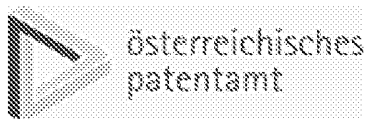


(19)



(10)

AT 516701 B1 2016-08-15

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50061/2015
 (22) Anmeldetag: 28.01.2015
 (45) Veröffentlicht am: 15.08.2016

(51) Int. Cl.: **G01M 3/00** (2006.01)
G01M 3/26 (2006.01)
F02G 5/00 (2006.01)
G01M 15/04 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
 DE 102012221153 A1
 DE 102011117054 A1
 US 2010101224 A1

(73) Patentinhaber:
 AVL List GmbH
 8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
 Neunteufl Klemens Dipl.Ing.
 8052 Graz (AT)
 Gradwohl Gerald Dipl.Ing.
 8020 Graz (AT)
 Altendorfer Helmut Dipl.Ing.
 4153 Peilstein (AT)
 Cococchetta Fabio
 9000 Sankt Gallen (CH)

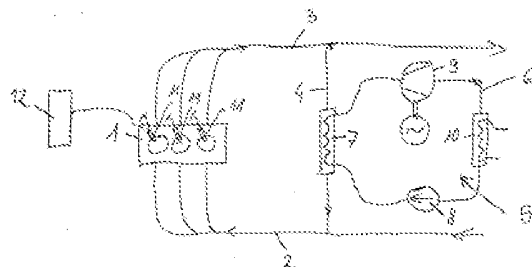
(74) Vertreter:
 Babeluk Michael Dipl.Ing.Mag.
 1080 Wien (AT)

(54) VERFAHREN ZUR ERKENNUNG EINER UNDICHTHEIT IN EINEM WÄRMERÜCKGEWINNUNGSSYSTEM

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung einer Undichtheit in einem Wärmerückgewinnungssystem einer Kraftstoff einspritzenden Brennkraftmaschine (1), wobei das Wärmerückgewinnungssystem (5) zumindest einen Arbeitsmediumkreis (6) mit einem - insbesondere brennbaren - Arbeitsmedium, mit zumindest einem EGR-Verdampfer (7), einer Pumpe (8) und zumindest einer Expansionsmaschine (9) aufweist.

Um auf möglichst einfache Weise Undichtheiten im EGR-Verdampfer eines Wärmerückgewinnungssystems frühzeitig und zuverlässig zu erkennen, ist vorgesehen, dass für zumindest einen stationären Betriebspunkt der Brennkraftmaschine (1) - vorzugsweise dem Leerlauf - ein unterer Schwellwert für die eingespritzte Kraftstoffmenge definiert wird, die Brennkraftmaschine (1) in diesem stationären Betriebspunkt betrieben wird, und eine Leckagedetektion durchgeführt wird, indem die in diesem stationären Betriebspunkt tatsächlich eingespritzte Kraftstoffmenge ermittelt und mit dem

unteren Schwellwert für die eingespritzte Kraftstoffmenge verglichen wird, wobei bei Unterschreiten des unteren Schwellwertes eine Undichtheit im Wärmerückgewinnungssystem (5) erkannt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung einer Undichtheit in einem Wärmerückgewinnungssystem einer Kraftstoff einspritzenden Brennkraftmaschine, wobei das Wärmerückgewinnungssystem zumindest einen Arbeitsmediumkreis mit einem - insbesondere brennbaren - Arbeitsmedium, mit zumindest einem EGR-Verdampfer, einer Pumpe und zumindest einer Expansionsmaschine aufweist.

[0002] Beim Betrieb eines Systems zur Wärmerückgewinnung mit einem brennbaren Arbeitsmedium in Verbindung einer Brennkraftmaschine und einem Abgasrückführverdampfer (EGR-Verdampfer: EGR = Exhaust Gas Recirculation) ist das Erkennen von Undichtheiten im System von hoher Priorität. Leckagen in einem Wärmerückgewinnungssystem können unter anderem zu folgenden kritischen Szenarien führen:

- [0003]** • Austritt des Arbeitsmediums in die Umgebung - führt zu Brandgefahr bei Verwendung eines brennbaren Arbeitsmediums wie beispielsweise Ethanol.
- [0004]** • Eintritt des brennbaren Arbeitsmediums in die Brennkraftmaschine - verursacht Schaden, wenn zum Beispiel das Arbeitsmedium über einen EGR-Verdampfer in den Brennraum gelangt.
- [0005]** • Überhitzung von Systemkomponenten durch zu geringen Füllstand des Arbeitsmediums - kann zum Beispiel zu Überhitzung des Abgasverdampfers bei zu geringem Arbeitsmedienmassenstrom führen.

[0006] Zur Feststellung einer Leckage in einem Wärmerückgewinnungssystem sind beispielsweise folgende Verfahren bekannt:

- [0007]** • Überwachung des Füllstandes des Arbeitsmediums im Ausgleichsbehälter mittels eines Füllstandssensors. Bei zu geringem Füllstand wird auf eine Undichtheit geschlossen.
- [0008]** • Dichtheitsprüfung durch unter Druck setzen des deaktivierten, kalten Systems. Ein zu rascher Druckabfall deutet auf eine Undichtheit hin.
- [0009]** • Messen der elektrischen Leitfähigkeit der Isolierung des Wärmerückgewinnungssystems. Eine Änderung der Leitfähigkeit ist ein Anzeichen für eine Undichtheit.

[0010] Die US 6,526,358 B1 beschreibt ein Verfahren zur Erkennung von Lecks und Blockaden in einem Fluidkreislauf, wobei Druck, Temperatur und Durchflussrate an verschiedenen Stellen des Kreislaufs gemessen und in Beziehung gesetzt werden.

[0011] 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.

[0012] Aufgabe der Erfindung ist es, auf möglichst einfache Weise Undichtheiten im EGR-Verdampfer eines Wärmerückgewinnungssystems frühzeitig und zuverlässig zu erkennen.

[0013] Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass für zumindest einen stationären Betriebspunkt der Brennkraftmaschine, vorzugsweise dem Leerlauf, ein unterer Schwellwert für die eingespritzte Kraftstoffmenge definiert wird, die Brennkraftmaschine in diesem stationären Betriebspunkt betrieben wird, und eine Leckagedetektion durchgeführt wird, indem die in diesem stationären Betriebspunkt tatsächlich eingespritzte Kraftstoffmenge ermittelt und mit dem unteren Schwellwert für die eingespritzte Kraftstoffmenge verglichen wird, wobei bei Unterschreiten des unteren Schwellwertes eine Undichtheit im Wärmerückgewinnungssystem erkannt wird.

[0014] Insbesondere wenn ein brennbares Arbeitsmedium eingesetzt wird, können auf diese Weise mit geringem Aufwand Undichtheiten am EGR-Verdampfer detektiert werden.

[0015] Die tatsächlich eingespritzte Kraftstoffmenge kann durch eine Steuerungseinheit, vorzugsweise mittels eines Leerlaufreglers der Steuerung der Brennkraftmaschine, auf der Basis zumindest eines Betriebsparameters der Brennkraftmaschine berechnet werden.

[0016] Eine Undichtheit wird dann zuverlässig erkannt, wenn die Unterschreitung des unteren Schwellwertes über eine definierte Mindestzeitdauer erfolgt.

[0017] Um Fehlalarme zu vermeiden, wird die Leckagedetektion bevorzugt nur dann gestartet, wenn zumindest eine der folgenden Bedingungen erfüllt wird:

- [0018]** • die Brennkraftmaschine wird im stationären Betriebspunkt, vorzugsweise im Leerlauf, betrieben;
- [0019]** • die Kühlmitteltemperatur liegt über einer definierten Mindestkühlmitteltemperatur;
- [0020]** • die Öltemperatur liegt über einer definierten Mindestöltemperatur;
- [0021]** • die Generatorleistung der Brennkraftmaschine liegt unterhalb einer definierten Mindestgeneratorleistung;
- [0022]** • die Lüfterleistung der Brennkraftmaschine liegt unterhalb einer definierten Mindestlüfterleistung;
- [0023]** • die Kompressorleistung für eine Druckluftversorgung der Brennkraftmaschine liegt unterhalb einer definierten Mindestkompressorleistung.

[0024] Befindet sich die Brennkraftmaschine in einem durch die genannten Bedingungen definierten Betriebszustand, wird die Leerlaufmenge für eine definierte Zeitdauer mit einem unteren Schwellwert verglichen. Liegt die Leerlaufmenge unterhalb dieses Schwellwerts, so ist davon auszugehen, dass brennbares Arbeitsmedium über eine Leckage am EGR-Verdampfer in die Brennkammern der Verbrennungskraftmaschine gelangt und dort in zusätzliche mechanische Leistung umgesetzt wird. Das zusätzliche Verbrennen des Arbeitsmediums in der Brennkraftmaschine wird beispielsweise im Leerlauf zu einem Drehzahlanstieg über die gewünschte Soll-Leerlaufdrehzahl führen. Liegt die Drehzahl der Brennkraftmaschine über der Soll-Leerlaufdrehzahl so wird dies vom Leerlaufdrehzahlregler in der Steuerung der Brennkraftmaschine erkannt und die Einspritzmenge entsprechend reduziert. Dies bedeutet, dass mit einer ansteigenden Menge an brennbarem Arbeitsmedium innerhalb der Brennkraftmaschine die Leerlaufmenge immer weiter reduziert wird, um die gewünschte Soll-Leerlaufdrehzahl zu erreichen. Bei großen Leckagen am EGR-Verdampfer kann die Leerlaufmenge im Extremfall auch den Wert Null erreichen.

[0025] Das Wärmerückgewinnungssystem kann als geschlossener oder offener Kreislauf betrieben werden.

[0026] Das erfindungsgemäße Verfahren hat im Vergleich zum Stand der Technik den Vorteil, dass keine weiteren Sensoren oder Einrichtungen notwendig sind.

[0027] Die Fig. zeigt schematisch eine Brennkraftmaschine 1 mit einem Einlassstrang 2 und einem Auslassstrang 3, sowie einer Abgasrückföhrleitung 4 zwischen dem Einlassstrang 2 und dem Auslassstrang 3. Zur Rückgewinnung der Abgasabwärme ist ein Wärmerückgewinnungssystem 5 mit einem Arbeitsmediumkreis 6 für ein Arbeitsmedium, mit zumindest einem EGR-Verdampfer 7, einer Pumpe 8 und zumindest einer Expansionsmaschine 9 vorgesehen. Mit 10 ist ein Kondensator bezeichnet. 12 bezeichnet die Steuerungseinheit der Brennkraftmaschine. Etwaige Filter, Katalysatoren, Steuerorgane und Wärmetauscher im Einlassstrang 2 und Auslassstrang 3 sind nicht dargestellt.

[0028] Über Injektoren 11 wird Kraftstoff in die Brennräume der Brennkraftmaschine 1 eingespritzt.

[0029] Für zumindest einen stationären Betriebspunkt der Brennkraftmaschine 1, beispielsweise für den Leerlauf, wird ein unterer Schwellwert für die über die Injektoren 11 eingespritzte Kraftstoffmenge definiert. Zur Durchführung einer Leckagedetektion wird die Brennkraftmaschi-

ne 1 in diesem stationären Betriebspunkt betrieben und die Leckagedetektion durchgeführt, indem die in diesem stationären Betriebspunkt tatsächlich über die Injektoren 11 eingespritzte Kraftstoffmenge ermittelt und mit dem unteren Schwellwert für die eingespritzte Kraftstoffmenge verglichen wird. Ist die tatsächlich über die Injektoren 11 eingespritzte Kraftstoffmenge kleiner als der theoretische untere Schwellwert für die eingespritzte Kraftstoffmenge, wird auf eine Undichtheit im Wärmerückgewinnungssystem geschlossen.

[0030] Befindet sich die Brennkraftmaschine in einem für die Durchführung einer Leckagedetektion geeigneten Betriebszustand, insbesondere dem Leerlauf, wird die tatsächlich eingespritzte Leerlaufkraftstoffmenge für eine definierte Zeitdauer mit einem für den Betriebszustand definierten unteren Schwellwert verglichen. Die tatsächlich eingespritzte Kraftstoffmenge wird durch eine Steuerungseinheit 12, vorzugsweise mittels eines Leerlaufreglers der Steuerungseinheit 12 der Brennkraftmaschine 1, auf der Basis zumindest eines Betriebsparameters der Brennkraftmaschine 1, zum Beispiel der Drehzahl n , berechnet.

[0031] Liegt diese tatsächlich eingespritzte Leerlaufkraftstoffmenge unterhalb dieses Schwellwerts, so ist davon auszugehen, dass brennbares Arbeitsmedium über eine Leckage am EGR-Verdampfer 7 in die Brennkammern der Brennkraftmaschine 1 gelangt und dort in zusätzliche mechanische Leistung umgesetzt wird. Das zusätzliche Verbrennen des Arbeitsmediums in der Brennkraftmaschine 1 wird beispielsweise im Leerlauf zu einem Drehzahlanstieg über die gewünschte Soll-Leerlaufdrehzahl führen. Liegt die Drehzahl der Brennkraftmaschine 1 über der Soll-Leerlaufdrehzahl, so wird dies vom Leerlaufdrehzahlregler in der Steuerungseinheit 12 der Brennkraftmaschine 1 erkannt und die Einspritzmenge entsprechend reduziert. Dies bedeutet, dass mit einer ansteigenden Menge an brennbarem Arbeitsmedium innerhalb der Brennkraftmaschine 1 die Leerlaufmenge immer weiter reduziert wird, um die gewünschte Soll-Leerlaufdrehzahl zu erreichen. Bei großen Leckagen am EGR-Verdampfer 9 kann die Leerlaufmenge im Extremfall auch den Wert Null erreichen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erkennung einer Undichtheit in einem Wärmerückgewinnungssystem einer Kraftstoff einspritzenden Brennkraftmaschine (1), wobei das Wärmerückgewinnungssystem (5) zumindest einen Arbeitsmediumkreis (6) mit einem - insbesondere brennbaren - Arbeitsmedium, mit zumindest einem EGR-Verdampfer (7), einer Pumpe (8) und zumindest einer Expansionsmaschine (9) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass für zumindest einen stationären Betriebspunkt der Brennkraftmaschine (1) - vorzugsweise dem Leerlauf - ein unterer Schwellwert für die eingespritzte Kraftstoffmenge definiert wird, die Brennkraftmaschine (1) in diesem stationären Betriebspunkt betrieben wird, und eine Leckagedetektion durchgeführt wird, indem die in diesem stationären Betriebspunkt tatsächlich eingespritzte Kraftstoffmenge ermittelt und mit dem unteren Schwellwert für die eingespritzte Kraftstoffmenge verglichen wird, wobei bei Unterschreiten des unteren Schwellwertes eine Undichtheit im Wärmerückgewinnungssystem (5) erkannt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Leckagedetektion nur dann gestartet wird, wenn die Brennkraftmaschine (1) im stationären Betriebspunkt, vorzugsweise im Leerlauf, betrieben wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Leckagedetektion nur dann gestartet wird, wenn die Kühlmitteltemperatur der Brennkraftmaschine (1) über einer definierten Mindestkühlmitteltemperatur liegt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Leckagedetektion nur dann gestartet wird, wenn die Öltemperatur der Brennkraftmaschine (1) über einer definierten Mindestöltemperatur liegt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Leckagedetektion nur dann gestartet wird, wenn die Generatorleistung der Brennkraftmaschine (1) unterhalb einer definierten Mindestgeneratorleistung liegt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Leckagedetektion nur dann gestartet wird, wenn die Lüfterleistung der Brennkraftmaschine (1) unterhalb einer definierten Mindestlüfterleistung liegt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Leckagedetektion nur dann gestartet wird, wenn die Kompressorleistung für eine Druckluftversorgung der Brennkraftmaschine (1) unterhalb einer definierten Mindestkompressorleistung liegt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der stationäre Betriebspunkt durch eine stationäre Stellung eines Fahrpedals erkannt wird, wobei vorzugsweise der Leerlauf erkannt wird, wenn sich das Fahrpedal in Ruhelage befindet und/oder eine neutrale Gangstufe des Getriebes eingelegt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die tatsächlich eingespritzte Kraftstoffmenge durch eine Steuerungseinheit (12), vorzugsweise mittels eines Leerlaufreglers der Steuerungseinheit (12) der Brennkraftmaschine (1), auf der Basis zumindest eines Betriebsparameters der Brennkraftmaschine (1) berechnet wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Undichtheit erkannt wird, wenn die Unterschreitung des unteren Schwellwertes über eine definierte Mindestzeitdauer erfolgt.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

