

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 1227/2007 (51) Int. Cl.⁸: **G01F 25/00** (2006.01)
G01F 1/688 (2006.01)
(22) Anmeldetag: 2007-08-06 **G01F 1/696** (2006.01)
F23N 5/24 (2006.01)
(43) Veröffentlicht am: 2008-12-15

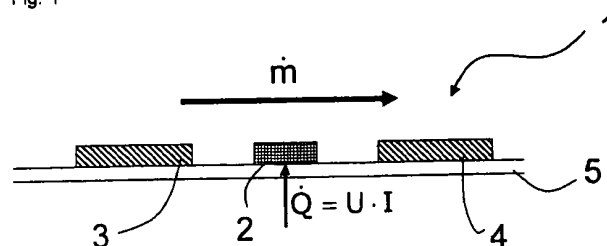
(56) Entgegenhaltungen:
EP 1321748A2 EP 1698864A1
US 2007/0125169A1 DE 19801484A1
EP 1628117A1

(73) Patentinhaber:
VAILLANT AUSTRIA GMBH
A-1230 WIEN (AT)

(54) **VERFAHREN ZUR FEHLERERKENNUNG EINES STRÖMUNGSSENSORS**

(57) Verfahren zur Fehlererkennung eines Strömungssensors 1, der über zwei Temperatursensoren 3, 4 mit dazwischen liegendem Heizelement 2 verfügt, bei dem unter Referenzbedingungen der Quotient $V_{ref}(\dot{m})$ der mittels der beiden Temperatursensoren 3, 4 gemessenen Temperaturen $T_1(\dot{m})$, $T_2(\dot{m})$ in Abhängigkeit einer der beiden Temperaturen oder des Massenstroms $\dot{m}$ ermittelt und in einem Speicher abgelegt wird, im normalen Betrieb ebenfalls der Quotient $V(\dot{m})$ der mittels der beiden Temperatursensoren 3, 4 gemessenen Temperaturen $T_1(\dot{m})$, $T_2(\dot{m})$ sowie daraus der Massenstrom $\dot{m}$ ermittelt werden und in dem Fall, in dem der aktuell gemessene Quotient $V(\dot{m})$ vom gespeicherten Quotienten $V_{ref}(\dot{m})$ bei gleichem Massenstrom $\dot{m}$ aus der entsprechenden Referenzmessung mehr als eine vorgegebene Toleranz abweicht, ein Fehlersignal ausgegeben wird.

Fig. 1



Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Fehlererkennung eines Strömungssensors, beispielsweise durch Verschmutzung.

Bei einer üblichen Bauform von Massenstromsensoren befindet sich zwischen zwei Temperatursensoren ein elektrisches Heizelement. Ohne Fluidmassenstrom erwärmt das Heizelement die beiden Temperatursensoren, so dass diese wärmer als das ruhende Fluid sind. Die elektrische Heizleistung wird bei Fluidmassenstrom auf das strömende Medium übertragen, so dass sich bei dem in Strömungsrichtung liegenden zweiten Temperatursensor eine höhere Temperatur einstellt. Es gilt:

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T = U \cdot I$$

mit

$\dot{Q}$ Wärmeeintrag über ein Heizelement

$\dot{m}$ Massenstrom des zu messenden Fluids

c_p spezifische Wärmekapazität des Fluids

ΔT Temperaturdifferenz zwischen den Temperatur-Messstellen

U Spannung des Heizelements

I Strom des Heizelements

Hieraus lässt sich der Massenstrom berechnen.

Durch chemische Reaktionen und Verschmutzungen kann es zu Veränderungen des Sensorelementes kommen, welche eine Veränderung des Sensorsignals zur Folge haben. So kann sowohl die Wärmeleitung vom Heizer auf die beiden Temperatursensoren verbessert oder verschlechtert werden.

Das Sensorsignal muss in regelmäßigen Abständen auf Plausibilität geprüft werden, um eine eventuelle Sensordrift zu erkennen. Da im laufenden Betrieb in der Regel definierte Massenströme des Mediums nicht oder nur unter großem Aufwand vorgeben lassen, ist ein Sensor-Check auf Plausibilität des Signals nicht ohne weiteres möglich.

Aus der EP 1207347 ist ein Strömungssensor bekannt, bei dem zur Plausibilitätsprüfung das Heizelement stromlos geschaltet wird und der Sensor keiner Strömung ausgesetzt wird. Die beiden Temperaturelemente können in diesem Zustand geprüft werden.

Hierdurch ist es nicht möglich, eine Drift der Temperatursensoren und/oder des Heizers über einen weiten Arbeitsbereich festzustellen. Eine Möglichkeit zur Detektierung einer Verschmutzung, die auf alle drei Bauteile des Chips wirkt, ist in DE 10129300 A1 beschrieben.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, Fehler von Massenstromsensoren mit einem Heizer und zwei Temperatursensoren im normalen Sensorbetrieb zu erkennen.

Diese Aufgabe wird gemäß den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs dadurch gelöst, dass unter Referenzbedingungen der Sensor unterschiedlichen Massenströmen ausgesetzt wird und hierbei die Temperaturen der beiden Temperatursensoren erfasst werden. Aus diesen Temperaturen wird rechnerisch der Massenstrom sowie der Quotient der beiden Temperaturen bestimmt. Diese Werte werden als Referenzwerte gespeichert. Im normalen Sensoreinsatz wird aus dem Messwert der beiden Temperaturen ein Massenstrom und der Quotient der beiden Temperaturen errechnet. Anschließend werden diese Werte mit den Referenzwerten verglichen. Weicht der aktuelle Quotient für einen bestimmten, errechneten Massenstrom vom Referenzquotienten aus dem Speicher für denselben Massenstrom wesentlich ab, so liegt ein Fehler vor; ein Fehlersignal wird ausgegeben.

Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich gemäß den Merkmalen der abhängigen Ansprüche. Die Erfindung wird nun anhand der Figuren detailliert erläutert. Hierbei zeigen

Figur 1 einen Strömungssensor, an dem das erfindungsgemäße Verfahren angewendet wird,
 5 Figur 2 die Temperatur des Fluids, die Temperaturen der beiden Temperatursensoren sowie deren Quotienten über den errechneten Massenstrom,
 Figur 3 die Temperaturen der beiden Temperatursensoren sowie deren Differenz über den errechneten Massenstrom, wobei der Referenz- und Fehlerfall dargestellt sind, und
 10 Figur 4 der errechnete Quotient der beiden Temperaturen über den errechneten Massenstrom, wobei der Referenz- und Fehlerfall dargestellt sind.

Ein Strömungssensor 1 gemäß Figur 1 verfügt über einen elektrischen Heizer 2 zwischen zwei Temperatursensoren 3, 4, die allesamt auf einer Membran 5 in Strömungsrichtung hintereinander angeordnet sind. Der elektrische Heizer 1 bringt eine Wärmemenge $\dot{Q} = U \cdot I$ ein. Ohne
 15 Massenstrom erhitzt der elektrische Heizer 1 via Wärmeleitung die zwei Temperatursensoren 3, 4, wodurch diese sich auf eine Temperatur höher der Umgebungstemperatur erhitzen (vgl. Figur 2). Bei symmetrischem Aufbau ist davon auszugehen, dass die beiden Temperaturen gleich hoch sind.

20 Wird der Strömungssensor 1 von links nach rechts von einem Massenstrom $\dot{m}$ überströmt, so gibt der in Strömungsrichtung zunächst angeströmte, erste Temperatursensor 3 Wärme an den Massenstrom $\dot{m}$ ab, wodurch die Temperatur T_1 des ersten Temperatursensors 3 fällt. Der Massenstrom $\dot{m}$ nimmt am Heizer die Wärme $\dot{Q}$ auf und erhitzt sich somit. Anschließend strömt der Massenstrom $\dot{m}$ am zweiten Temperatursensor 4, welcher die Temperatur T_2 erfasst, vorbei. Wegen des Wärmeeintrags $\dot{Q}$ ist die mittels des zweiten Temperatursensors 4 erfasste
 25 Temperatur T_2 höher als die mittels des ersten Temperatursensors 3 erfasste Temperatur T_1 .

Wird der Massenstrom erhöht, so fällt die mittels des ersten Temperatursensors 3 erfasste Temperatur T_1 kontinuierlich und nähert sich bei großen Massenströmen der Temperatur des strömendes Fluids T_{fluid} an. Ausgehend von keinem Massenstrom steigt die mittels des zweiten
 30 Temperatursensors 4 erfasste Temperatur T_2 zunächst aufgrund des oben genannten Grundes an. Da der Massenstrom $\dot{m}$ jedoch gleichzeitig den zweiten Temperatursensor 4 kühlt, fällt die Temperatur T_2 ab einem bestimmten Massenstrom. Jedoch ist für alle Massenströme (größer Null) die mittels des zweiten Temperatursensors 4 erfasste Temperatur T_2 höher als die mittels
 35 des ersten Temperatursensors 3 erfasste Temperatur T_1 . Die beiden Temperaturen T_1 , T_2 sind stets größer als die Temperatur T_{fluid} des Fluids. Aus den beiden Temperaturen T_1 , T_2 werden gemäß der Formel

$$40 \quad \dot{m} = \frac{U \cdot I}{c_p \cdot \Delta T} = \frac{U \cdot I}{c_p \cdot (T_2 - T_1)}$$

der Massenstrom $\dot{m}$ und der Quotient $V(\dot{m}) = \frac{T_2(\dot{m})}{T_1(\dot{m})}$ ermittelt.

45 Unter Referenzbedingungen wird ausgehend von keiner Strömung der Massenstrom $\dot{m}$ erhöht, dabei der Massenstrom $\dot{m}$ und der Quotient $V_{\text{ref}}(\dot{m})$ errechnet und in einem Speicher abgelegt.

Im normalen Arbeitsbetrieb werden ebenfalls der Quotient $V(\dot{m})$ der mittels der beiden Temperatursensoren 3, 4 gemessenen Temperaturen $T_1(\dot{m})$, $T_2(\dot{m})$ sowie der Massenstrom $\dot{m}$ ermittelt.
 50 In dem Fall, in dem der aktuell gemessene Quotient $V(\dot{m})$ vom gespeicherten Quotienten $V_{\text{ref}}(\dot{m})$ bei gleichem Massenstrom aus der entsprechenden Referenzmessung mehr als eine vorgegebene Toleranz abweicht, wird ein Fehlersignal ausgegeben.

55 Die vorgegebene Toleranz kann hierbei absolut oder relativ zu mindestens einem Messwert

sein.

In einer Ausgestaltung der Erfindung wird bei der Ermittlung der Referenzwerte auch die Temperatur $T_1(\dot{m})$ des in Strömungsrichtung ersten Temperatursensors 3 im Speicher abgelegt, da dessen Temperatur - im Gegensatz zum zweiten Temperatursensor 4 - mit Zunahme des Massenstroms stetig abnimmt. Im erkannten Fehlerfall wird aus dem Signal des in Strömungsrichtung ersten Temperatursensors 3 der Massenstrom $\dot{m}$ bestimmt. Hierdurch wird ein „Notbetrieb“ ermöglicht. Ist jedoch dieser erste Temperatursensor 3 defekt, so verstärkt sich der Fehler. Ist der Heizer defekt, so kann ebenfalls kein korrektes Ergebnis für den Massenstrom ermittelt werden. Lediglich in dem Fall, in dem der zweite Temperatursensor 4 defekt ist, kann ein korrekter Massenstrom aus dem Speicher ausgelesen werden.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Fehlererkennung eines Strömungssensors (1), der über zwei Temperatursensoren (3, 4) mit dazwischen liegendem Heizelement (2) verfügt, *dadurch gekennzeichnet*, dass unter Referenzbedingungen der Quotient $V_{\text{ref}}(\dot{m})$ der mittels der beiden Temperatursensoren (3, 4) gemessenen Temperaturen $T_1(\dot{m})$, $T_2(\dot{m})$ in Abhängigkeit einer der beiden Temperaturen oder des Massenstroms $\dot{m}$ ermittelt und in einem Speicher abgelegt wird, im normalen Betrieb ebenfalls der Quotient $V(\dot{m})$ der mittels der beiden Temperatursensoren (3, 4) gemessenen Temperaturen $T_1(\dot{m})$, $T_2(\dot{m})$ sowie daraus der Massenstrom $\dot{m}$ ermittelt werden und in dem Fall, in dem der aktuell gemessene Quotient $V(\dot{m})$ vom gespeicherten Quotienten $V_{\text{ref}}(\dot{m})$ bei gleichem Massenstrom $\dot{m}$ aus der entsprechenden Referenzmessung mehr als eine vorgegebene Toleranz abweicht, ein Fehlersignal ausgegeben wird.
2. Verfahren zur Fehlererkennung eines Strömungssensors nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Toleranz einen vorbestimmten Wert hat oder relativ zu mindestens einem Messwert ist.
3. Verfahren zur Fehlererkennung eines Strömungssensors nach einem der Ansprüche 1 oder 2, *dadurch gekennzeichnet*, dass bei der Ermittlung der Referenzwerte auch die Temperatur $T_1(\dot{m})$ des Strömungsrichtung ersten Temperatursensors (3) im Speicher abgelegt wird und im erkannten Fehlerfall aus dem Signal des in Strömungsrichtung ersten Temperatursensors (3) und den im Speicher abgelegten Referenzwerten der Massenstrom $\dot{m}$ bestimmt wird.

Hiezu 2 Blatt Zeichnungen



Fig. 1

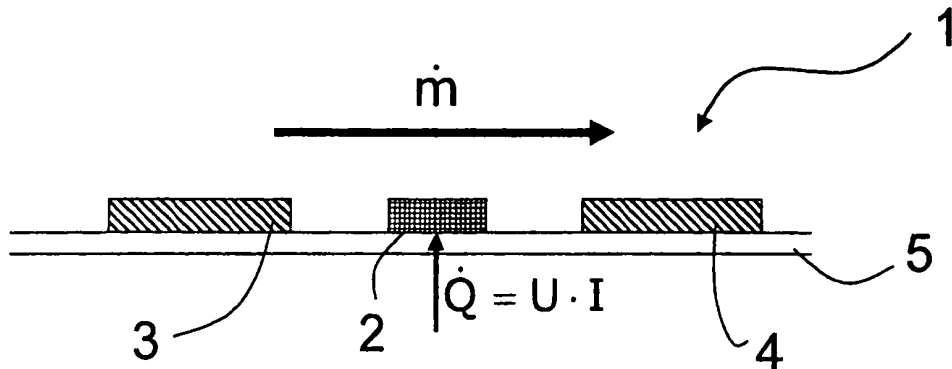
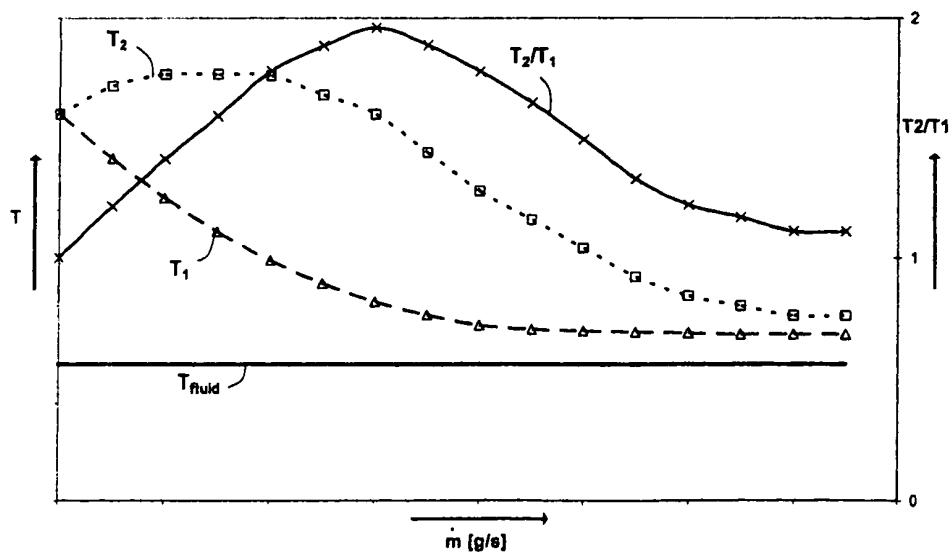


Fig. 2





Int. Cl.⁸: **G01F 25/00** (2006.01)
G01F 1/688 (2006.01)
G01F 1/696 (2006.01)
F23N 5/24 (2006.01)

Fig. 3

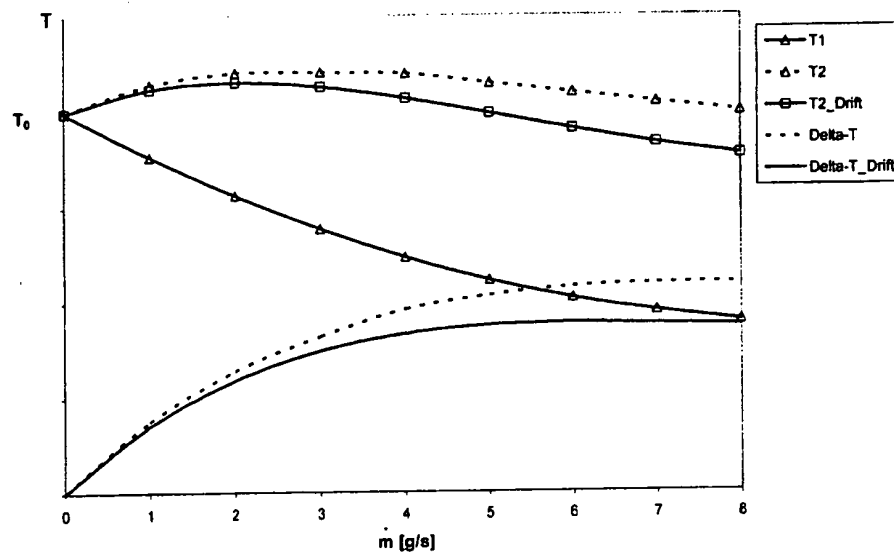


Fig. 4

