

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50294/2012
(22) Anmeldetag: 24.07.2012
(43) Veröffentlicht am: 15.02.2014

(51) Int. Cl.: **G01M 3/32** (2006.01)
F02G 5/00 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 6526358 B1
US 3416500 A
DE 4420476 A1
DE 102010054736 A1

(71) Patentanmelder:
AVL LIST GMBH
8020 GRAZ (AT)

(72) Erfinder:
Neunteufl Klemens Dipl.Ing.
8052 Graz-Wetzelsdorf (AT)

Krapf Stefan Dipl.Ing.
8010 Graz (AT)

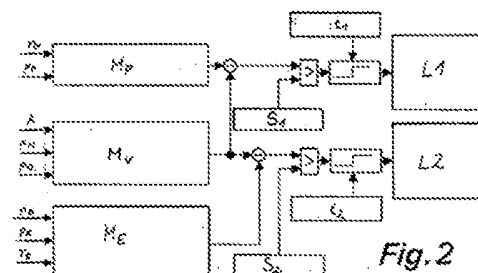
Stevenson Philip Dr.
8063 Höf Präbach (AT)

Theissl Helmut Dipl.Ing.
8063 Hart-Purgstall (AT)

(74) Vertreter:
BABELUK MICHAEL DIPL.ING. MAG.
WIEN

(54) **Verfahren zur Erkennung einer undichten Stelle in einem Wärmerückgewinnungssystem**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung einer undichten Stelle in einem Wärmerückgewinnungssystem (WHR), insbesondere einer Brennkraftmaschine, wobei das Wärmerückgewinnungssystem (WHR) zumindest einen Arbeitsmediumkreis mit zumindest einer Pumpe (P) und zumindest einer Expansionsmaschine (E) aufweist. Um Undichtheiten im Wärmerückgewinnungssystem frühzeitig und zuverlässig erkennen zu können, wird ein Massenstrom (m_P) durch die Pumpe (P) und ein Massenstrom (m_E) durch die Expansionsmaschine (E) ermittelt. Die ermittelten Massenströme (m_P , m_E) durch die Pumpe (P) und durch die Expansionsmaschine (E) werden miteinander verglichen. Eine Undichtheit zwischen Pumpe (P) und Expansionsmaschine (E) wird festgestellt, wenn der Massenstrom (m_P) durch die Pumpe (P) vom Massenstrom (m_E) durch die Expansionsmaschine (E) - vorzugsweise für eine definierte Verzugsdauer (t) - abweicht und die Abweichung größer als ein definierter Schwellwert (S) ist.



ZUSAMMENFASSUNG

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung einer undichten Stelle in einem Wärmerückgewinnungssystem (WHR), insbesondere einer Brennkraftmaschine, wobei das Wärmerückgewinnungssystem (WHR) zumindest einen Arbeitsmediumkreis mit zumindest einer Pumpe (P) und zumindest einer Expansionsmaschine (E) aufweist. Um Undichtheiten im Wärmerückgewinnungssystem frühzeitig und zuverlässig erkennen zu können, wird ein Massenstrom (m_P) durch die Pumpe (P) und ein Massenstrom (m_E) durch die Expansionsmaschine (E) ermittelt. Die ermittelten Massenströme (m_P , m_E) durch die Pumpe (P) und durch die Expansionsmaschine (E) werden miteinander verglichen. Eine Undichtheit zwischen Pumpe (P) und Expansionsmaschine (E) wird festgestellt, wenn der Massenstrom (m_P) durch die Pumpe (P) vom Massenstrom (m_E) durch die Expansionsmaschine (E) – vorzugsweise für eine definierte Verzugsdauer (t) - abweicht und die Abweichung größer als ein definierter Schwellwert (S) ist.

Fig. 2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung einer undichten Stelle in einem Wärmerückgewinnungssystem, insbesondere einer Brennkraftmaschine, wobei das Wärmerückgewinnungssystem zumindest einen Arbeitsmediumkreis mit zumindest einer Pumpe und zumindest einer Expansionsmaschine aufweist.

Beim Betrieb eines Systems zur Wärmerückgewinnung in Verbindung mit einer Brennkraftmaschine ist das Erkennen von Undichtheiten im System von hoher Priorität. Leckagen in einem Wärmerückgewinnungssystem können unter anderem zu folgenden kritischen Szenarien führen:

- Austritt des Arbeitsmediums in die Umgebung - führt zu Brandgefahr bei Verwendung eines brennbaren Arbeitsmediums wie beispielsweise Ethanol.
- Eintritt des Arbeitsmediums in die Brennkraftmaschine – verursacht Schaden, wenn zum Beispiel das Arbeitsmedium über EGR-Verdampfer (EGR=Exhaust Gas Recirculation) in den Brennraum gelangt.
- Überhitzung von Systemkomponenten durch zu geringen Füllstand des Arbeitsmediums – kann zum Beispiel zu Überhitzung des Abgasverdampfers bei zu geringem Arbeitsmedienmassenstrom führen.

Zur Feststellung einer Leckage in einem Wärmerückgewinnungssystem sind beispielsweise folgende Verfahren bekannt:

- Überwachung des Füllstandes des Arbeitsmediums im Ausgleichsbehälter mittels eines Füllstandssensors. Bei zu geringem Füllstand wird auf eine Undichtheit geschlossen.
- Dichtheitsprüfung durch unter Druck setzen des deaktivierten, kalten Systems. Ein zu rascher Druckabfall deutet auf eine Undichtheit hin.
- Messen der elektrischen Leitfähigkeit der Isolierung des Wärmerückgewinnungssystems. Eine Änderung der Leitfähigkeit ist ein Anzeichen für eine Undichtheit.

Bekannte Verfahren haben den Nachteil, dass sie entweder nur im deaktivierten Zustand durchgeführt werden können und/oder dass zusätzliche Einrichtungen wie Sensoren oder dergleichen erforderlich sind.

Aufgabe der Erfindung ist es, auf möglichst einfache Weise Undichtheiten im Wärmerückgewinnungssystem frühzeitig und zuverlässig erkennen zu können.

Erfindungsgemäß erfolgt dies dadurch,

- dass ein Massenstrom durch die Pumpe ermittelt wird,
- dass ein Massenstrom durch die Expansionsmaschine ermittelt wird, und
- dass die ermittelten Massenströme durch die Pumpe und durch die Expansionsmaschine miteinander verglichen werden, und dass eine Undichtheit zwischen Pumpe und Expansionsmaschine festgestellt wird, wenn der Massenstrom durch die Pumpe vom Massenstrom durch die Expansionsmaschine – vorzugsweise für eine definierte Verzugsdauer - abweicht und die Abweichung größer als ein definierter Schwellwert ist.

Insbesondere wenn als Pumpe eine Dosierpumpe zum Einstellen eines definierten Arbeitsmedienmassenstrom eingesetzt wird, können auf diese Weise mit geringem Aufwand Undichtheiten zwischen der Pumpe und der Expansionsmaschine detektiert werden.

Ist die Pumpe eine Speisepumpe, so wird zur Dosierung des Arbeitsmediums ein Regelventil zwischen Pumpe und Expansionsmaschine benötigt. In diesem Falle ist es vorteilhaft, wenn ein Massenstrom durch das Regelventil ermittelt wird. Dabei werden die ermittelten Massenströme durch die Pumpe und das Regelventil miteinander verglichen. Wenn die Massenströme voneinander – vorzugsweise für eine definierte erste Verzugsdauer - abweichen und die Abweichung größer als ein definierter erster Schwellwert ist, kann eine Undichtheit zwischen Pumpe und Regelventil festgestellt werden. Genauso können die ermittelten Massenströme durch das Regelventil und die Expansionsmaschine miteinander verglichen werden, und eine Undichtheit zwischen Regelventil und Expansionsmaschine festgestellt werden, wenn die beiden Massenströme voneinander – vorzugsweise für eine

definierte zweite Verzugsdauer - abweichen und die Abweichung größer als ein definierter zweiter Schwellwert ist.

Die Massenströme lassen sich besonders einfach durch Modellierung ermitteln.

So kann der Massenstrom durch die Pumpe aus der Drehzahl der Pumpe und dem Druck nach der Pumpe mittels eines ersten mathematischen Modells ermittelt werden. Weiters kann der Massenstrom durch das Regelventil aus der aktuellen Ventilöffnung und dem Druck vor und nach dem Regelventil mittels eines zweiten mathematischen Modells ermittelt werden. Der Massenstrom durch die Expansionsmaschine kann aus zumindest dem Druck und der Temperatur vor der Expansionsmaschine sowie der Drehzahl der Expansionsmaschine mittels eines dritten mathematischen Modells ermittelt werden.

Das Wärmerückgewinnungssystem kann als geschlossener oder offener Kreislauf betrieben werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren hat im Vergleich zum Stand der Technik den Vorteil, dass keine weiteren Sensoren notwendig sind, da alle beim Verfahren verwendeten Messaufnehmer, wie Drucksensoren, Temperatursensoren, Drehzahlsensoren bereits standardmäßige Bauteile bei Wärmerückgewinnungssystemen sind.

Die Erfindung wird im Folgenden an Hand der Fig. näher erläutert.

Es zeigen schematisch Fig. 1 einen Ausschnitt eines Wärmerückgewinnungssystems in einer Ausführungsvariante, Fig. 2 das erfindungsgemäße Verfahren, Fig. 3 ein erstes mathematisches Modell, Fig. 4 ein Pumpenkennfeld, Fig. 5 ein zweites mathematisches Modell, Fig. 6 eine Ventilkennlinie, Fig. 7 ein drittes mathematisches Modell, Fig. 8 ein Expanderkennfeld und Fig. 9 ein Expander-Korrekturkennfeld.

Das in Fig. 1 ausschnittsweise dargestellte Wärmerückgewinnungssystem WHR für eine Brennkraftmaschine weist eine beispielsweise als Speisepumpe für ein Arbeitsmedium ausgebildete Pumpe P eine Expansionsmaschine E und zumindest ein zwischen der Pumpe P und der Expansionsmaschine E angeordnetes Regelventil V auf.

Gemäß dem hier vorgeschlagenen Verfahren zur Erkennung von undichten Stellen im Wärmerückgewinnungssystem WHR wird ein Massenstrom m_P durch die Pumpe P, ein Massenstrom m_V durch das Regelventil V und ein Massenstrom m_E durch die Expansionsmaschine E ermittelt. Die Ermittlung der Massenströme m_P , m_V und m_E erfolgt über erste, zweite und dritte mathematische Modelle M_P , M_V und M_E .

Gemäß dem ersten mathematischen Modell M_P wird der Massenstrom $m_P = m_P(n_P, p_P)$ durch die Pumpe P aus der Drehzahl n_P der Pumpe P und dem Druck p_P nach der Pumpe P ermittelt, wie in Fig. 3 schematisch angedeutet ist. Dabei wird auf Grund des Druckes p_P nach der Pumpe P und der Drehzahl n_P der Pumpe P auf der Basis des in Fig. 4 gezeigten Pumpenkennfeldes PK ein Pumpenkoeffizient k_P bestimmt und unter Berücksichtigung der Dichte ρ des Arbeitsmediums der Massenstrom m_P durch die Pumpe P ermittelt.

Der Massenstrom $m_V = m_V(A, p_{V1}, p_{V2})$ durch das Regelventil V wird mittels des in Fig. 5 gezeigten zweiten mathematischen Modell M_V aus der aktuellen Ventilöffnung A und den Drücken p_{V1} , p_{V2} vor und nach dem Regelventil V ermittelt. Dabei wird aus der in Fig. 6 dargestellten Ventilkennlinie VK ein Durchflusskoeffizient k_A bestimmt und unter Berücksichtigung der Dichte ρ des Arbeitsmediums der Massenstrom m_V durch das Regelventil V ermittelt

Der Massenstrom $m_E = m_E(n_E, p_E, T_E)$ durch die Expansionsmaschine E wird mit dem dritten mathematischen Modell M_E aus der Drehzahl n_E der Expansionsmaschine E, dem Druck p_E vor der Expansionsmaschine E mittels eines in Fig. 8 dargestellten Expanderkennfeldes KE, eines in Fig. 9 dargestellten Expander-Korrekturkennfeldes KEK und der Temperatur T_E vor der Expansionsmaschine E ermittelt, wie Fig. 7 demonstriert. Ein aus dem Expanderkennfeld KE bestimmter Basismassenstrom m_{Eb} wird dabei durch den durch das Korrekturkennfeld KEK erhaltenen Korrekturfaktor ek und die Temperatur T_E vor der Expansionsmaschine E korrigiert und daraus der Massenstrom m_E durch die Expansionsmaschine E ermittelt.

Die erläuterten mathematischen Modelle sind nur exemplarisch. Selbstverständlich sind auch andere Modelle verwendbar.

Danach werden die ermittelten Massenströme m_P , m_V und m_E miteinander verglichen.

Wenn die Differenz Δm_1 des Massenstromes m_p aus der Pumpe P und des Massenstromes m_v durch das Regelventil V einen ersten Schwellwert S_1 für länger als eine erste Verzugszeit t_1 überschreitet, so wird eine Leckage L1 zwischen Pumpe P und Regelventil V erkannt. Wenn die Differenz Δm_2 des Massenstromes m_v durch das Regelventil V und des Massenstromes m_E in die Expansionsmaschine E einen zweiten Schwellwert S_2 für länger als eine Verzugszeit t_2 überschreitet, so wird eine Leckage L2 zwischen Regelventil V und Expander E erkannt.

Ist die Pumpe P als Dosierpumpe ausgebildet, so kann sie zum Einstellen eines definierten Arbeitsmedienmassenstromes verwendet werden, wodurch das Regelventil V entfallen kann. In diesem Falle braucht nur der Massenstrom m_p durch die Pumpe P und der Massenstrom m_E durch die Expansionsmaschine E ermittelt und miteinander verglichen werden. Eine Undichtheit zwischen der als Dosierpumpe ausgebildeten Pumpe P und der Expansionsmaschine E kann festgestellt werden, wenn der Massenstrom m_p durch die Pumpe P vom Massenstrom m_E durch die Expansionsmaschine E für eine definierte Verzugsdauer t abweicht und die Abweichung größer als ein definierter Schwellwert S ist.

Das beschriebene Verfahren hat den Vorteil, dass eine kontinuierliche Überprüfung des Wärmerückgewinnungssystems WHR auf Undichtheit während des Betriebes durchgeführt werden kann, wobei mit der üblichen standardmäßig vorhandenen Systemsensorik gearbeitet werden kann.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zur Erkennung einer undichten Stelle in einem Wärmerückgewinnungssystem (WHR), insbesondere einer Brennkraftmaschine, wobei das Wärmerückgewinnungssystem (WHR) zumindest einen Arbeitsmediumkreis mit zumindest einer Pumpe (P) und zumindest einer Expansionsmaschine (E) aufweist, dadurch gekennzeichnet,
 - a. dass ein Massenstrom (m_P) durch die Pumpe (P) ermittelt wird,
 - b. dass ein Massenstrom (m_E) durch die Expansionsmaschine (E) ermittelt wird, und
 - c. dass die ermittelten Massenströme (m_P , m_E) durch die Pumpe (P) und durch die Expansionsmaschine (E) miteinander verglichen werden, und dass eine Undichtheit zwischen Pumpe (P) und Expansionsmaschine (E) festgestellt wird, wenn der Massenstrom (m_P) durch die Pumpe (P) vom Massenstrom (m_E) durch die Expansionsmaschine (E) – vorzugsweise für eine definierte Verzugsdauer (t) – abweicht und die Abweichung größer als ein definierter Schwellwert (S) ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1 mit einem zwischen der Pumpe (P) und der Expansionsmaschine (E) angeordneten Regelventil (V), dadurch gekennzeichnet, dass ein Massenstrom (m_V) durch das Regelventil (V) ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die ermittelten Massenströme (m_P , m_V) durch die Pumpe (P) und durch das Regelventil (V) miteinander verglichen werden, und dass eine Undichtheit (L1) zwischen Pumpe (P) und Regelventil (V) festgestellt wird, wenn der Massenstrom (m_P) durch die Pumpe (P) vom Massenstrom (m_V) durch das Regelventil (V) –

vorzugsweise für eine definierte erste Verzugsdauer (t_1) –abweicht und die Abweichung größer als ein definierter erster Schwellwert (S_1) ist.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die ermittelten Massenströme (m_V , m_E) durch das Regelventil (V) und durch die Expansionsmaschine (E) miteinander verglichen werden, und dass eine Undichtheit (L2) zwischen Regelventil (V) und Expansionsmaschine (E) festgestellt wird, wenn der Massenstrom (m_E) durch die Expansionsmaschine (E) vom Massenstrom (m_V) durch das Regelventil (V) – vorzugsweise für eine definierte zweite Verzugsdauer (t_2) –abweicht und die Abweichung größer als ein definierter Schwellwert (S_2) ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Massenstrom (m_P) durch die Pumpe (P) aus der Drehzahl (n_P) der Pumpe (P) und dem Druck (p_P) nach der Pumpe (P) mittels eines ersten mathematischen Modells (M_P) ermittelt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Massenstrom (m_V) durch das Regelventil (V) aus der aktuellen Ventilöffnung (A) und den Drücken (p_{V1} , p_{V2}) vor und nach dem Regelventil (V) mittels eines zweiten mathematischen Modells (M_V) ermittelt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Massenstrom (m_E) durch die Expansionsmaschine (E) aus zumindest dem Druck (p_E) und der Temperatur (T_E) vor der Expansionsmaschine (E), sowie der Drehzahl (n_E) der Expansionsmaschine (E) mittels eines dritten mathematischen Modells (M_3) ermittelt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 5 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass als Pumpe (P) eine Dosierpumpe zum Einstellen eines definierten Arbeitsmedienmassenstrom eingesetzt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Wärmerückgewinnungssystem (WHR) in einem geschlossenen Kreislauf betrieben wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Wärmerückgewinnungssystem (WHR) in einem offenen Kreislauf betrieben wird.

2012 07 24

Fu

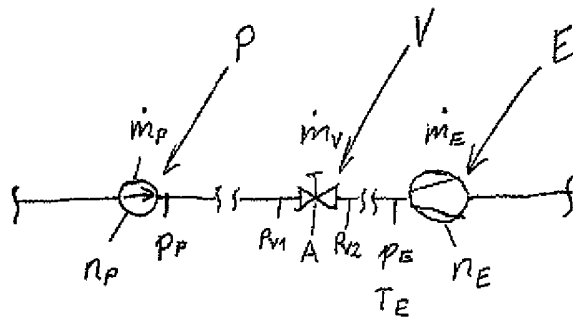


Fig. 1

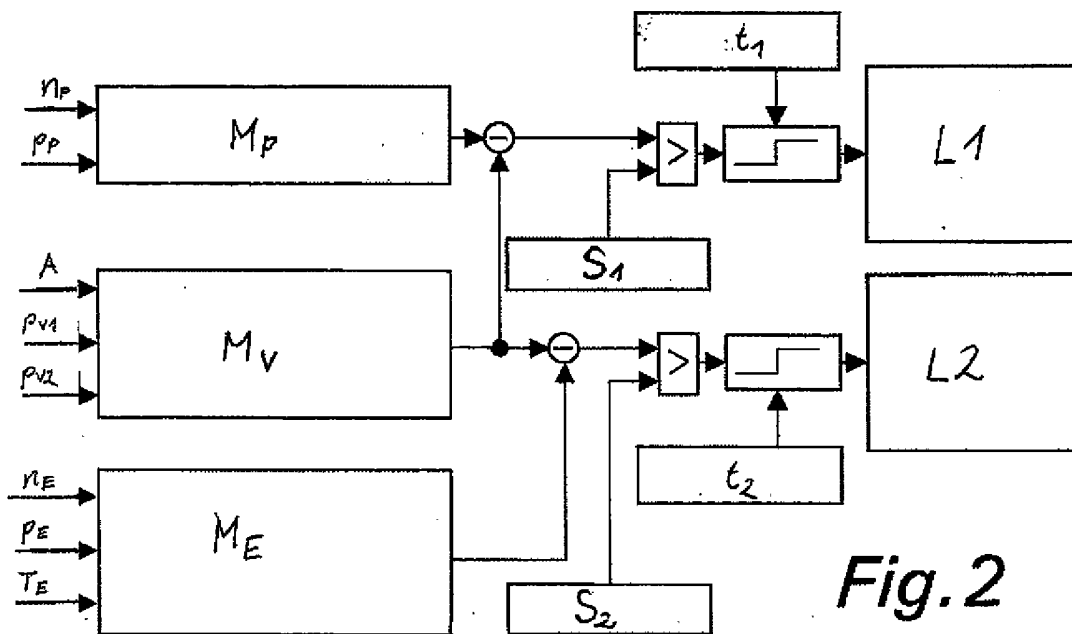
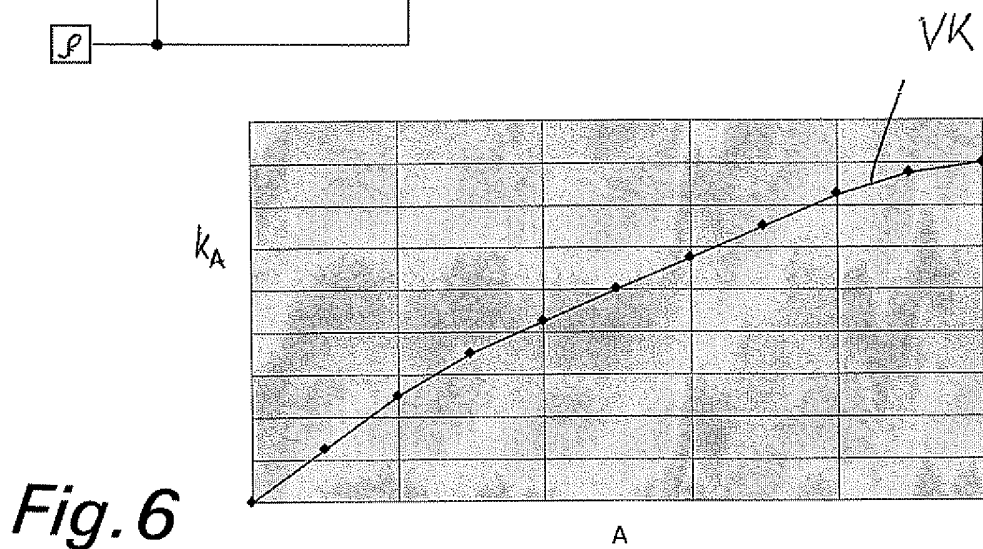
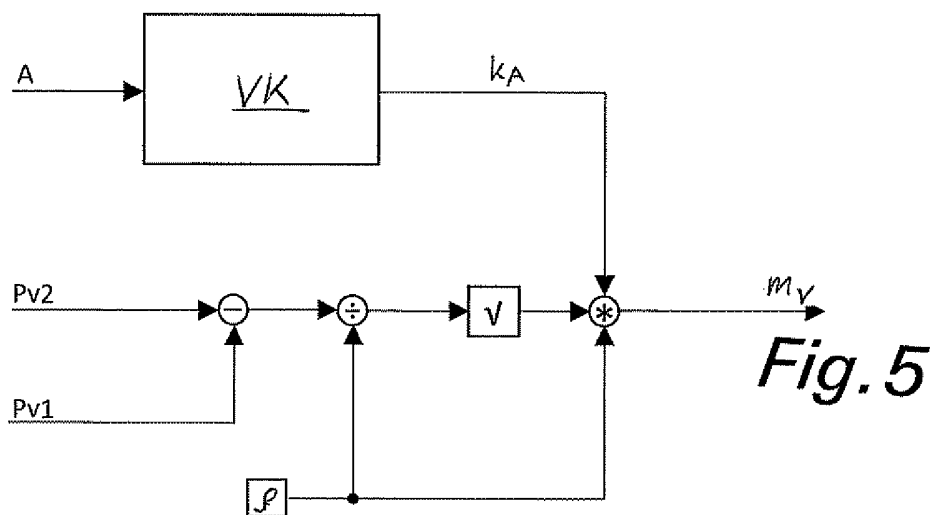
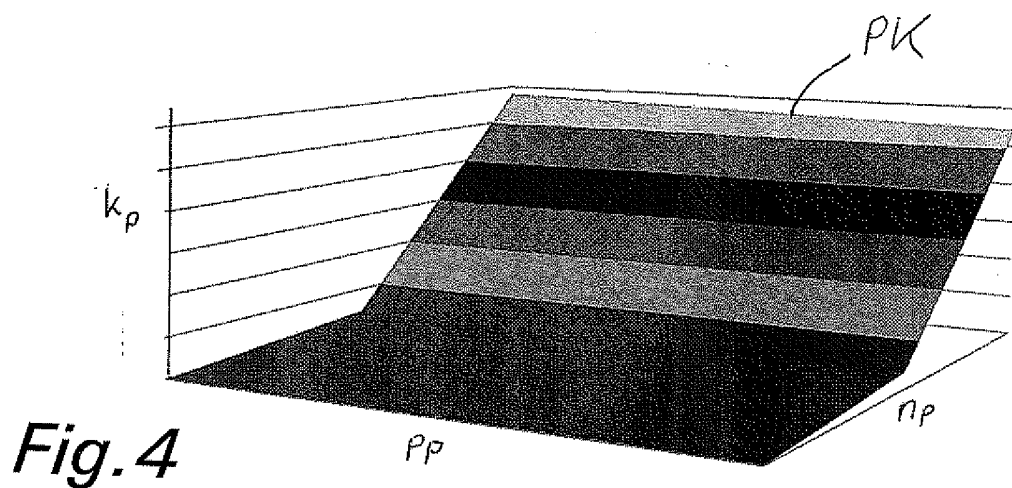
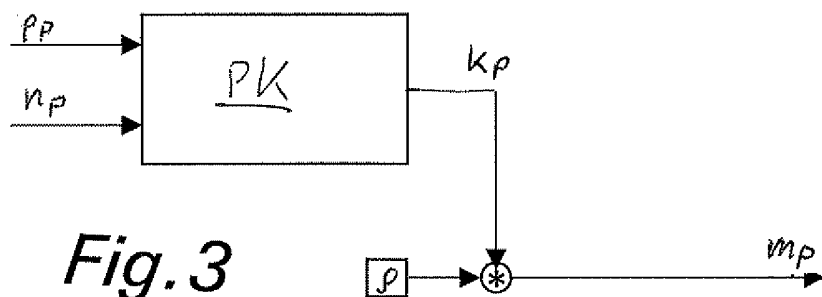
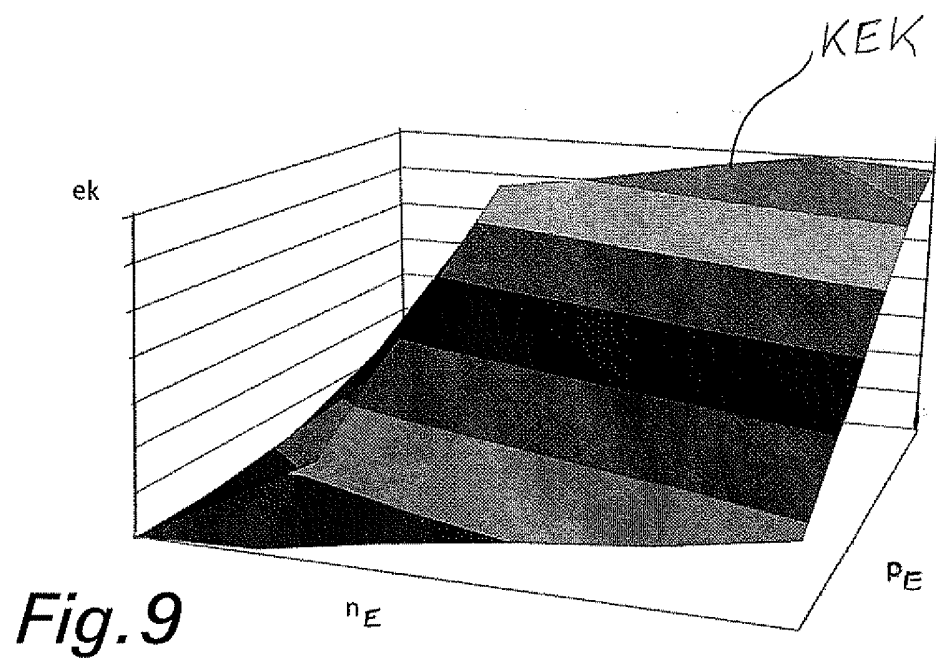
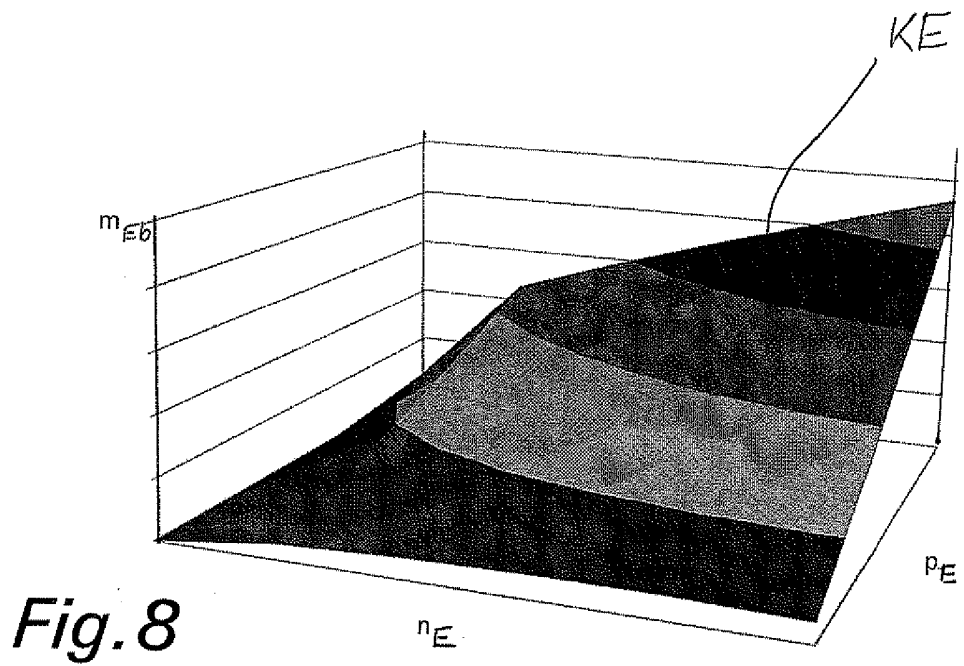
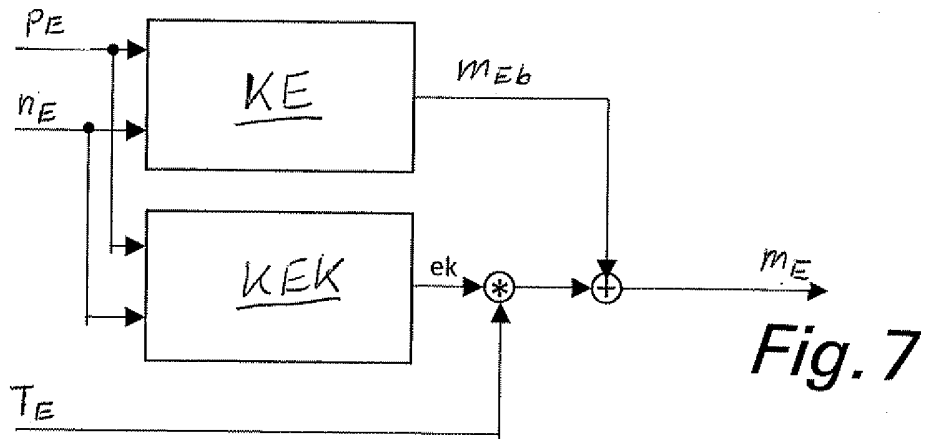
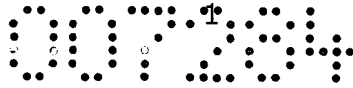


Fig. 2





Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC: G01M 3/32 (2006.01); F02G 5/00 (2006.01)		
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß ECLA: G01M 3/32D4; F02G 5/00		
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): F02G, G01F, G01M		
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC, WPI, TXTnnn (X-Full), Google		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 24. Juli 2012 eingereichten Ansprüchen 1–10 erstellt.		
Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	US 6526358 B1 (MATHEWS HARRY KIRK JR. et al.) 25. Februar 2003 (25.02.2003) Ansprüche 1, 2, 10, 11, 18 und 19; Beschreibung Spalte 3, Zeilen 28 bis 49	1–4, 8–10
A		5–7
A	US 3416500 A (LYONS DONALD E. A.) 17. Dezember 1968 (17.12.1968) Anspruch 1	1
A	DE 4420476 A1 (BAUMOEL JOSEPH) 14. Dezember 1995 (14.12.1995) Ansprüche 1, 3, 4, 6 und 12	1
A	DE 102010054736 A1 (DAIMLER AG) 21. Juni 2012 (21.06.2012) gesamtes Dokument	1, 8, 9
Datum der Beendigung der Recherche: 10. April 2013		☐ Fortsetzung siehe Folgeblatt Prüfer(in): KAMENIK B.
¹⁾ Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist. A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein älteres Recht hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.		



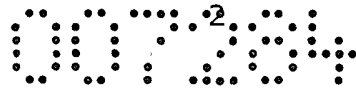
(n e u e) P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zur Erkennung einer undichten Stelle in einem Wärmerückgewinnungssystem (WHR), insbesondere einer Brennkraftmaschine, wobei das Wärmerückgewinnungssystem (WHR) zumindest einen Arbeitsmediumkreis mit zumindest einer Pumpe (P) und zumindest einer Expansionsmaschine (E) aufweist, dadurch gekennzeichnet,

- a. dass ein Massenstrom (m_P) durch die Pumpe (P) ermittelt wird,
- b. dass ein Massenstrom (m_E) durch die Expansionsmaschine (E) ermittelt wird,

wobei der Massenstrom (m_P) durch die Pumpe (P) aus der Drehzahl (n_P) der Pumpe (P) und dem Druck (p_P) nach der Pumpe (P) mittels eines ersten mathematischen Modells (M_P) ermittelt wird und/oder der Massenstrom (m_E) durch die Expansionsmaschine (E) aus zumindest dem Druck (p_E) und der Temperatur (T_E) vor der Expansionsmaschine (E), sowie der Drehzahl (n_E) der Expansionsmaschine (E) mittels eines dritten mathematischen Modells (M_3) ermittelt wird, und

- c. dass die ermittelten Massenströme (m_P , m_E) durch die Pumpe (P) und durch den Expansionsmaschine (E) miteinander verglichen werden, und dass eine Undichtheit zwischen Pumpe (P) und Expansionsmaschine (E) festgestellt wird, wenn der Massenstrom (m_P) durch die Pumpe (P) vom Massenstrom (m_E) durch die Expansionsmaschine (E) – vorzugsweise für eine definierte Verzugsdauer (t) – abweicht und die Abweichung größer als ein definierter Schwellwert (S) ist.



2. Verfahren nach Anspruch 1 mit einem zwischen der Pumpe (P) und der Expansionsmaschine (E) angeordneten Regelventil (V), dadurch gekennzeichnet, dass ein Massenstrom (m_v) durch das Regelventil (V) ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die ermittelten Massenströme (m_p , m_v) durch die Pumpe (P) und durch das Regelventil (V) miteinander verglichen werden, und dass eine Undichtheit (L1) zwischen Pumpe (P) und Regelventil (V) festgestellt wird, wenn der Massenstrom (m_p) durch die Pumpe (P) vom Massenstrom (m_v) durch das Regelventil (V) – vorzugsweise für eine definierte erste Verzugsdauer (t_1) – abweicht und die Abweichung größer als ein definierter erster Schwellwert (S_1) ist.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die ermittelten Massenströme (m_v , m_E) durch das Regelventil (V) und durch die Expansionsmaschine (E) miteinander verglichen werden, und dass eine Undichtheit (L2) zwischen Regelventil (V) und Expansionsmaschine (E) festgestellt wird, wenn der Massenstrom (m_E) durch die Expansionsmaschine (E) vom Massenstrom (m_v) durch das Regelventil (V) – vorzugsweise für eine definierte zweite Verzugsdauer (t_2) – abweicht und die Abweichung größer als ein definierter Schwellwert (S_2) ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Massenstrom (m_v) durch das Regelventil (V) aus der aktuellen Ventilöffnung (A) und den Drücken (p_{v1} , p_{v2}) vor und nach dem Regelventil (V) mittels eines zweiten mathematischen Modells (M_v) ermittelt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass als Pumpe (P) eine Dosierpumpe zum Einstellen eines definierten Arbeitsmedienmassenstrom eingesetzt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Wärmerückgewinnungssystem (WHR) in einem geschlossenen Kreislauf betrieben wird.



8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Wärmerückgewinnungssystem (WHR) in einem offenen Kreislauf betrieben wird.

2013 09 05

Fu/Bt




Patentanwalt
Dipl.-Ing. Mag. Michael Babeluk
A-1150 Wien, Mariahilfer Gürtel 39/17
Tel.: (+43 1) 892 89 22-0 Fax: (+43 1) 892 89 233
e-mail: patent@babeluk.at