



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
18.03.2009 Patentblatt 2009/12

(51) Int Cl.:
F23N 1/02 (2006.01) F23N 5/12 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08105288.8**

(22) Anmeldetag: **10.09.2008**

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

(72) Erfinder:
• **Wueest, Josef**
6312, Steinhausen (CH)
• **Schlup, Erwin**
3296, Arch (CH)

(30) Priorität: **12.09.2007 CH 14422007**

(74) Vertreter: **Falk, Urs**
Patentanwaltsbüro Dr. Urs Falk
Eichholzweg 9A
6312 Steinhausen (CH)

(71) Anmelder: **Thermmix AG**
4502 Solothurn (CH)

(54) **Verfahren zum Steuern eines Verdampferbrenners**

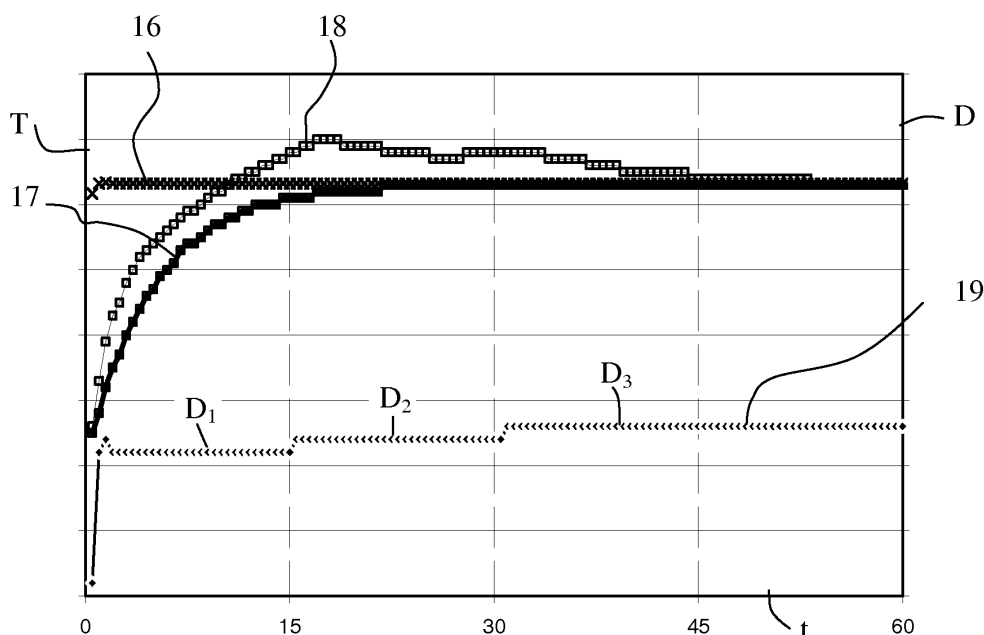
(57) Ein Verdampferbrenner, dessen Heizleistung P zwischen einem Minimalwert $P_{\min}$ und einem Nennwert $P_{\max}$ modulierbar ist, wobei ein übergeordneter Regler eine Heizleistung P anfordert, wird erfindungsgemäss wie folgt gesteuert:

- die Drehzahl D des Gebläses wird gesteuert gemäss einer Funktion $D = g(P) (1 + K)$, wobei $g(P)$ eine von der Heizleistung P abhängige vorgegebene Funktion und K ein veränderbarer Korrekturfaktor ist,

- der Korrekturfaktor K wird gemäss vorgegebenen Kriterien aktualisiert, und

- entweder die Temperatur der Verdampferkammer oder die Temperatur des Luft/Brennstoff Gemisches im Bereich desjenigen Drittels des Flammenhalters, der der Verdampferkammer zugewandt ist, oder die Temperatur der Innenwand des Flammenhalters und ein interner Sollwert werden für die Aktualisierung des Korrekturfaktors K benutzt.

Fig. 8



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Steuern eines Verdampferbrenners des im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Typs.

[0002] Ein solcher Verdampferbrenner ist ausgelegt für die Verbrennung von flüssigen Brennstoffen wie handelsüblichem Heizöl verschiedener Qualität oder Kerosin und eignet sich insbesondere für Heizungsanlagen von Wohnbauten, aber auch von Nichtwohnbauten, bei denen eine eher geringe Heizleistung im Bereich von wenigen Kilowatt ausreicht. Die vom Brenner beim Verbrennen des Brennstoffs erzeugte Wärme heizt beispielsweise Wasser in einem Heizkessel auf. Bei einem Verdampferbrenner wird der flüssige Brennstoff unter Wärmeeinwirkung verdampft, mit Luft vermischt und dann verbrannt.

[0003] Ein Verdampferbrenner der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art ist aus der WO 00/12935 bekannt. Der Verdampferbrenner ist unterhalb des Heizkessels angeordnet. Die Verdampferkammer wird beim Start des Brenners elektrisch vorgeheizt. Sobald die Flamme brennt, erfolgt dann eine Beheizung der Verdampferkammer durch die an der Verdampferkammer vorbeiströmenden heißen Verbrennungsgase, was mittels eines Umlenkkragens erreicht wird. Sobald die Verdampferkammer eine vorbestimmte Temperatur erreicht hat, was mittels eines Temperaturfühlers überwacht wird, kann die elektrische Heizung ausgeschaltet werden.

[0004] Aus der WO 2004/109183 ist ein weiterer Verdampferbrenner bekannt. Dieser Verdampferbrenner ist als Sturzbrenner ausgeführt und wird oben am Heizkessel montiert. Die Flamme brennt unterhalb der Verdampferkammer. Die aufsteigenden heißen Verbrennungsgase heizen die Verdampferkammer direkt auf.

[0005] Diese bekannten Verdampferbrenner sind als modulierende Brenner konzipiert, d.h. ihre Heizleistung kann in einem vorbestimmten Arbeitsbereich stufenlos gesteuert werden.

[0006] Bei Brennern solcher Bauart kommt der Verdampfung des Brennstoffs ausserordentlich grosse Bedeutung zu. So muss die Temperatur der Verdampferkammer genügend hoch sein, damit der Brennstoff vollständig verdampft. Die zugeführte Luftmenge muss an die zugeführte Brennstoffmenge angepasst sein. Wenn mehr Luft zugeführt wird, als für die Verbrennung benötigt wird, dann vermindert dies den Wirkungsgrad. Wenn weniger Luft zugeführt wird, als für die Verbrennung benötigt wird, dann erhöht dies einerseits die Abgasemissionen und führt andererseits zur Ablagerung von unverbrannten oder nicht vollständig verbrannten Brennstoffrückständen.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren für den optimalen Betrieb eines solchen Verdampferbrenners zu entwickeln, das ohne Messgeräte für die Messung der zugeführten Luftmenge und der zugeführten Brennstoffmenge auskommt.

[0008] Die genannte Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

[0009] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert.

Fig. 1 zeigt im Schnitt einen Verdampferbrenner,
 Fig. 2 zeigt eine Funktion zur Steuerung eines Gebläses,
 Fig. 3 zeigt die Abhängigkeit eines Sollwerts T_S für die Temperatur der Verdampferkammer von der angeforderten Heizleistung,
 Fig. 4 zeigt die Abhängigkeit eines Korrekturfaktors K von der Heizleistung,
 Fig. 5 bis 7 zeigt verschiedene Funktionen,
 Fig. 8 und 9 zeigen den zeitlichen Verlauf verschiedener Grössen.

[0010] Verdampferbrenner, bei denen die vorliegende Erfindung angewendet wird, sind wie erwähnt beispielsweise aus der WO 00/12935 und der WO 2004/109183 bekannt. Die Fig. 1 zeigt einen Vertikalschnitt durch die für das Verständnis der Erfindung nötigen Teile eines solchen als Sturzbrenner ausgelegten Verdampferbrenners. Der Verdampferbrenner umfasst eine Verdampferkammer 1, ein Gebläse 2, einen elektrischen Motor 3 für den Antrieb des Gebläses 2, einen Zerstäuberbecher 4, ein Mischrad 5 und einen Flammenhalter 6. Die Flamme brennt an der Aussenwand des Flammenhalters 6. Das Gebläse 2 umfasst zwei Rotoren 8 und 9, die auf einer vom Motor 3 angetriebenen Antriebswelle 7 befestigt sind. Die Rotoren 8, 9 fördern Frischluft in die Verdampferkammer 1. Der Flammenhalter 6 enthält einen Deckel und sitzt auf der Verdampferkammer 1 auf. Die Verdampferkammer 1 ist eine zum Flammenhalter 6 hin offene Kammer mit einem Boden 10 und einer Seitenwand 11. Der vom Boden 10 und der Seitenwand 11 der Verdampferkammer 1 umschlossene Raum bildet eine Misch- und Verdampferzone. In die Wand der Verdampferkammer 1 ist eine elektrische Heizeinrichtung 12 integriert. Der Zerstäuberbecher 4 und das Mischrad 5 sind bei diesem Ausführungsbeispiel ebenfalls auf der Antriebswelle 7 befestigt, d.h. der Zerstäuberbecher 4, das Mischrad 5 und die Rotoren 8, 9 des Gebläses 2 rotieren miteinander mit der gleichen Geschwindigkeit. Der Zerstäuberbecher 4 und das Mischrad 5 könnten aber auch separat angetrieben werden. Eine Brennstoffpumpe 13 fördert flüssigen Brennstoff durch eine Brennstoffleitung 14, die in den Zerstäuberbecher 4 hineinragt. Der geförderte Brennstoff fliesst oder tropft auf die innere Wand des Zerstäuberbechers 4. Wegen der Drehung des Zerstäuberbechers 4 fliesst der Brennstoff unter der Wirkung

der Zentrifugalkraft gegen den äusseren Rand des Zerstäuberbechers 4, wird vom Rand weggeschleudert und trifft auf die Innenwand der Verdampferkammer 1. Gleichzeitig wird durch die Rotoren 8, 9 des Gebläses 2 Frischluft gefördert. Ein gewisser Anteil der Frischluft strömt aussen am Zerstäuberbecher 4 entlang direkt in die Verdampferkammer 1, ein anderer Anteil der Frischluft gelangt durch Öffnungen im Boden des Zerstäuberbechers 4 in das Innere des Zerstäuberbechers 4 und zum Mischrad 5. Das rotierende Mischrad 5 dient dazu, die zugeführte Frischluft in die Verdampferkammer 1 umzuleiten, zu verwirbeln und mit dem verdampften Heizöldampf zu vermischen. Ein solcher Verdampferbrenner kann wie dargestellt als Sturzbrenner ausgeführt sein, er kann aber auch für jede andere Einbaulage, beispielsweise auch eine horizontale Einbaulage, konzipiert sein. Er eignet sich für die Verwendung mit kondensierenden Kesseln wie mit Kesseln anderer Bauart.

[0011] Das erfindungsgemässe Verfahren zur Steuerung des Verdampferbrenners benützt eine Prozessgrösse in Form einer aktuellen Temperatur, die vor der Flamme herrscht. Für deren Messung wird ein Temperaturfühler 15 verwendet, der beispielsweise

- in der Seitenwand 11 oder im Boden 10 der Verdampferkammer 1 angebracht ist und somit die Temperatur der Verdampferkammer 1 selbst misst,
- innerhalb des ersten der Verdampferkammer 1 zugewandten Drittels des Flammenhalters 6 platziert ist und somit die Temperatur des Luft/Brennstoff Gemisches misst,
- an der Innenwand des Flammenhalters 6 angebracht ist und somit die Temperatur des Flammenhalters 6 misst.

[0012] Mit Vorteil ist der Temperaturfühler 15, wie in der Fig. 1 dargestellt, in der Seitenwand 11 der Verdampferkammer 1 angebracht.

[0013] Der Verdampferbrenner ist ein modulierbarer Brenner, bei dem die Heizleistung P zwischen einem Kleinlastwert $P_{\min}$ und einem Nennlastwert $P_{\max}$ stufenlos oder auch in Stufen variiert werden kann. Der Kleinlastwert $P_{\min}$ beträgt typischerweise etwa 30 bis 35% des Nennlastwerts $P_{\max}$.

[0014] Der Verdampferbrenner ist an einem Heizkessel montiert, dessen Wassertemperatur von einem Heizungsregler geregelt wird. Der Heizungsregler fordert vom Verdampferbrenner eine Heizleistung P , die im Bereich zwischen $P_{\min} + k \cdot (P_{\max} - P_{\min})$ liegt, wobei die Grösse k den Modulationsgrad des Verdampferbrenners bezeichnet und Werte zwischen 0 und 1 annimmt. Die angeforderte Heizleistung P verändert sich laufend entsprechend dem aktuellen Wärmebedarf.

[0015] Die Inbetriebsetzung des Brenners umfasst in bekannter Weise das Einschalten der elektrischen Heizeinrichtung 12 der Verdampferkammer 1. In der Folge steigt die Temperatur der Verdampferkammer 1 an. Sobald die Temperatur der Verdampferkammer 1 einen vorbestimmten Wert erreicht hat, wird der Brennraum vorgelüftet, dann die Drehzahl des Gebläses 2 der eingestellten Zündleistung angepasst und schliesslich die Brennstoffzufuhr für den Brenner gestartet. An der Aussenwand des Flammenhalters 6 entsteht dann durch eine Zündung die Flamme. In der Folge wird nun die Verdampferkammer 1 durch die von der Flamme entwickelte Wärme weiter aufgeheizt, so dass die Temperatur der Verdampferkammer 1 weiter ansteigt. Sobald die Temperatur der Verdampferkammer 1 einen vorbestimmten Wert erreicht hat, wird die elektrische Heizeinrichtung 12 der Verdampferkammer 1 ausgeschaltet.

[0016] Für die erfindungsgemässe Steuerung des Verdampferbrenners, d.h. die Steuerung der Brennstoffpumpe 13 und des Gebläses 2, werden verschiedene Grössen benötigt, die nun beschrieben werden, nämlich

- eine Funktion $g(P)$,
- ein Sollwert $T_S(P)$ für die Temperatur der Verdampferkammer 1,
- ein interner Sollwert $T_{\text{int}}(t)$,
- ein Korrekturfaktor $K(P)$, und
- die aktuelle Temperatur der Verdampferkammer 1.

[0017] Diese Grössen hängen von der Heizleistung P und/oder von der Zeit t ab.

[0018] Die Funktion $g(P)$ ist eine Funktion, die angibt, mit welcher Drehzahl das Gebläse 2 drehen muss, wenn der Brenner die Heizleistung P liefern muss. Sie ist so festgelegt, dass die Temperatur der Verdampferkammer 1 unter idealen Betriebsbedingungen und ohne Anwendung des Korrekturfaktors $K(P)$ bei der Heizleistung $P_{\min}$ einen vorbestimmten Wert T_{VDKmin} erreicht, mit zunehmender Heizleistung linear zunimmt und bei der maximalen Heizleistung $P_{\max}$ einen vorbestimmten Wert T_{VDKmax} erreicht. In der Praxis hat sich eine Funktion $g(P)$ bewährt, die, wie in der Fig. 2 gezeigt ist, durch zwei Geraden G_1 und G_2 mit unterschiedlicher Steigung darstellbar ist.

[0019] Der Sollwert $T_S(P)$ ist eine nur von der Heizleistung P abhängige Funktion. Die Fig. 3 zeigt die Abhängigkeit des Sollwerts T_S von der Heizleistung P bzw. vom Modulationsgrad k für einen von der Anmelderin entwickelten Verdampferbrenner. Der Sollwert T_S ist hier eine lineare Funktion des Modulationsgrades k und beträgt $T_S = T_{\text{VDK1}}$ beim Modulationsgrad $k = 0$ (also bei Kleinlast) und $T_S = T_{\text{VDK2}}$ beim Modulationsgrad $k = 1$ (also bei Nennlast). Im Beispiel ist $T_{\text{VDK1}} \approx 450^\circ\text{C}$ und $T_{\text{VDK2}} \approx 500^\circ\text{C}$. Es ist also

$$T_S(k) = T_{VDK1} + k * (T_{VDK2} - T_{VDK1}) \quad (1)$$

[0020] Der interne Sollwert $T_{int}(t)$ dient dazu, das effektive Verhalten der Ist-Temperatur der Verdampferkammer 1 nachzubilden. Er ist abhängig vom Betriebsverlauf. Wenn die angeforderte Heizleistung P plötzlich abrupt ändert, dann ändert der Sollwert $T_S(P)$ ebenso abrupt, während der interne Sollwert $T_{int}(t)$ dem Sollwert T_S über einen leistungsabhängigen Tiefpass nachgeführt wird. Messungen haben ergeben, dass der interne Sollwert $T_{int}(t)$ mit Vorteil entsprechend einer e-Funktion mit einer vorbestimmten, dem Brenner angepassten Zeitkonstante nachgeführt wird. Ein solches Verhalten kann mathematisch auf einfache Weise durch die folgende Berechnungsmethode simuliert werden:

$$T_{int}(t_{n+1}) = T_{int}(t_n) + \alpha * [T_S(k(t_{n+1})) - T_{int}(t_n)] \quad (2)$$

wobei die Grösse α so eingestellt ist, dass der Verlauf des internen Sollwerts T_{int} den Verlauf der Ist-Temperatur der Verdampferkammer 1 bei einer Leistungsänderung möglichst gut nachbildet. Der interne Sollwert $T_{int}(t)$ wird mit einer vorbestimmten Frequenz f_1 von beispielsweise 0.1 Hz, d.h. alle 10

[0021] Sekunden, aktualisiert. Die Zeitdauer $\Delta t = t_{n+1} - t_n$ zwischen aufeinander folgenden Zeitpunkten t_n, t_{n+1} ist also gleich $1/f_1$.

[0022] Der Korrekturfaktor $K(P)$ ist ein Faktor, der dazu dient, Abweichungen vom idealen Luft/Brennstoffverhältnis zu minimieren. Die Ursachen für solche Abweichungen sind vielfältig, einerseits sind es äussere Faktoren wie die Witterungsbedingungen (Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, etc.) und innere Faktoren wie der Verschmutzungsgrad der Verdampferkammer, etc.. Der Korrekturfaktor K wird deshalb im laufenden Betrieb ständig aktualisiert. Der Korrekturfaktor K ist aus Sicherheitsgründen auf einen vorbestimmten Korrekturbereich $B_1 \dots B_2$ beschränkt. Im Beispiel liegt der Korrekturfaktor K im Bereich zwischen $B_1 = -0.1$ und $B_2 = +0.15$.

[0023] Die Fig. 4 zeigt die Abhängigkeit des Korrekturfaktors K von der Heizleistung P bzw. vom Modulationsgrad k . Im Beispiel ist der Korrekturfaktor K eine von der Heizleistung P bzw. vom Modulationsgrad k linear abhängige Funktion, die gegeben ist durch

$$K(P) = K(P_{min} + k * (P_{max} - P_{min})) = K_1 + k * (K_2 - K_1) \quad (3)$$

[0024] K_1 und K_2 bezeichnen zwei Stützpunktwerte, nämlich K_1 einen Stützpunktwert für Kleinlast und K_2 einen Stützpunktwert für Nennlast.

[0025] Der Korrekturfaktor $K(P)$ wird in einem vorbestimmten Rhythmus aktualisiert, indem

- mittels des Temperaturfühlers 15 die Ist-Temperatur T_{ist} der Verdampferkammer 1 gemessen wird,
- die Differenz ΔT zwischen der Ist-Temperatur T_{ist} und dem internen Sollwert T_{int} berechnet wird zu $\Delta T = T_{ist} - T_{int}$, und daraus
- neue Werte für die Stützpunkte K_1 und K_2 berechnet werden.

[0026] Die Werte K_1, K_2 sind also zeitabhängig. Der Korrekturfaktor K hängt zwar immer von der aktuellen Heizleistung ab, verändert sich aber im Lauf der Zeit.

[0027] Wenn die Temperaturdifferenz ΔT grösser 0 ist, dann bedeutet dies, dass die Verdampferkammer 1 zu heiss ist. Deshalb soll der Korrekturfaktor K um einen dem Betrag der Temperaturdifferenz ΔT angemessenen Wert erhöht werden. Dadurch wird die Drehzahl D des Gebläses 2 und damit die Luftzufuhr erhöht. Wenn die Temperaturdifferenz ΔT kleiner 0 ist, dann bedeutet dies, dass die Verdampferkammer 1 zu kalt ist. Deshalb soll der Korrekturfaktor K um einen dem Betrag der Temperaturdifferenz ΔT angemessenen Wert verkleinert werden.

[0028] Die Änderung des Korrekturfaktors K kann auf verschiedene Arten vorgenommen werden. Eine erste Möglichkeit besteht darin, beide Stützpunktwerte K_1 und K_2 um einen gleichen Wert $\Delta k(\Delta T)$ zu erhöhen oder zu verkleinern, wobei die Funktion $\Delta k(\Delta T)$ eine vorgegebene Funktion ist. Weil sich störende Veränderungen in den Umgebungsbedingungen (z.B. Verschmutzung des Heizkessels, etc.) auf den Betrieb bei Kleinlast und bei Grosslast verschieden auswirken, werden die Korrekturwerte für Kleinlast und Grosslast mit Vorteil separat nachgeführt. Eine zweite, bevorzugte Möglichkeit besteht deshalb darin, die beiden Stützpunktwerte um verschieden grosse Werte zu ändern und dies in Funktion der aktuellen Heizleistung. Die beiden folgenden Gleichungen stellen eine beispielhafte Möglichkeit dar:

$$K_1(t_{n+1}) = K_1(t_n) + h_1(k) * \Delta T * \beta \quad (4)$$

5

$$K_2(t_{n+1}) = K_2(t_n) + h_2(k) * \Delta T * \beta \quad (5)$$

10

wobei die Grösse β eine Konstante mit der Masseinheit $1/^\circ\text{C}$ ist. In Versuchen hat sich folgende Aufteilung bewährt:

$$h_1(k) = (1 - k) \quad (6)$$

15

$$h_2(k) = \gamma * k \quad (7)$$

20

wobei die Grösse γ eine Konstante ist. Die Fig. 5 illustriert die Funktionen $h_1(k)$ und $h_2(k)$ gemäss den Gleichungen 6 und 7. Die Fig. 6 und Fig. 7 illustrieren weitere Beispiele von geeigneten Funktionen $h_1(k)$ und $h_2(k)$, mit denen die beim Betrieb des Verdampferbrenners beim Modulationsgrad k ermittelte Temperaturdifferenz ΔT in Änderungen der Stützpunktwerte K_1 und K_2 aufgeteilt werden kann.

25

[0029] Falls $K_1(t_{n+1})$ kleiner als der Wert B_1 ist, wird $K_1(t_{n+1}) = B_1$ gesetzt, falls $K_1(t_{n+1})$ grösser als der Wert B_2 ist, wird $K_1(t_{n+1}) = B_2$ gesetzt. Auf analoge Weise wird der Stützpunktwert $K_2(t_{n+1})$ auf Werte innerhalb des vorgegebenen Bereichs $B_1 \dots B_2$ begrenzt. Dadurch wird gewährleistet, dass der Korrekturfaktor K innerhalb des vorgegebenen Bereichs $B_1 \dots B_2$ liegt.

30

[0030] Der aktualisierte Korrekturfaktor $K(t_{n+1})$ ergibt sich dann zu

$$K(P(t_{n+1})) = K_1(t_{n+1}) + k * [K_2(t_{n+1}) - K_1(t_{n+1})] \quad (8)$$

35

[0031] Die beiden Stützpunktwerte K_1 und K_2 werden wie der interne Sollwert T_{int} als zeitabhängige Parameter geführt und periodisch, allerdings mit unterschiedlicher Frequenz, neu berechnet. Die Aktualisierung des Korrekturfaktors K kann entfallen, wenn die gemessene Temperaturdifferenz ΔT kleiner als eine minimale Temperaturdifferenz ΔT_{min} ist, unterhalb der Korrekturen des Korrekturfaktors K keinen Sinn machen, da die Messgenauigkeit des Temperaturfühlers 15 nur bei etwa 2.5°C liegt.

40

[0032] Somit erfolgt der Betrieb des Verdampferbrenners wie folgt:

- Die Brennstoffpumpe 13 fördert eine Brennstoffmenge entsprechend der aktuell vom Heizungsregler angeforderten Heizleistung $P(t)$.
- Das Gebläse 2 dreht mit einer Drehzahl D , die durch die Funktion $D = g(P) * [1 + K(P)]$ gegeben ist.
- Der Korrekturfaktor $K(P)$ wird während des Betriebs immer wieder, vorzugsweise periodisch, aktualisiert.

45

[0033] Die Fig. 8 zeigt in einem Diagramm vier Kurven 16 bis 19. Die Kurve 16 zeigt den Verlauf des von der vom Heizungsregler angeforderten Heizleistung $P(t)$ abhängigen Sollwerts $T_S(P(t))$ für die Temperatur der Verdampferkammer 1 (Fig. 1), die Kurve 17 zeigt den Verlauf des internen Sollwerts $T_{int}(t)$, die Kurve 18 zeigt den Verlauf der vom Temperaturfühler 15 gemessenen Ist-Temperatur der Verdampferkammer 1 und die Kurve 19 zeigt den Verlauf der Drehzahl $D(t)$ des Gebläses 2. Auf der Abszissenachse ist die Zeit t dargestellt, auf der Ordinatenachse die Temperatur T . Bei diesem Beispiel wird der Korrekturfaktor $K(P)$ im Takt von 15 Minuten aktualisiert. Der durch die in der Fig. 8 dargestellten Kurven illustrierte Betrieb des Verdampferbrenners ist folgender:

50

55

Zeitpunkt $t_0 = 0$: Der Verdampferbrenner wird eingeschaltet, wobei für die Zündung die Heizleistung P_{max} angefordert wird. Der Sollwert $T_S(P_{max})$ ist ein konstanter Wert, wie dies die Kurve 16 illustriert. Das Gebläse 2 dreht vorerst mit der Drehzahl $D_1 = g(P_{max}) * [1 + K(P_{max})]$. Der interne Sollwert $T_{int}(t)$ nimmt kontinuierlich zu und erreicht nach

etwa 20 Minuten den Sollwert $T_S(P_{\max})$. Die Ist-Temperatur (Kurve 18) steigt schneller an als der interne Sollwert $T_{\text{int}}(t)$ und überschwingt.

[0034] Am Zeitpunkt $t_1 = 15$ Min. erfolgt die erste Aktualisierung des Korrekturfaktors $K(P)$. Weil die Temperaturdifferenz $\Delta T = T_{\text{ist}} - T_{\text{int}} > 0$ und weil der Brenner bei Nennlast $P_{\max}$ läuft, bewirkt die Temperaturdifferenz ΔT nur eine Erhöhung des Stützpunktwertes K_2 , während der Stützpunktwert K_1 nicht geändert wird. Der Korrekturfaktor $K(P_{\max})$ wird also grösser und die Drehzahl D des Gebläses wird auf den Wert D_2 erhöht.

[0035] Am Zeitpunkt $t_2 = 30$ Min. erfolgt die zweite Aktualisierung des Korrekturfaktors $K(P)$. Weil die Temperaturdifferenz $\Delta T = T_{\text{ist}} - T_{\text{int}} > \Delta T_{\min} > 0$ ist, wird der Korrekturfaktor $K(P_{\max})$ nochmals grösser und die Drehzahl D des Gebläses wird auf den Wert D_3 erhöht.

[0036] Am Zeitpunkt $t_3 = 45$ Min. erfolgt die dritte Aktualisierung des Korrekturfaktors $K(P)$. Weil die Temperaturdifferenz $\Delta T = T_{\text{ist}} - T_{\text{int}} < \Delta T_{\min}$ ist, erfolgt keine Änderung des Korrekturfaktors $K(P)$. Die Drehzahl D des Gebläses bleibt somit beim Wert D_3 .

[0037] Die Fig. 9 zeigt in einem Diagramm den Verlauf der drei Kurven 16 bis 18 während einer späteren Betriebsphase, während der die vom Heizungsregler angeforderten Heizleistung P immer wieder ändert. Der Verlauf der Drehzahl $D(t)$ des Gebläses 2 ist hier nicht dargestellt. Der Korrekturfaktor $K(P)$ wird immer noch im Rhythmus von 15 Minuten aktualisiert. Weil die Temperaturdifferenz $\Delta T = T_{\text{ist}} - T_{\text{int}}$ aber meistens kleiner als $\Delta T_{\min}$ ist, erfolgt nur an den beiden mit einem Pfeil angezeigten Zeitpunkten eine Änderung des Korrekturfaktors $K(P)$ und damit eine Änderung der Drehzahl D des Gebläses 2.

[0038] Die Aktualisierung des Korrekturfaktors K erfolgt gemäss vorgegebenen Kriterien, bevorzugt unabhängig vom Betriebszustand des Brenners periodisch mit der Frequenz f_2 , im Beispiel in einem Takt von 15 Minuten, wie oben beschrieben. Die Aktualisierung kann aber auch beim Auftreten gewisser Ereignisse oder auch aperiodisch erfolgen.

[0039] Der Korrekturfaktor $K(P)$ wird wie beschrieben laufend aktualisiert und gespeichert. Er bleibt erhalten, auch wenn der Verdampferbrenner ausgeschaltet wird. Beim nächsten Start des Verdampferbrenners dient der gespeicherte Korrekturfaktor $K(P)$ als Ausgangswert.

[0040] Die obige Beschreibung betraf den Normalfall. Es kommen im Betrieb aber auch spezielle Situationen vor, bei denen mit Vorteil spezifische Massnahmen ergriffen werden.

a) Flammenausfall

[0041] Es kommt ab und zu vor, insbesondere bei der ersten Inbetriebnahme des Brenners, dass die Flamme im Betrieb des Brenners wieder erlischt. Falls die aktuelle, vom Temperatursfühler 15 gemeldete Temperatur der Verdampferkammer 1 grösser ist als der interne Sollwert T_{int} , dann bedeutet dies, dass der Brenner mehr Luft benötigt. In diesem Fall werden die Stützpunktwerte K_1 und K_2 um einen vorbestimmten Wert, beispielsweise um 0.02, erhöht.

b) Ausschalten der gesamten Heizungsanlage

[0042] Wenn die Heizungsanlage ausgeschaltet wird, sei es weil der Kaminfeger vorbeikommt oder ein Brennerservice durchgeführt wird oder auch weil die Heizungsanlage in der Sommerzeit nicht benötigt wird, dann wird der Korrekturfaktor K , d.h. hier die Stützpunktwerte K_1 und K_2 , automatisch auf 0 zurückgesetzt.

c) Korrektur bei stark schwankender Heizleistung

[0043] Wenn der Brenner nicht stabil läuft, was sich als erhebliche Schwankungen der Heizleistung bemerkbar macht, ist es vorteilhaft, keine oder eine gegenüber dem Normalfall geringere Änderung am Korrekturfaktor K vorzunehmen. Die Aktualisierung des Korrekturfaktors K erfolgt in einem festen Takt an vorbestimmten Zeitpunkten. Wenn die Variation der Heizleistung seit dem letzten Zeitpunkt bis zum neuen Zeitpunkt einen vorbestimmten Wert überschreitet, dann wird der Korrekturfaktor K nicht oder nur zum Teil aktualisiert.

[0044] Bisher wurde davon ausgegangen, dass die für die Berechnung der Dosierfrequenz der Brennstoffpumpe 13 (Fig. 1) und der Drehzahl des Gebläses 2 angenommene Heizleistung P auch wirklich vorliegt. Es ist aber möglich, dass aufgrund von Temperaturschwankungen, Alterungserscheinungen oder falschen Einstellungen die geförderte Brennstoffmenge nicht mit der angenommenen Brennstoffmenge übereinstimmt. In einem solchen Fall stimmt daher das Brennstoff/Luft Verhältnis nicht mehr. Die vorher beschriebene Steuerung korrigiert zwar die Gebläsedrehzahl, bis die Temperatur den Sollwert erreicht. Da dieser Sollwert aber von einer falsch angenommenen Leistung abgeleitet wurde, wird das Brennstoff/Luft Verhältnis zwar verbessert, stimmt aber noch nicht genau. Eine falsche Heizleistung hat Einfluss auf die Emissionen: zu hohe Leistung bei Nennlast führt zu erhöhten NO_x -Werten, zu tiefe Leistung bei Kleinlast führt zu erhöhten CO-Werten. Es ist im Sinne einer sauberen Verbrennung, wenn die aktuelle Heizleistung mit der angenommenen Heizleistung P übereinstimmt. Es wurde nun festgestellt, dass bestimmte Prozessgrössen nach der Flamme im

wesentlichen von der tatsächlich vorliegenden Heizleistung und nur geringfügig vom Luftüberschuss abhängig sind. Diese Prozessgrößen eignen sich deshalb für die Korrektur der Heizleistung. Geeignete Prozessgrößen sind

- das Ionisationssignal eines ohnehin vorhandenen Ionisationsfühlers 20 (Fig. 1),
- die Temperatur der Flamme,
- die Temperatur in dem dem Gebläse 2 zugewandten Drittel des Brennraums.

[0045] Die Brennstoffpumpe 13 ist beispielsweise eine Schwingkolbenpumpe. Bei einer solchen Pumpe ist die geförderte Brennstoffmenge proportional zur Arbeitsfrequenz, der sogenannten Dosierfrequenz F. Die Dosierfrequenz F wird daher eingestellt gemäß der Gleichung

$$F = \delta * P \quad (9)$$

[0046] Der Faktor δ wird bei geeigneter Gelegenheit überprüft und gegebenenfalls aktualisiert. Die Aktualisierung vom aktuellen Wert δ auf den neuen Wert δ_{neu} erfolgt gemäß der folgenden Gleichung

$$\delta_{\text{neu}} = \delta + \lambda * [S_S(P_{\text{min}}) - S_{\text{ist}}] \quad (10)$$

wobei der Wert S_{ist} der aktuelle Wert der ausgewählten Prozessgröße und S_S der Sollwert der ausgewählten Prozessgröße ist und wobei die Größe λ ein konstanter Faktor ist. Die Aktualisierung des Faktors δ erfolgt bevorzugt, wenn der Verdampferbrenner stabil bei Kleinlast P_{min} läuft, weil bei Kleinlast die Abhängigkeit der erwähnten Prozessgrößen vom Luftüberschuss am geringsten und die Empfindlichkeit der erwähnten Prozessgrößen am grössten ist.

[0047] Durch die Steuerung der Drehzahl D des Gebläses 2 basierend auf der erfindungsgemässen Nachführung des Korrekturfaktors K(P) wird eine optimale Verdampfung und Verbrennung des Brennstoffs erreicht. Die Verbrennung wird weiter optimiert, wenn auch die Förderleistung der Brennstoffpumpe 13 ab und zu überprüft und gegebenenfalls nachgeführt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern eines Verdampferbrenners, dessen Heizleistung P zwischen einem Minimalwert P_{min} und einem Nennwert P_{max} modulierbar ist, wobei ein übergeordneter Regler eine Heizleistung P anfordert, wobei der Verdampferbrenner eine Verdampferkammer (1), eine Brennstoffpumpe (13) für die Förderung des Brennstoffs, ein Gebläse (2) für die Förderung der Verbrennungsluft, dessen Drehzahl D steuerbar ist, einen Zerstäuberbecher (4), ein Mischrad (5) und einen Flammenhalter (6) aufweist, wobei die Verdampferkammer eine zum Flammenhalter hin offene Kammer mit einem Boden (10) und einer Seitenwand (11) ist, und wobei bei dem Verfahren mittels einer Brennstoffpumpe eine Brennstoffmenge entsprechend der aktuell angeforderten Heizleistung P dem Zerstäuberbecher zugeführt und die Drehzahl D des Gebläses gesteuert wird, **dadurch gekennzeichnet**,

- **dass** die Drehzahl D des Gebläses gesteuert wird gemäß einer Funktion $D = g(P) * (1 + K)$, wobei $g(P)$ eine von der Heizleistung P abhängige vorgegebene Funktion und K ein veränderbarer Korrekturfaktor ist,
- **dass** der Korrekturfaktor K gemäß vorgegebenen Kriterien aktualisiert wird,
- **dass** ein interner Sollwert T_{int} geführt wird, und
- **dass** entweder die Temperatur der Verdampferkammer oder die Temperatur des Luft/Brennstoff Gemisches im Bereich desjenigen Drittels des Flammenhalters, der der Verdampferkammer zugewandt ist, oder die Temperatur der Innenwand des Flammenhalters und der interne Sollwert T_{int} für die Aktualisierung des Korrekturfaktors K benutzt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Korrekturfaktor K eine von der Heizleistung P abhängige Funktion ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**,

- **dass** der interne Sollwert T_{int} mit einer vorbestimmten Frequenz aktualisiert wird, wobei für die Aktualisierung

EP 2 037 176 A2

der aktuelle Wert des internen Sollwerts T_{int} und die aktuell angeforderte Heizleistung P massgebend sind, und
- **dass** für die Aktualisierung des Korrekturfaktors K die Differenz zwischen der genannten Temperatur und dem internen Sollwert T_{int} massgebend ist.

- 5 **4.** Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einem Flammenausfall im Betrieb der Korrekturfaktor K um einen vorbestimmten Wert erhöht wird, falls die genannte Temperatur grösser ist als der interne Sollwert T_{int} .
- 10 **5.** Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die von der Brennstoffpumpe geförderte Brennstoffmenge ab und zu aktualisiert wird, wobei für die Aktualisierung eine Prozessgrösse nach der Flamme benutzt wird.
- 15 **6.** Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Prozessgrösse nach der Flamme das gemittelte oder gefilterte Ionisationssignal eines Ionisationsfühlers ist.
- 20 **7.** Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aktualisierung der von der Brennstoffpumpe geförderten Brennstoffmenge erfolgt, wenn der Verdampferbrenner bei der minimalen Heizleistung P_{min} läuft.

Fig. 1

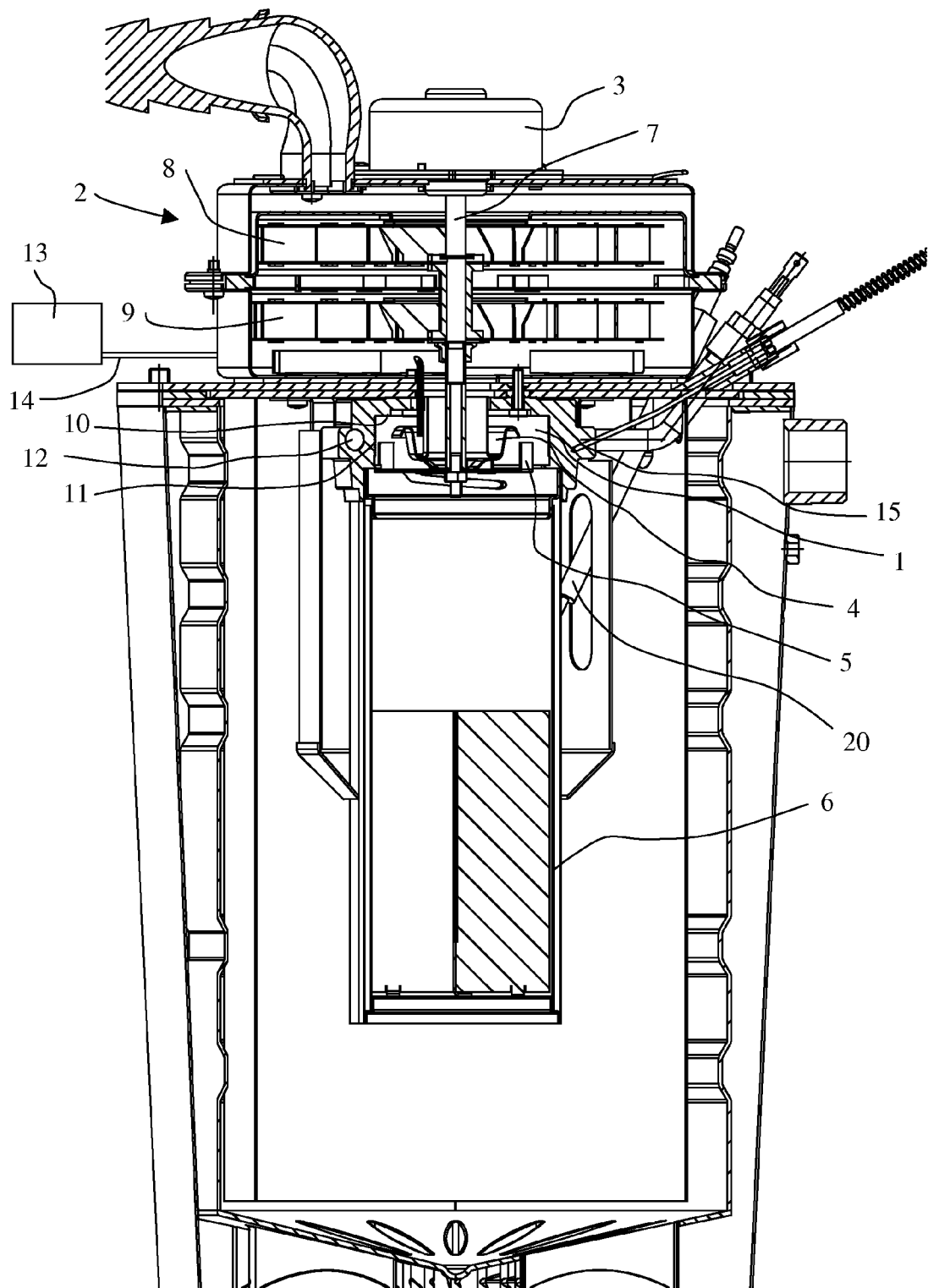


Fig. 2

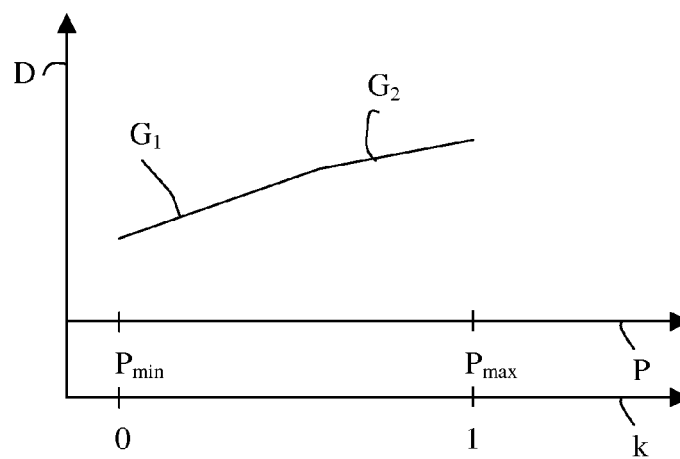


Fig. 3

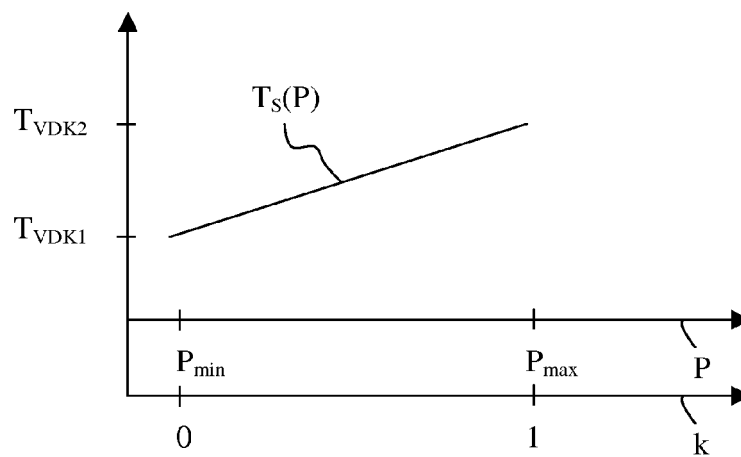


Fig. 4

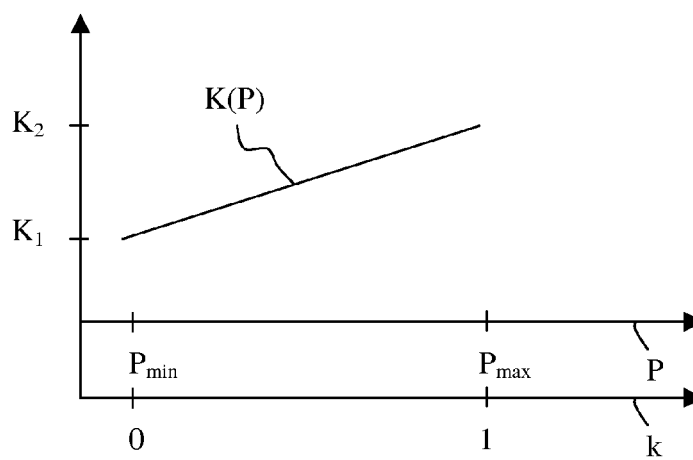


Fig. 5

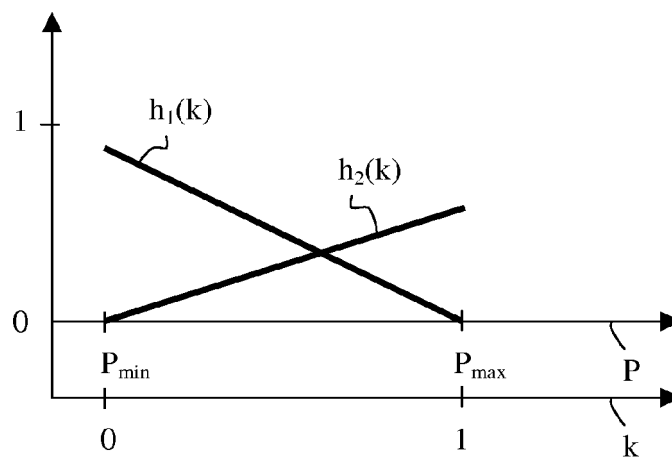


Fig. 6

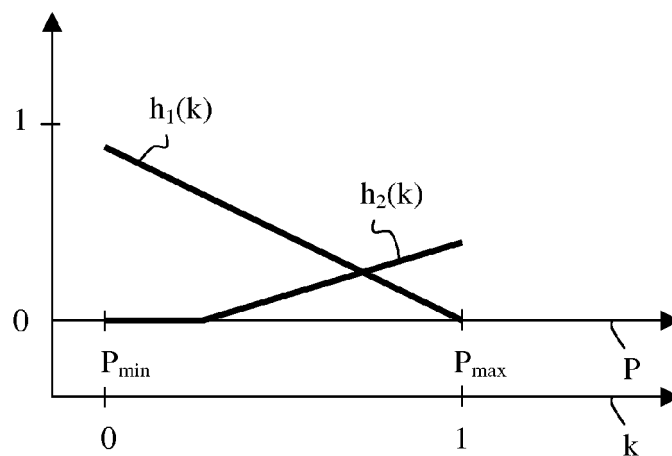


Fig. 7

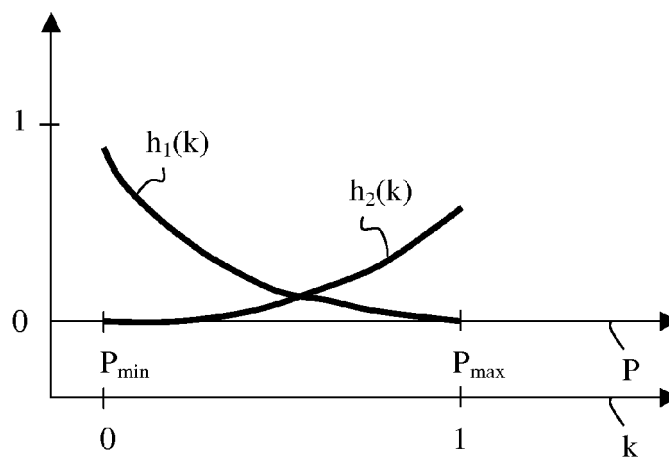


Fig. 8

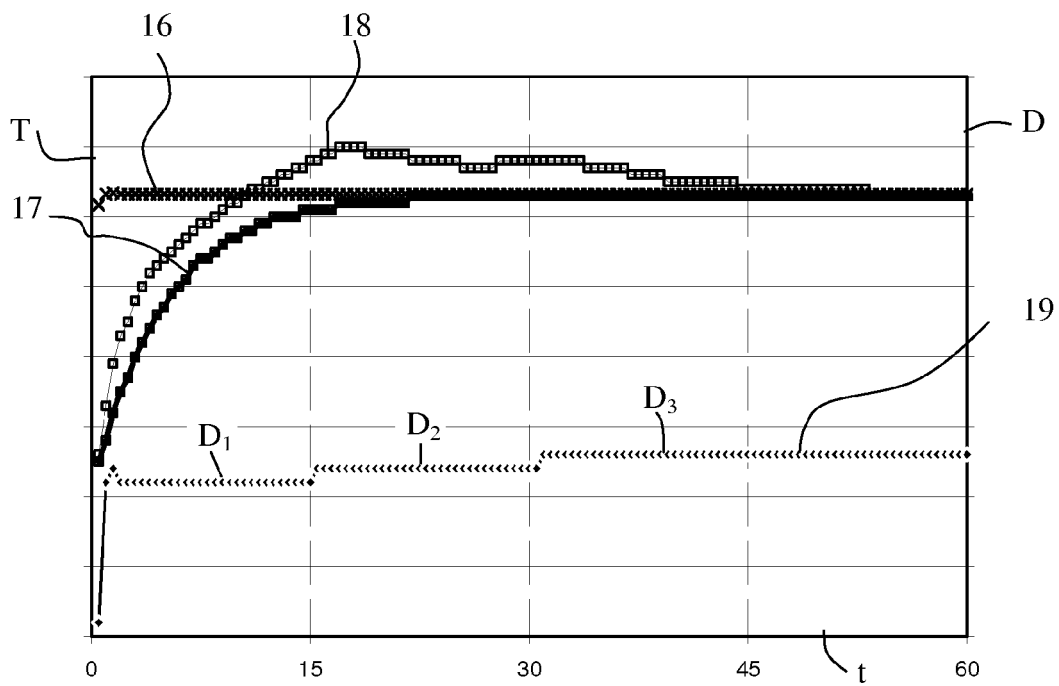
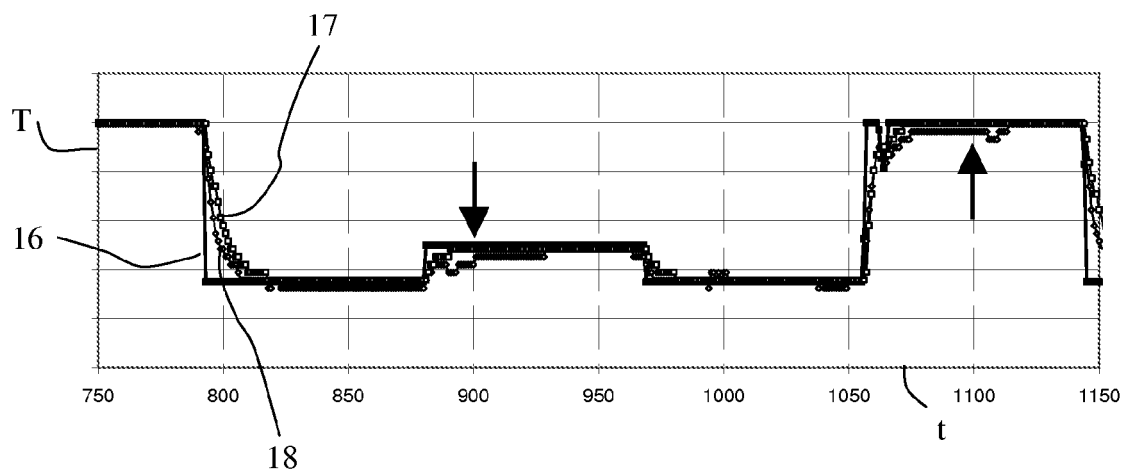


Fig. 9



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

- WO 0012935 A [0003] [0010]
- WO 2004109183 A [0004] [0010]