



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑤ Int. Cl.³: G 01 F 1/68
G 01 K 17/08

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑪

644 949

⑳ Gesuchsnummer: 4275/80

㉓ Inhaber:
LGZ Landis & Gyr Zug AG, Zug

㉒ Anmeldungsdatum: 03.06.1980

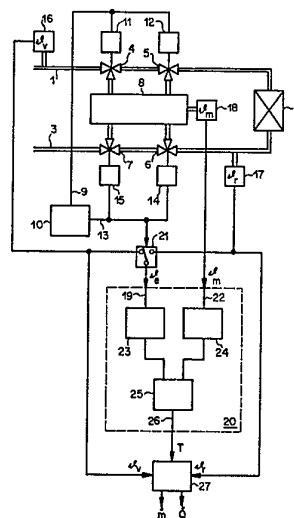
㉔ Patent erteilt: 31.08.1984

㉕ Patentschrift
veröffentlicht: 31.08.1984

㉗ Erfinder:
Peter Wehrli, Affoltern am Albis
Jean-Marc Zingg, Zug
Jürg Tödtli, Zürich

㉘ Durchflussmesser für eine als Heizmedium dienende Flüssigkeit.

㉙ Ein Steuerglied (10) steuert Ventile (4 bis 7) alternierend in eine erste und zweite Stellung. In der ersten Stellung fliesst Vorlauflüssigkeit und in der zweiten Stellung Rücklauflüssigkeit durch ein Mischgefäss (8). Ein Temperaturfühler (18) misst die Mischtemperatur (ϑ_m) im Mischgefäss (8), ein Messkreis (20) ermittelt die Zeitkonstante der Änderung der Mischtemperatur (ϑ_m) und ein Rechenglied (27) berechnet den Reziprokwert der Zeitkonstante. Der Reziprokwert entspricht dem Durchfluss. Der Durchflussmesser dient vorteilhaft zur Verwendung in einem Wärmeleistungsmesser oder Wärmemengenzähler. Als Ventile (4 bis 7) kann ein Umschaltventil oder Mischventil dienen, das in Heizungsanlagen zur Steuerung oder Regelung der Wärmeleistung ohnehin erforderlich ist.



PATENTANSPRÜCHE

1. Durchflussmesser für eine als Heizmedium dienende Flüssigkeit, die über eine Vorlaufleitung zu einem Wärmeverbraucher und von diesem in eine Rücklaufleitung zurückfließt, dadurch gekennzeichnet, dass ein Mischgefäß (8; 35), wenigstens ein Ventil (4 bis 7; 33) und ein mit einem Stellantrieb (11; 12; 14; 15; 37) des Ventils (4 bis 7; 33) verbundenes Steuerglied (10) vorgesehen sind, dass das Steuerglied (10) das Ventil (4 bis 7; 33) alternierend in eine erste und in eine zweite Stellung steuert, wobei in der ersten Stellung die Vorlaufflüssigkeit oder ein gegenüber der zweiten Stellung erhöhter Anteil an Vorlaufflüssigkeit und in der zweiten Stellung der Rücklaufflüssigkeit oder ein gegenüber der ersten Stellung erhöhter Anteil an Rücklaufflüssigkeit durch das Mischgefäß (8; 35) fließt, dass ein Temperaturfühler (18), mit dem die Mischtemperatur (ϑ_m) im Mischgefäß (8; 35) gemessen wird, mit einem Messkreis (20; 28) zur Ermittlung der Zeitkonstante (T) der Änderung der Mischtemperatur (ϑ_m) verbunden ist, und dass an den Messkreis (20; 28) ein Rechenglied (27) zur Berechnung des Reziprokwertes der Zeitkonstante (T) angeschlossen ist.

2. Durchflussmesser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Rechenglied (27) zur Berechnung des Quotienten aus der Differenz ($\vartheta_v - \vartheta_r$) von Vorlauftemperatur (ϑ_v) und Rücklauftemperatur (ϑ_r) und aus der Zeitkonstante (T) eingerichtet ist.

3. Durchflussmesser nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Rechenglied (27) zur Berechnung der Differenz ($\vartheta_v - \vartheta_r$) von Vorlauftemperatur (ϑ_v) und Rücklauftemperatur (ϑ_r) aus dem zeitlichen Verlauf der Mischtemperatur (ϑ_m) eingerichtet ist.

4. Durchflussmesser nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Ventil (33) zur Steuerung oder Regelung der dem Wärmeverbraucher (2) zugeführten Wärmeleistung ausgebildet ist.

5. Durchflussmesser nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Ventil (33) ein Umschaltventil ist und dass das Tastverhältnis ($T_1:T_2$) des Ausgangssignals des Steuergliedes (10) zur Steuerung oder Regelung der Wärmeleistung veränderbar ist.

6. Durchflussmesser nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Ventil (33) ein kontinuierlich verstellbares Mischventil ist, dass ein Gleichstromanteil des Ausgangssignals des Steuergliedes (10) zur Steuerung oder Regelung der Wärmeleistung veränderbar ist und dass dem Gleichstromanteil ein rechteckförmiger Anteil überlagert ist.

7. Durchflussmesser nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Mischgefäß (35) einen einzigen Eingang und einen einzigen Ausgang aufweist und zwischen den Ausgang des Ventils (33) und den Wärmeverbraucher (2) geschaltet ist.

8. Durchflussmesser nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Mischgefäß (35) ein Rohrstück ist.

9. Verwendung des Durchflussmessers nach einem der Ansprüche 1 bis 8 zur Wärmeleistungsmessung oder Wärmemengemessung.

Die Erfindung bezieht sich auf einen Durchflussmesser für eine als Heizmedium dienende Flüssigkeit, die über eine Vorlaufleitung zu einem Wärmeverbraucher und von diesem in eine Rücklaufleitung zurückfließt.

Es ist ein Wärmemengenzähler bekannt (DE-OS 25 28 385), bei dem ein Zweipunkregler je einen Bypass der Vorlaufleitung und der Rücklaufleitung abwechselnd öffnet und schließt, wobei die beiden Bypässe durch ein gemeinsames Mischgefäß führen. Dem Regler wird als Sollwert eine

Mitteltemperatur zwischen Vor- und Rücklauftemperatur eingegeben und mit der Mischtemperatur im Mischgefäß verglichen. Jeweils beim Erreichen einer vorgegebenen positiven bzw. negativen Temperaturabweichung vom Sollwert werden die Bypässe umgeschaltet. Die Anzahl der Umschaltungen während eines bestimmten Zeitintervalls dient als Mass für die abgegebene Wärmemenge. Dieses Messprinzip geht von der Annahme einer linearen Änderung der Mischtemperatur aus. Da die Änderung der Mischtemperatur in Wirklichkeit jedoch exponentiell verläuft, ist es einerseits erforderlich, die Schalttemperaturdifferenz des Reglers klein zu wählen, um im annähernd linearen Bereich der exponentiellen Mischtemperaturänderung zu arbeiten, und andererseits drängen sich Korrekturmassnahmen auf. Die geringe Schalttemperaturdifferenz des Reglers äussert sich in einer hohen Häufigkeit der Umschaltungen der Bypässe, weshalb die Wärmeleistung, die vom Vorlauf über das Mischgefäß unmittelbar in den Rücklauf fließt, verhältnismässig gross ist. Um diese über das Mischgefäß in den Rücklauf abgeführte und dem Wärmeverbraucher entzogene Wärmeleistung in annehmbaren Grenzen zu halten, muss mittels Blenden dafür gesorgt werden, dass der Flüssigkeitsstrom aufgeteilt wird und nur ein Teilstrom durch das Mischgefäß fließt. Dies bringt die Gefahr mit sich, dass sich die Aufteilung des Flüssigkeitsstromes infolge Verschmutzungen mit der Zeit ändert, wodurch zusätzliche Messfehler auftreten. Eine gesonderte Erfassung des Durchflusses ist bei diesem Wärmemengenzähler nicht möglich.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Durchflussmesser der eingangs genannten Art zu schaffen, der mittels eines Mischgefäßes den gesamten Flüssigkeitsstrom im Wärmeverbraucher erfasst, also keine Stromaufteilung erfordert, bei dem die vom Vorlauf über das Mischgefäß in den Rücklauf zurückgeführte Wärmeleistung trotzdem gering ist und der dem exponentiellen Verlauf der Änderung der Mischtemperatur im Mischgefäß in mathematisch exakter Weise Rechnung trägt.

Die Lösung dieser Aufgabe gelingt durch die im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmale.

Nachfolgend werden einige Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipdarstellung eines Durchfluss- und Wärmeleistungsmessers,

Fig. 2 ein Temperatur-Zeit-Diagramm,

Fig. 3 und 4 je ein Schaltbild eines Messkreises,

Fig. 5 eine Variante des Durchfluss- und Wärmeleistungsmessers nach der Fig. 1 und

Fig. 6 ein Diagramm.

In der Fig. 1 bedeutet 1 eine Vorlaufleitung für eine als Heizmedium dienende Flüssigkeit, die zu einem Wärmeverbraucher 2 und von diesem in eine Rücklaufleitung 3 zurückfließt. In der Vorlaufleitung 1 sind zwei Umschaltventile 4, 5 und in der Rücklaufleitung 3 zwei Umschaltventile 6, 7 angeordnet, die mit einem gemeinsamen Mischgefäß 8 in Verbindung stehen. Ein Ausgang 9 eines Steuergliedes 10 ist mit Stellantrieben 11, 12 der Umschaltventile 4, 5 und ein gegenüber dem Ausgang 9 invertierter Ausgang 13 mit Stellantrieben 14, 15 der Umschaltventile 6, 7 verbunden.

Ein Temperaturfühler 16 erfasst die Vorlauftemperatur ϑ_v in der Vorlaufleitung 1, ein Temperaturfühler 17 die Rücklauftemperatur ϑ_r in der Rücklaufleitung 3 und ein Temperaturfühler 18 die Mischtemperatur ϑ_m im Mischgefäß 8. Ein Eingang 19 eines Messkreises 20 ist über einen vom Steuerglied 10 gesteuerten Umschalter 21 alternierend mit dem Temperaturfühler 16 und dem Temperaturfühler 17 und ein Eingang 22 mit dem Temperaturfühler 18 verbunden. Am Eingang 19 des Messkreises 20 steht der jeweilige Messwert der Eingangstemperatur ϑ_e des Mischgefäßes 8 an. Der Mess-

kreis 20 besteht aus einem an den Eingang 19 angeschlossenen Filter 23, einem an den Eingang 22 angeschlossenen Filter 24 und einem Identifikationsglied 25, das mit den Filtern 23, 24 und einem Ausgang 26 des Messkreises 20 verbunden ist. Die Filter 23, 24 sind gleiche Tiefpassglieder erster Ordnung.

An den Messkreis 20, welcher die Zeitkonstante T der Änderung der Mischtemperatur ϑ_m ermittelt, ist ein Rechenglied 27 zur Berechnung des Reziprokwertes der Zeitkonstanten T angeschlossen. Dieser Reziprokwert stellt ein Mass für den Massendurchfluss \dot{m} dar. Das Rechenglied 27 ist ausserdem mit den Temperaturfühlern 16, 17 verbunden, womit die Möglichkeit geschaffen ist, im Rechenglied 27 den Quotienten $(\vartheta_v - \vartheta_r)/T$ zu berechnen, der ein Mass für die Wärmeleistung \dot{Q} darstellt.

Die beschriebene Anordnung arbeitet wie folgt:

Das Steuerglied 10 steuert die Umschaltventile 4 bis 7 alternierend in eine erste und in eine zweite Stellung. Die erste Stellung wird während des in der Fig. 2 mit T_1 bezeichneten Zeitintervalls $t = 0$ bis t_0 und die zweite Stellung während des mit T_2 bezeichneten Zeitintervalls t_0 bis t_p eingenommen. In der ersten Stellung ist das Mischgefäss 8 unmittelbar zwischen die Vorlaufleitung 1 und den Wärmeverbraucher 2 geschaltet, so dass die gesamte Vorlaufflüssigkeit durch das Mischgefäss 8 zum Wärmeverbraucher 2 fliesst. In der zweiten Stellung ist das Mischgefäss 8 unmittelbar zwischen den Wärmeverbraucher 2 und die Rücklaufleitung 3 geschaltet, so dass die gesamte Rücklaufflüssigkeit vom Wärmeverbraucher 2 über das Mischgefäss 8 zur Rücklaufleitung 3 fliesst. Wie aus der Fig. 2 ersichtlich ist, schwankt die Eingangstemperatur ϑ_e des Mischgefässes 8 gemäss einer Sprungfunktion zwischen den Werten ϑ_v und ϑ_r . Die Mischtemperatur ϑ_m nähert sich innerhalb des Zeitintervalls T_1 nach einer Exponentialfunktion dem Wert ϑ_v und innerhalb des Zeitintervalls T_2 dem Wert ϑ_r . Der Messkreis 20 ermittelt, wie bereits erwähnt, die Zeitkonstante T der Änderung der Mischtemperatur ϑ_m , und das Rechenglied 27 berechnet den Reziprokwert der Zeitkonstante T .

Fliesst die Vorlaufflüssigkeit durch das Mischgefäss 8, so gilt

$$MC \frac{d\vartheta_m}{dt} = \dot{m}c\vartheta_v - \dot{m}c\vartheta_m \quad (1)$$

wobei M und C Koeffizienten des Mischgefässes 8, \dot{m} den Massendurchfluss und c die spezifische Wärme der Flüssigkeit bedeuten.

Für den Fall, dass die Rücklaufflüssigkeit durch das Mischgefäss 8 fliesst, gilt

$$MC \frac{d\vartheta_m}{dt} = \dot{m}c\vartheta_r - \dot{m}c\vartheta_m \quad (2)$$

Die Gleichungen (1) und (2) entsprechen einem Tiefpassglied erster Ordnung mit dem Eingangssignal ϑ_v bzw. ϑ_r , dem Ausgangssignal ϑ_m und der Zeitkonstante T , für die gilt

$$T = \frac{MC}{\dot{m}c}$$

Daraus ergibt sich der Massendurchfluss

$$\dot{m} = \frac{MC}{c} \cdot \frac{1}{T} \quad (4)$$

Der Reziprokwert der Zeitkonstante T ist also ein Mass für den Massendurchfluss \dot{m} .

Die Wärmeleistung \dot{Q} beträgt

$$\dot{Q} = mc (\vartheta_v - \vartheta_r) = \frac{MC}{T} (\vartheta_v - \vartheta_r) \quad (5)$$

Der Quotient $(\vartheta_v - \vartheta_r)/T$ ist also ein Mass für die Wärmeleistung \dot{Q} . Durch Bildung des Zeitintegrals der Wärmeleistung

\dot{Q} kann die Wärmemenge gezählt werden. Die Wärmeleistung \dot{Q} kann auch ohne Messung der Vorlauftemperatur ϑ_v und der Rücklauftemperatur ϑ_r ermittelt werden, denn es gilt

$$\dot{Q} = \frac{MC}{T} \frac{1 - e^{-t_0/T} \cdot e^{-(t_p - t_0)/T}}{(1 - e^{-t_0/T}) (1 - e^{-(t_p - t_0)/T})} (\vartheta_m(t_0) - \vartheta_m(t_p)) \quad (6)$$

Aus (6) ergibt sich für $t_p = 2 t_0$

$$\dot{Q} = \frac{MC}{T} \frac{1 + e^{-t_0/T}}{1 - e^{-t_0/T}} (\vartheta_m(t_0) - \vartheta_m(2 t_0)) \quad (7)$$

Ist t_0 viel grösser als T , so gilt

$$\dot{Q} = \frac{MC}{T} (\vartheta_m(t_0) - \vartheta_m(2 t_0)) \quad (8)$$

Die Vorteile der beschriebenen Messanordnung lassen sich nun leicht erkennen. Da die Zeitkonstante T der Änderung der Mischtemperatur ϑ_m ermittelt wird, wird dem exponentiellen Verlauf dieser Änderung in mathematisch exakter Weise Rechnung getragen. Die Wärmeleistung \dot{Q} kann nach Gleichung (5) aus der Zeitkonstante T , der Vorlauftemperatur ϑ_v und der Rücklauftemperatur ϑ_r im Rechenglied 27 auf einfache Weise berechnet werden. Gemäss Gleichung (6), (7) oder (8) kann die Wärmeleistung \dot{Q} sogar aus der Zeitkonstante T und der Mischtemperatur ϑ_m ermittelt werden, ohne dass die Vorlauftemperatur ϑ_v und die Rücklauftemperatur ϑ_r gemessen werden, so dass man mit einem einzigen Temperaturfühler auskommt, der lediglich die Mischtemperatur ϑ_m erfasst. Dies setzt allerdings voraus, dass auch die Zeitkonstante T ausschliesslich aus der Mischtemperatur ϑ_m , d.h. ohne Messung der Eingangstemperatur ϑ_e , ermittelt wird, was jedoch, wie weiter unten noch gezeigt wird, leicht möglich ist.

Die Messanordnung transportiert einen Teil Q_t der Wärmeleistung \dot{Q} über das Mischgefäss 8 unmittelbar vom Vorlauf in den Rücklauf. Hierbei gilt

$$\frac{Q_t}{\dot{Q}} = f T = \frac{T}{T_1 + T_2} \quad (9)$$

wobei f die Umschaltfrequenz der Umschaltventile 4 bis 7 bedeutet. Durch die Wahl einer im Vergleich zur Zeitkonstante T tiefen Umschaltfrequenz f kann also dafür gesorgt werden, dass die über das Mischgefäss 8 abgeführte Wärmeleistung vernachlässigbar klein ist.

Anhand der Fig. 3 soll die Arbeitsweise des Messkreises 20 noch eingehender erläutert werden. Aus den Übertragungsfunktionen des Mischgefässes 8 und der Filter 23, 24 ergibt sich die Zeitkonstante T

$$T = \frac{W(t) - V(t)}{\dot{V}(t)} \quad (10)$$

wobei W und V die Ausgangssignale der Filter 23, 24 bedeuten.

Die Ableitung $\dot{V} = \frac{dV}{dt}$ ist eine filterinterne Grösse und

damit bekannt. Das Identifikationsglied 25 tastet die Ausgangssignale W und V periodisch ab. Für jeden Messzeitpunkt liegt eine Gleichung der Form (10) vor. Für mehrere Messzeitpunkte ergibt sich daher ein überbestimmtes Gleichungssystem, das im Identifikationsglied 25 mit einer Ausgleichsrechnung gelöst wird.

Der in der Fig. 4 dargestellte Messkreis 28 erlaubt die Bestimmung der Zeitkonstante T ohne Messung der Eingangstemperatur ϑ_e des Mischgefässes 8. Dieser Messkreis 28 besteht aus einem Speicher 29, einem Amplitudenmessglied 30

und einem Identifikationsglied 31. Der Eingang 32 des Speichers 29 ist an den in der Fig. 4 nicht gezeichneten Temperaturfühler 18 angeschlossen, der die Mischtemperatur ϑ_m des Mischgefäßes 8 misst. Die Messwerte der Mischtemperatur ϑ_m werden durch einen nicht gezeichneten Schalter des Messkreises 28 periodisch abgetastet und in den Speicher 29 eingespeichert. Das mit dem Speicher 29 verbundene Amplitudenmessglied 30 ermittelt aus den Messwerten für $\vartheta_m(t=0)$ und $\vartheta_m(t=\infty)$ die Amplitude $\Delta\vartheta_e$ des Eingangssignals ϑ_e des Mischgefäßes 8. Die Messwerte der Mischtemperatur ϑ_m und der Messwert der Amplitude $\Delta\vartheta_e$ gelangen zum Identifikationsglied 31. In diesem wird T derart bestimmt, dass die Funktion

$$Z = \sum_{i=0}^n [\vartheta_m(i\Delta T) - \vartheta_0 - \Delta\vartheta_e (1 - e^{-i\Delta T/T})]^2 \quad (11)$$

minimal wird. In der Gleichung (11) bedeutet ΔT das Intervall zwischen den einzelnen Abtastungen der Messwerte von ϑ_m , und ϑ_0 bedeutet die Mischtemperatur im Umschaltzeitpunkt der Umschaltventile 4 bis 7. Der Term $\vartheta_m(i\Delta T) - \vartheta_0$ stellt die auf den Umschaltzeitpunkt bezogene Änderung der Mischtemperatur und der Term $\Delta\vartheta_e(1 - e^{-i\Delta T/T})$ die Antwort des als Tiefpass wirkenden Mischgefäßes 8 auf einen Eingangssprung der Amplitude $\Delta\vartheta_e$ dar. Die Bestimmung von T derart, dass Z minimal wird, erfolgt im Identifikationsglied 31

$$\text{z.B. durch Lösen der Gleichung } \frac{\partial Z}{\partial T} = 0.$$

Die Ermittlung der Zeitkonstante T kann selbstverständlich auch nach anderen als den hier beschriebenen Methoden erfolgen, wozu auf die einschlägige Fachliteratur verwiesen wird.

In der Messanordnung nach der Fig. 1 sind zum umschaltbaren Anschließen des Mischgefäßes 8 an den Vorlauf und den Rücklauf gesonderte Ventile 4 bis 7 erforderlich. Anhand der Fig. 5 wird gezeigt, dass es möglich ist, ein Mischgefäß über ein Ventil anzuschließen, das in der Heizungsanlage ohnehin zur Steuerung oder Regelung der dem Wärmeverbraucher 2 zugeführten Wärmeleistung erforderlich ist.

In der Fig. 5 sind gleiche Teile wie in der Fig. 1 mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Ein erster Eingang eines Ventils 33, das ein Umschaltventil oder ein kontinuierlich verstellbares Mischventil sein kann, ist an die Vorlaufleitung 1 und ein zweiter Eingang über einen Bypass 34 an die Rücklaufleitung 3 angeschlossen. Ein Mischgefäß 35, das einen einzigen Eingang und einen einzigen Ausgang aufweist, ist zwischen den Ausgang des Ventils 33 und den Wärmeverbraucher 2 geschaltet. Eine Umwälzpumpe 36 liegt in Reihe mit dem Mischgefäß 35 und dem Verbraucher 2 zwischen dem Ausgang des Ventils 33 und der Rücklaufleitung 3 bzw. dem Bypass 34. Ein Stellantrieb 37 des Ventils 33 ist an den Ausgang 9 des Steuergliedes 10 angeschlossen. Der Temperaturfühler 18 erfasst die Mischtemperatur ϑ_m des Mischgefäßes 35 und ist, was in der Fig. 5 nicht dargestellt ist, mit dem Eingang 22 des Messkreises 20 (Fig. 1) bzw. mit dem Eingang 32 des Messkreises 28 (Fig. 4) verbunden.

In der einen Endstellung des Ventils 33 fließt das Heizmedium von der Vorlaufleitung 1 über das Ventil 33, und das

Mischgefäß 35 zum Verbraucher 2 und von diesem über die Umwälzpumpe 36 zur Rücklaufleitung 3, wobei der Bypass 34 geschlossen ist. In der anderen Endstellung ist der Bypass 34 geöffnet und die Vorlaufleitung 1 geschlossen, so dass die Rücklaufflüssigkeit vom Verbraucher 2 über den Bypass 34 und das Mischgefäß 35 zum Verbraucher 2 zurückfließt. Falls das Ventil 33 ein Mischventil ist, so wird der Vorlaufflüssigkeit ein von der Stellung des Ventils abhängiger Anteil der Rücklaufflüssigkeit beigemischt.

Ist das Ventil 33 ein Umschaltventil, so wird zur Steuerung oder Regelung der Wärmeleistung \dot{Q} das Tastverhältnis des in diesem Fall rechteckförmigen Ausgangssignals des Steuergliedes 10 und damit in der Fig. 2 das Verhältnis $T_1:T_2$ verändert. Die Wärmeleistung \dot{Q} wird im Rechenglied 27 (Fig. 1) nach Gleichung (6) berechnet. Ein besonderer Vorteil der Erfindung ist also darin zu sehen, dass das Verhältnis $T_1:T_2$ verändert werden darf, so dass die Wärmeleistung \dot{Q} mit dem gleichen Ventil gesteuert oder geregelt werden kann, das zur Durchflussmessung dient.

Ist das Ventil 33 ein Mischventil, so setzt sich das Ausgangssignal des Steuergliedes 10 aus einem Gleichstromanteil und einem rechteckförmigen Anteil zusammen. Zur Steuerung oder Regelung der Wärmeleistung \dot{Q} wird der Gleichstromanteil verändert, während der diesem überlagerte rechteckförmige Anteil zur Durchflussmessung dient. Der in der Fig. 6 mit α_0 bezeichnete Hubmittelwert des Ventilhubes α entspricht dem Gleichstromanteil. Der rechteckförmige Anteil steuert das Ventil 33 alternierend in eine erste Stellung mit dem Hub $\alpha = \alpha_0 + \Delta\alpha$ und in eine zweite Stellung mit dem Hub $\alpha = \alpha_0 - \Delta\alpha$. In der ersten Stellung fließt ein gegenüber der zweiten Stellung erhöhter Anteil an Vorlaufflüssigkeit und in der zweiten Stellung ein gegenüber der ersten Stellung erhöhter Anteil an Rücklaufflüssigkeit durch das Mischgefäß 35, so dass sich wiederum die Zeitkonstante T ermitteln lässt. Für die Eingangstemperatur ϑ_e des Mischgefäßes 35 gilt

$$\vartheta_e = \alpha\vartheta_v + (1-\alpha)\vartheta_r \quad (12)$$

Die Wärmeleistung \dot{Q} kann im Rechenglied 27 gemäß der Beziehung

$$\dot{Q} = \frac{MC}{T} (\vartheta_v - \vartheta_r) \alpha_0 \quad (13)$$

oder gemäß der Beziehung

$$\dot{Q} = \frac{MC}{T} \cdot \frac{\alpha_0}{2\Delta\alpha} \cdot \frac{1 + e^{-t_0/T}}{1 - e^{-t_0/T}} (\vartheta_m(t_0) - \vartheta_m(2t_0)) \quad (14)$$

ermittelt werden, die im Falle einer linearen Charakteristik des Ventils 33 und $t_p = 2 t_0$ gilt. Ist die Charakteristik des Ventils 33 nicht linear, so kann es erforderlich sein, deren Einfluss auf das Resultat der Wärmeleistungsmessung zu kompensieren.

Vorteilhaft kann als Mischgefäß 35 ein Rohrstück dienen. Als Mischgefäß 8 (Fig. 1) eignet sich auch ein Wärmetauscher.

Der Messkreis 20 bzw. 28 und das Rechenglied 27 werden vorteilhaft mittels eines Mikrocomputers realisiert.

Fig. 1

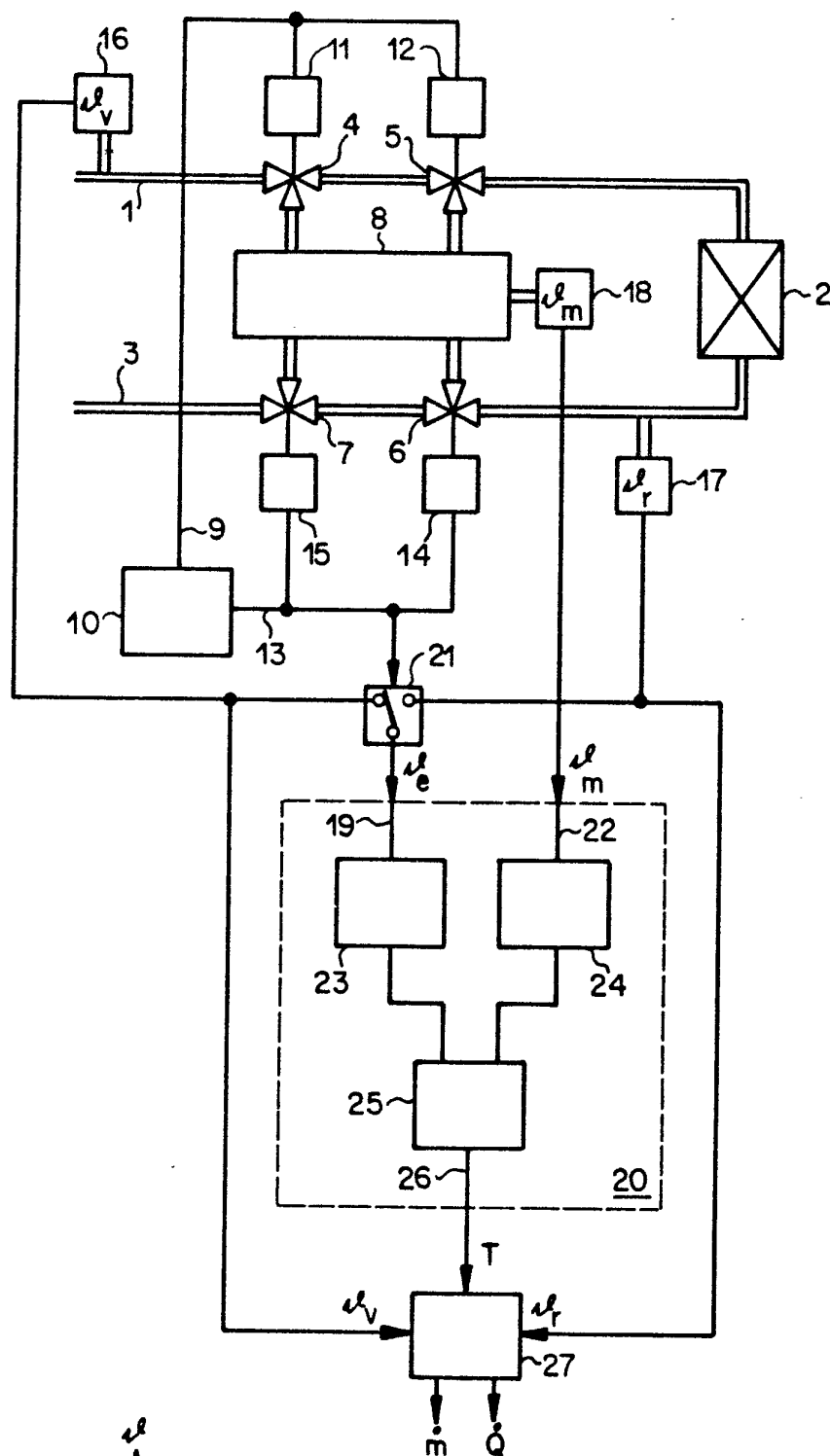
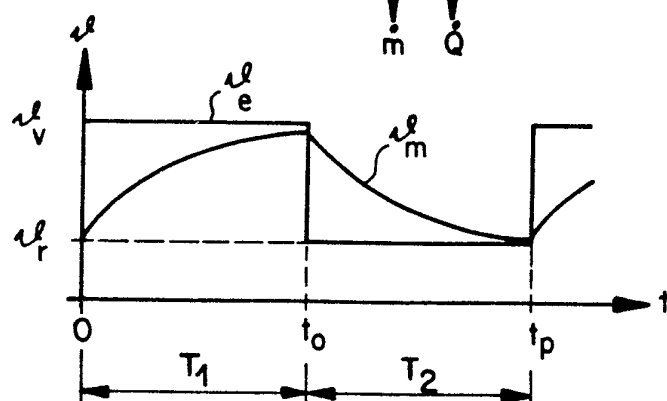


Fig. 2



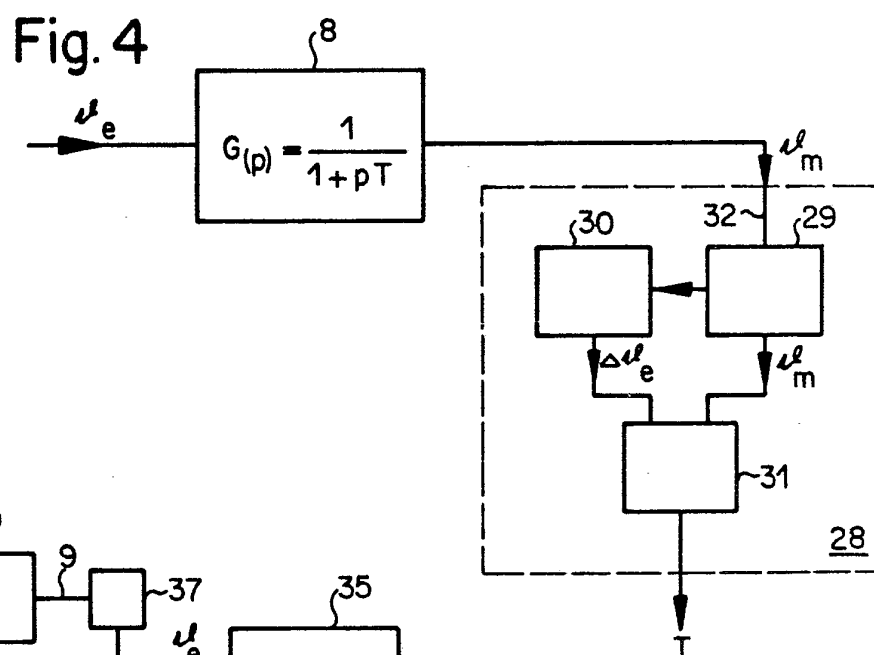
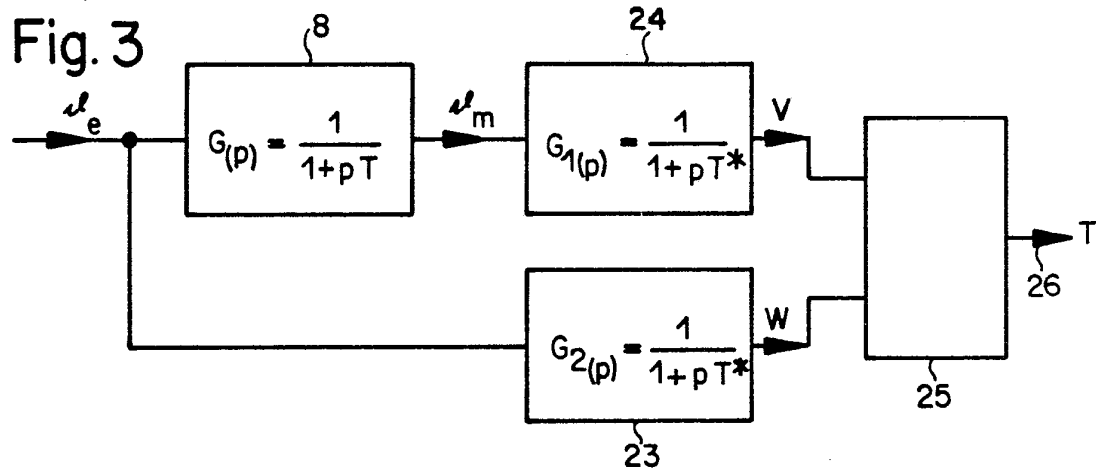


Fig. 5

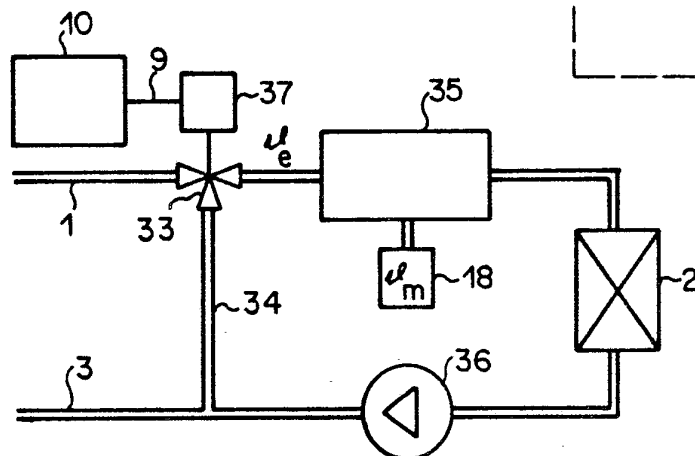


Fig. 6

