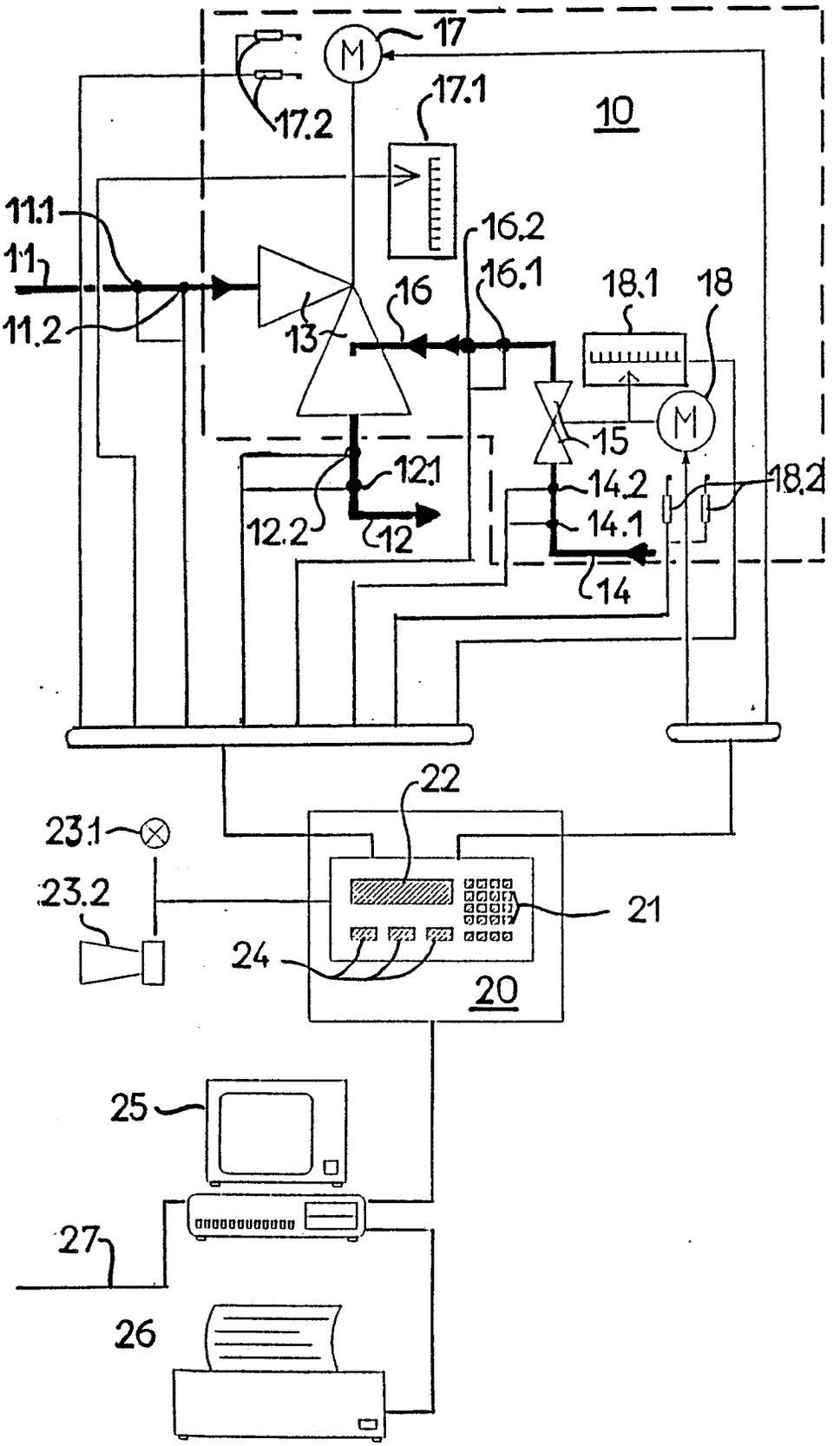
8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet** ,daß Extremwerte für die einzelnen Zustandgrößen des thermodynamischen Zustands 2 des Ausgangsdampfes (Temperatur T_{AD} und Druck p_{AD}) sowie für die für das Auftreten von freiem Wasser wichtige Temperaturdifferenz zwischen Ausgangstemperatur und Sättigungsgrenztemperatur (T_{AD} - T_S) vorgegeben sind und die Überschreitungen dieser Werte in einem mit dem Mikroprozessor verbundenen, vom Arbeitsspeicher jedoch unabhängigen, als Permanentspeicher ausgebildeten Speicherteil gesondert als vorzugsweise an Regler auslesbares, mit Zeitangaben versehenes Störprotokoll eingeschrieben wird, wobei eine Löschung der in diesem Speicherteil niedergelegten Störfallprotokolle ohne erkennbare Anzeichen nicht möglich ist.

9. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß der vom Arbeitsspeicher unabhängige, gesonderte Permanentspei cher für die Störfallprotokolle unabhängig vom Mikroprozessor des Reglers an dritter Stelle ausgelesen wird, wobei vorzugsweise der Permanentspeicher abgenommen und in einem Drittrechner ausgewertet wird.

10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**,daß über eine Schnittstelle mit Datenfernübertragung eine Ferndiagnose und/oder eine Korrektur der eingegebenen Parameter vorgenommen wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**,daß alle bei der Betätigung des Dampfumformventils und/oder des Kühlwasserventils durchgeführten Hübe der zugeordneten Ventilkörper einzeln addiert werden und die Summen als jeweilige z.B. den Verschleiß anzeigenden Gesamt-Verschleißweg mit dem jeweiligen, für die Ventilüberprüfung und -wartung charakteristischen Weg verglichen werden und daß für den Fall einer der Gesamt-Verschleißwege diesen charaktristischen Weg überschreitet, ein auf die notwendige Wartung hinweisendes Signal, vorzugsweise auch fernübertragen und/oder fernabfragbar, abgegeben wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**,daß jeder zu protokollierende Störfall eine optische und/oder akustische Alarmgabe auslöst.


17
17.2
17.1
10
11.1
11
11.2
16.2
16.1
16
13
18.1
18
15
M
12.1
12.2
12
14.2
14.1
14
18.2
22
23.1
23.2
21
24
20
25
27
26

Europäisches Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 89 12 2642

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
A,D	DE-A-3121442 (STEAG) * Zusammenfassung; Figuren *	1	F22G5/12
A	US-A-3134827 (PONTOW)		
A	FR-A-1264239 (SULZER)		

RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)

F22G
F01K
F22B

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
DEN HAAG	15 MAERZ 1990	VAN GHEEL J.U.M.

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

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

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus andern Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

EPO FORM 1503 03.82 (P0403)