

(19)



(10)

AT 516615 B1 2016-07-15

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50744/2015
 (22) Anmeldetag: 28.08.2015
 (45) Veröffentlicht am: 15.07.2016

(51) Int. Cl.: **F01K 23/06** (2006.01)
F02G 5/02 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
 WO 2012100212 A1
 DE 102013216543 A1
 DE 102012221153 A1
 EP 2133544 A1

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

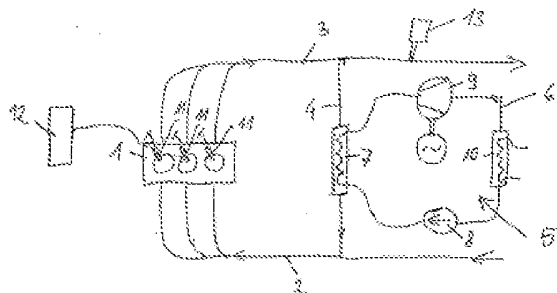
(72) Erfinder:
 Neunteufl Klemens Dipl.Ing.
 8052 Graz (AT)
 Gradwohl Gerald Dipl.Ing.
 8020 Graz (AT)
 Altendorfer Helmut Dipl.Ing.
 4153 Peilstein/Mühl (AT)
 Cococetta Fabio
 9000 Sankt Gallen (CH)
 Eckhardt Thomas
 8590 Romanshorn (CH)

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

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

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung einer undichten Stelle in einem Wärmerückgewinnungssystem (5) einer Brennkraftmaschine (1) eines Kraftfahrzeugs, wobei das Wärmerückgewinnungssystem (5) zumindest ein brennbares Arbeitsmedium, einen Arbeitsmediumkreis (6) mit zumindest einem EGR-Verdampfer (7), einer Pumpe (8) und zumindest einer Expansionsmaschine (9) aufweist.

Um auf möglichst einfache Weise Undichtheiten im EGR-Verdampfer (7) eines Wärmerückgewinnungssystems (5) frühzeitig und zuverlässig erkennen zu können, ist vorgesehen, dass die Brennkraftmaschine (1) im Schubbetrieb betrieben wird, dass die Sauerstoffkonzentration im Abgas ermittelt und mit einem definierten unteren Schwellwert verglichen wird und dass bei Unterschreiten des unteren Schwellwertes eine Undichtheit am EGR-Verdampfer (7) erkannt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung einer undichten Stelle in einem Wärmerückgewinnungssystem einer Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, wobei das Wärmerückgewinnungssystem zumindest ein brennbares Arbeitsmedium, einen Arbeitsmediumkreis 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 mit 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:

- Austritt des Arbeitsmediums in die Umgebung - führt zu Brandgefahr bei Verwendung eines brennbaren Arbeitsmediums wie beispielsweise Ethanol.
- Eintritt des brennbaren Arbeitsmediums in die Brennkraftmaschine - verursacht Schaden, wenn zum Beispiel das Arbeitsmedium über einen EGR- Verdampfer 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.

[0003] 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 Drucksetzen des deaktivierten, kalten Systems und anschließendes Beobachten des Druckgradientens. 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.

[0004] 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.

[0005] Die JP 2010-156314 A offenbart ein Wärmerückgewinnungssystem für eine Brennkraftmaschine wobei zur Leakage-Detektion O₂-Sensoren im Kühlmittelkreis des Wärmerückgewinnungssystems angeordnet sind.

[0006] Bekannte Verfahren haben den Nachteil, dass sie entweder nur im deaktivierten Zustand durchgeführt werden können und/oder dass Einrichtungen wie zusätzliche Sensoren oder dergleichen erforderlich sind.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, basierend auf bereits vorhandene Sensoren und möglichst einfache Weise Undichtheiten im EGR-Verdampfer eines Wärmerückgewinnungssystems frühzeitig und zuverlässig erkennen zu können.

[0008] Erfindungsgemäß erfolgt dies dadurch, dass die Brennkraftmaschine im Schubbetrieb betrieben wird, dass die Sauerstoffkonzentration im Abgas ermittelt und mit einen definierten

unteren Schwellwert verglichen wird und dass bei Unterschreiten des unteren Schwellwertes eine Undichtheit am EGR-Verdampfer erkannt wird.

[0009] Vorzugsweise ist vorgesehen, dass die Erkennung einer Undichtheit am EGR- Verdampfer nur dann aktiv ist, wenn sich die Verbrennungskraftmaschine im Schubbetrieb befindet.

[0010] Ein besonders geringer Aufwand bei der Erkennung einer Undichtheit am EGR-Verdampfer wird nötig, wenn die Sauerstoffkonzentration im Abgas der Brennkraftmaschine mittels eines Sensors, vorzugsweise eines λ -Sensors oder eines NO_x-Sensors, ermittelt wird. λ -Sensoren und/oder NO_x-Sensoren werden standardmäßig für die Regelung der Brennkraftmaschine eingesetzt, um Abgasvorschriften zu erfüllen. Diese bereits vorhandenen λ -Sensoren und/oder NO_x-Sensoren können somit gemäß der Lehre der vorliegenden Erfindung auch eingesetzt werden, um Undichtheiten am EGR-Verdampfer festzustellen.

[0011] Die Messung der Sauerstoffkonzentration wird günstigerweise stromaufwärts eines Abgasnachbehandlungssystems durchgeführt, um Verfälschungen des Messergebnisses zu vermeiden.

[0012] Insbesondere wenn ein brennbares Arbeitsmedium im Wärmerückgewinnungssystem eingesetzt wird, können auf diese Weise mit geringem Aufwand Undichtheiten am EGR-Verdampfer detektiert werden.

[0013] Voraussetzung für die fehlerfreie Erkennung von Undichtheiten mittels Feststellung der Sauerstoffkonzentration ist, dass sich die Brennkraftmaschine in einem definierten Betriebszustand befindet. Insbesondere müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

- Schubbetrieb der Brennkraftmaschine,
- Sensor zur Messung der Sauerstoffkonzentration ist aktiv,
- Keine Kraftstoffeinspritzung z.B. zur Anhebung der Abgastemperatur,
- Kein Fehler im Kraftstoff-Einspritzsystem.

[0014] Bei aktivierter Erkennung der Undichtheiten wird die Sauerstoffkonzentration für eine definierte Zeitdauer mit einem unteren Schwellwert verglichen. Liegt die Sauerstoffkonzentration unter diesem Schwellwert, so ist davon auszugehen, dass brennbares Arbeitsmedium über eine Leckage am EGR- Verdampfer in die Brennkammern der Brennkraftmaschine gelangt und dort durch thermische Umsetzung (Verbrennung) die Sauerstoffkonzentration im Abgas reduziert wird. Diese Reduktion der Sauerstoffkonzentration im Abgas wird über einen bereits für den Betrieb der Brennkraftmaschine notwendigen Sensor gemessen. Liegt die gemessene Sauerstoffkonzentration für länger als eine bestimmte Zeit unter einem definierten Schwellwert, so wird eine Leckage am EGR-Verdampfer detektiert. Bei großen Leckagen am EGR-Verdampfer kann die Sauerstoffkonzentration im Extremfall auch den Wert Null erreichen.

[0015] Das Wärmerückgewinnungssystem kann als geschlossener oder offener Kreislauf betrieben werden.

[0016] Das erfindungsgemäße Verfahren hat im Vergleich zum Stand der Technik den Vorteil, dass keine weiteren Sensoren oder Einrichtungen notwendig sind.

[0017] Die Fig. zeigt schematisch eine Brennkraftmaschine 1 mit einem Einlassstrang 2 und einem Auslassstrang 3, sowie einer Abgasrückführleitung 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.

[0018] Über Injektoren 11 wird Kraftstoff in die Brennräume der Brennkraftmaschine 1 eingespritzt.

[0019] Im Auslassstrang 3 ist ein Sensor 13, beispielsweise ein λ -Sensor oder ein NO_x- Sensor angeordnet, welcher für die Regelung der Emissionen bereits serienmäßig bei heute üblichen Kraftfahrzeugen verbaut ist. Bei aktivierter Erkennung der Undichtheiten wird die über den Sensor 13 gemessene Sauerstoffkonzentration im Auslassstrang 3 für eine definierte Zeitdauer mit einem vordefinierten unteren Schwellwert verglichen.

[0020] Liegt die über den Sensor 13 gemessene Sauerstoffkonzentration unter diesem Schwellwert, so ist davon auszugehen, dass brennbares Arbeitsmedium über eine Leckage am EGR- Verdampfer in die Brennkammern der Brennkraftmaschine gelangt und dort durch thermische Umsetzung (Verbrennung) die Sauerstoffkonzentration im Abgas reduziert wird. Liegt die gemessene Sauerstoffkonzentration für länger als eine vordefinierte Mindestzeit unter einem dem definierten Schwellwert, so wird eine Leckage am EGR-Verdampfer detektiert. Bei großen Leckagen am EGR-Verdampfer kann die Sauerstoffkonzentration im Extremfall auch den Wert Null erreichen. Die Erkennung der Undichtheit ist aktiviert, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Die Brennkraftmaschine 1 befindet sich im Schubbetrieb,
- der Sensor 13 aktiv,
- es erfolgt keine Kraftstoffeinspritzung zum Beispiel zur Anhebung der Abgas-temperatur und
- es liegt kein Fehler im Kraftstoff-Einspritzsystem vor.

[0021] Mit dem beschriebenen Verfahren ist es möglich, mit äußerst geringem Aufwand und ohne zusätzliche Bauteile oder Sensoren Undichtheiten im EGR-Verdampfer 7 des Wärmerückgewinnungssystems 5 festzustellen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erkennung einer undichten Stelle in einem Wärmerückgewinnungssystem (5) einer Brennkraftmaschine (1) eines Kraftfahrzeugs, wobei das Wärmerückgewinnungssystem (5) zumindest ein brennbares Arbeitsmedium, einen Arbeitsmediumkreis (6) mit zumindest einem EGR-Verdampfer (7), einer Pumpe (8) und zumindest einer Expansionsmaschine (9) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Brennkraftmaschine (1) im Schubbetrieb betrieben wird, dass die Sauerstoffkonzentration im Abgas ermittelt und mit einem definierten unteren Schwellwert verglichen wird und dass bei Unterschreiten des unteren Schwellwertes eine Undichtheit am EGR-Verdampfer (7) erkannt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Erkennung einer Undichtheit am EGR-Verdampfer (7) nur dann aktiv ist, wenn sich die Brennkraftmaschine (1) im Schubbetrieb befindet.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sauerstoffkonzentration im Abgas der Brennkraftmaschine (1) mittels zumindest eines - vorzugsweise stromaufwärts eines Abgasnachbehandlungssystems angeordneten - Sensors (13) - ermittelt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sensor (13) ein λ -Sensor oder ein NOx-Sensor ist.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Erkennung einer Undichtheit am EGR-Verdampfer (7) nur dann aktiv ist, wenn der Sensor aktiv ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Erkennung einer Undichtheit am EGR-Verdampfer (7) nur dann aktiv ist, wenn die Kraftstoffeinspritzung abgeschaltet ist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Erkennung einer Undichtheit am EGR-Verdampfer (7) deaktiviert wird, wenn ein Fehler im Kraftstoffeinspritzsystem vorliegt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Undichtheit am EGR-Verdampfer (7) erkannt wird, wenn die Unterschreitung des unteren Schwellwertes über eine definierte Mindestzeitdauer erfolgt.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

