



(10) **AT 517033 A1 2016-10-15**

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50251/2015
(22) Anmeldetag: 30.03.2015
(43) Veröffentlicht am: 15.10.2016

(51) Int. Cl.: **F02D 41/00** (2006.01)
F02B 37/24 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 0901569 B1
EP 1529159 B1
US 5123246 A

(71) Patentanmelder:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Breitegger Bernhard Dipl.Ing.
8501 Lieboch (AT)
Kammel Gernot Dipl.Ing.
8010 Graz (AT)
Schalk Erwin Dipl.Ing.
8010 Graz (AT)
Schutting Eberhard Dipl.Ing. Dr.
8041 Graz (AT)

(74) Vertreter:
BABELUK M.DIPL.ING.MAG.
WIEN (AT)

(54) **VERFAHREN ZUR REGELUNG DES BETRIEBSPUNKTES EINER ABGASTURBINE**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung des Betriebspunktes einer Abgasturbine (5) mit variabler Anströmungsgeometrie einer Brennkraftmaschine (1), wobei die Anströmungsgeometrie der Abgasturbine (5) mit einem Steller über eine Regelgröße (NF) für den Betriebspunkt eingestellt wird. Um auf einfache Weise den Betriebspunkt der Abgasturbine (5) zu regeln, wird vorgeschlagen, dass die Regelgröße (NF) eine Funktion des Ladedruckes P_2 und eines Korrekturfaktors K_F ist, wobei gilt:

$$NF = K_F \cdot P_2.$$

Die Erfindung betrifft des Weiteren eine Steuerungseinheit (ECU) zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

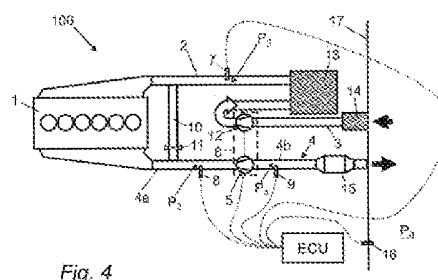


Fig. 4

Z U S A M M E N F A S S U N G

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung des Betriebspunktes einer Abgasturbine (5) mit variabler Anströmungsgeometrie einer Brennkraftmaschine (1), wobei die Anströmungsgeometrie der Abgasturbine (5) mit einem Steller über eine Regelgröße (NF) für den Betriebspunkt eingestellt wird.

Um auf einfache Weise den Betriebspunkt der Abgasturbine (5) zu regeln, wird vorgeschlagen, dass die Regelgröße (NF) eine Funktion des Ladedruckes P_2 und eines Korrekturfaktors K_F ist, wobei gilt:

$$NF = K_F * P_2.$$

Die Erfindung betrifft des Weiteren eine Steuerungseinheit (ECU) zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Fig. 4

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung des Betriebspunktes einer Abgasturbine einer Brennkraftmaschine, wobei die Abgasturbine eine variable Anströmungsgeometrie aufweist und die Anströmungsgeometrie der Abgasturbine mit einem Steller über eine Regelgröße für den Betriebspunkt eingestellt wird. Die Erfindung betrifft weiters eine Steuerungseinheit zur Durchführung eines derartigen Verfahrens.

Üblicherweise wird der Betriebspunkt eines Abgasturboladers mit variabler Turbinengeometrie (VTG) bzw. Anströmungsgeometrie über einen Sollwert für den Ladedruck eingestellt. Dieser Sollwert wird dabei als Funktion der Last und der Drehzahl aus einem Kennfeld berechnet und über Umgebungsbedingungen (Temperatur, Atmosphärendruck, ...) und Temperatur in der Ladeluftleitung korrigiert oder limitiert. Für eine kontinuierliche Regelung ist ein stetiger Zusammenhang - ohne Vorzeichenwechsel - zwischen der Änderung der Position des Stellers der variablen Turbinengeometrie und des sich einstellenden Ladedrucks Voraussetzung. Unter bestimmten Betriebsbedingungen kommt es jedoch zu einer Umkehrung dieses Zusammenhangs, was nachteilige Auswirkungen auf die Regelung hat.

Aufgabe der Erfindung ist es, auf einfache Weise in jedem Betriebsbereich der Brennkraftmaschine den Betriebspunkt eines Abgasturboladers zu regeln.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass die Regelgröße eine Funktion des Ladedruckes P_2 in einer Ladeluftleitung und eines Korrekturfaktors K_F ist, wobei gilt:

$$NF = K_F * P_2.$$

Die Erfindung erlaubt damit ein Ausnehmen der Mehrdeutigkeiten in der Regelung des Abgasturboladers und optimales Einstellen des Stellers der variablen Anströmungsgeometrie auf die benötigten Werte.

Vorzugsweise ist der Korrekturfaktor K_F dabei eine Funktion des Verhältnisses des Druckes P_3 in einem Eintrittsströmungsweg der Abgasturbine und zumindest eines Druckreferenzwertes X , wobei gilt: $K_F = (1/P_3) * X$.

In einer Variante der Erfindung wird der Druckreferenzwert X aus einem der folgenden Werte gewählt: Druckwert auf Meeresniveau mit $X=1$; Druck P_4 im Austrittsströmungsweg der Abgasturbine ist mit $X=P_4$; Umgebungsdruck P_0 in der Umgebung der Brennkraftmaschine (1) mit $X=P_0$.

Als Regelgröße NF wird somit der Ausdruck $X/P_3 \cdot P_2$ verwendet, wobei für X verschiedene Druckwerte herangezogen werden können. Die Verwendung dieser Regelgröße ermöglicht es auf einfache und zuverlässige Weise, den Betriebspunkt der Abgasturbine bzw. deren Anströmungsgeometrie zu regeln, insbesondere auch dann, wenn kein stetiger Zusammenhang bzw. eine Änderung des Vorzeichens zwischen der Änderung der Position des Stellers der variablen Turbinenanströmungsgeometrie und dem sich einstellenden Ladedruck vorliegt.

In weiteren Varianten der Erfindung kann dabei der Druck P_3 im Eintrittsströmungsweg der Abgasturbine gemessen oder anhand von anderen Messwerten modelliert werden. Zur Modellierung können dabei beispielsweise der Druck P_4 im Austrittsströmungsweg der Abgasturbine herangezogen und die Druckdifferenz über die Abgasturbine ($P_3 - P_4$) addiert werden. Vorzugsweise wird dabei diese Druckdifferenz über die Abgasturbine unter Verwendung der Werte von Abgasmassenstrom über die Abgasturbine, Turbinendrehzahl und Stellung der Anströmungsgeometrie (VTG-Stellung) modelliert.

In einer Variante der Erfindung wird der Druck P_4 im Austrittsströmungsweg der Abgasturbine gemessen oder anhand von Messwerten modelliert. Bei der Modellierung kann P_4 durch Addition des Umgebungsdruckes P_0 und der Druckdifferenz über das Abgasnachbehandlungssystem ($P_4 - P_0$) addiert werden. Vorzugsweise wird dabei diese Druckdifferenz über Abgasnachbehandlungssystem anhand von anderen Messwerten wie z.B. Temperatur im Austrittsströmungsweg, Abgasmassenstrom und Zustand der Abgasnachbehandlung (z.B. Beladung eines DPF) modelliert.

Damit kann das Verfahren mit geringem Materialaufwand in einer Steuereinheit der Brennkraftmaschine durchgeführt werden und Sensoren können teilweise entfallen.

Die Aufgabe der Erfindung lässt sich günstigerweise mit einer eingangs erwähnten Steuerungseinheit für eine Brennkraftmaschine zur Durchführung des oben beschriebenen Verfahrens lösen, wobei die Brennkraftmaschine zumindest eine

Abgasturbine mit variabler Anströmungsgeometrie aufweist und die Anströmungsgeometrie der Abgasturbine mit einem Steller über eine Regelgröße für den Betriebspunkt einer Abgasturbine einstellbar ist. Zur Ermittlung der Regelgröße ist/sind zumindest ein erster Druckaufnehmer in einer Ladeluftleitung und/oder zumindest ein zweiter Druckaufnehmer in einem Einlassströmungsweg der Abgasturbine und/oder zumindest ein dritter Druckaufnehmer in einem Auslassströmungsweg der Abgasturbine und/oder zumindest ein vierter Druckaufnehmer im Bereich der Umgebung der Brennkraftmaschine angeordnet.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand eines nicht einschränkenden Ausführungsbeispiels das in Figuren dargestellt ist, näher erläutert. Darin zeigen:

Fig. 1 eine Veranschaulichung der unerwünschten Ladedruckänderung durch Stellung der variablen Turbinenanströmungsgeometrie,
 Fig. 2 den Ladedruck über den Öffnungsgrad der variablen Turbinenanströmungsgeometrie,
 Fig. 3 die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren ermittelte Regelgröße, aufgetragen über dem Öffnungsgrad der variablen Turbinenanströmungsgeometrie, und
 Fig. 4 schematisch eine Brennkraftmaschine samt Steuereinheit für die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

In Fig. 1 sind exemplarisch der zeitliche Verlauf des Ladedruckes P_2 , der Einlassluftmassenstrom m_E , die Stellung S_{EGR} eines Abgasrückführventils und die Stellung S_{VGT} eines Stellers (nachfolgend auch VTG-Steller) der variablen Turbinenanströmungsgeometrie (VTG) aufgetragen. In Bereichen MP1 und MP2 erfolgt eine unerwünschte Änderung, insbesondere jeweils Abnahme (immer Änderung in negativer Richtung) des Ladedruckes P_2 durch Änderung der Stellung des VTG-Stellers sowohl in positiver als auch negativer Richtung.

Wie in Fig. 2 dargestellt ist weist der über den Öffnungsgrad OG der variablen Turbinenanströmungsgeometrie VGT aufgetragene Verlauf des Ladedruckes P_2 ein Maximum P_{2M} auf, bei dem maximale Verdichtungsleistung des Kompressors erzielt wird. Ein Wert von $OG=1,0$ bedeutet dabei, dass es kaum zu einer Strömungsbeeinflussung in der Anströmung der Abgasturbine 5 kommt, so dass dort Strömungsgeschwindigkeit und Druckabfall minimal sind. Geringe Werte von

OG bedeuten im Gegenzug hohe Strömungsgeschwindigkeiten und hohen Druckabfall.

Im in Fig. 2 dargestellten Beispiel tritt das erwähnte Maximum bei einem Öffnungsgrad OG von 0,4 auf. Die unerwünschte Änderung des Ladedruckes P_2 ist nun darauf zurückzuführen, dass es für einen Ladedruckwert – in Fig. 2 der Wert 1,5 – zwei Öffnungsstellungen OG beiderseits des Maximums P_{2M} gibt und deshalb kein eindeutiger Zustand für den Abgasturbolader eingestellt werden kann.

In Fig. 3 ist nun die Regelgröße NF über dem Öffnungsgrad OG der variablen Turbinengeometrie für verschiedene Stellungen des EGR-Ventils (20%, 25%, ...70%, 80% - in Fig. 3 jeweils vermerkt durch den entsprechenden Prozentwert) aufgetragen. Die zugehörige Brennkraftmaschinenanordnung 100 ist in Fig. 4 dargestellt.

Die Regelgröße NF setzt sich erfindungsgemäß aus dem Ladedruck P_2 und einem Korrekturfaktor K_F zusammen:

$$NF = K_F \cdot P_2.$$

Dieser Korrekturfaktor K_F wird aus dem umgekehrten Druckverhältnis über der Abgasturbine 5 gebildet. Dabei kommen der Druck P_3 im Eintrittsströmungsweg 4a der Abgasturbine 5 und zumindest ein Druckreferenzwert X nach folgendem Zusammenhang zum Einsatz: $K_F = (1/P_3) \cdot X$.

X kann dabei aus einem der folgende Werte gewählt werden: Druckwert auf Meeresniveau mit $X=1$ (entspricht 1 bar); Druck P_4 in einem Ausströmungsweg 4b der Abgasturbine mit $X=P_4$; Umgebungsdruck P_0 in der Umgebung der Brennkraftmaschinenanordnung 100.

Sowohl der Druck P_3 im Eintrittsströmungsweg 4a der Abgasturbine 5 als auch der Druck P_4 im Austrittsströmungsweg 4b der Abgasturbine 5 können dabei entweder direkt gemessen oder anhand anderer Messwerte modelliert werden.

Zur Modellierung des Drucks P_3 im Eintrittsströmungsweg 4a können dabei beispielsweise der bekannte Umgebungsdruck P_0 und/oder der Druck P_4 im Austrittsströmungsweg 4b herangezogen werden. P_3 wäre dann beispielsweise

P_4 + dem Druckabfall über die Abgasturbine 5, der anhand beispielsweise der Temperatur, dem Abgasmassenstrom über die Abgasturbine 5, Turbinendrehzahl und Position des VTG-Stellers ermittelt wird. Der Abgasmassenstrom wird dabei über die gemessenen Frischluft- und Kraftstoffmassen ermittelt.

Ähnlich kann der Druck P_4 aus dem Umgebungsdruck P_0 und dem Druckabfall über eine eventuell vorhandene Abgasnachbehandlungseinrichtung 15 modelliert werden.

Derartige Modellierungen sind dem Fachmann bekannt; jedenfalls ist nicht die Messung jedes der oben genannten Druckwerte von Nöten, um das erfindungsgemäße Verfahren durchführen zu können.

Im Detail ist der Korrekturfaktor K_F in einem Ausführungsbeispiel wie folgt definiert:

$$K_F = P_4 / P_3.$$

Wie aus Fig. 3 erkennbar ist, weist die Regelgröße NF über dem dargestellten Öffnungsgrad OG der variablen Turbinenanströmungsgeometrie VTG keine Extremwerte und einen stetigen Verlauf ohne Umkehrung des Vorzeichens auf. Somit ist NF viel besser als Regelgröße geeignet als der Ladedruck P_2 alleine.

Unter Verwendung der Regelgröße NF lässt sich – im Vergleich zu bekannten Verfahren, die sich nur auf den Ladedruck P_2 als Regelgröße stützen – eine viel einfachere und genauere Regelung der variablen Turbinengeometrie über den gesamten Betriebsbereich erreichen.

Die Regelgröße NF setzt sich aus dem Ladedruck P_2 , dem Druck P_3 im Eintrittsströmungsweg 4a der Abgasturbine 5 und dem Druck P_4 im Austrittsströmungsweg 4b der Abgasturbine 5 zusammen.

Fig. 4 zeigt schematisch eine Brennkraftmaschinenanordnung 100 mit Brennkraftmaschine 1 mit einem Einlassstrang 3 vor dem Verdichter 12, einer Ladeluftleitung 2 nach dem Verdichter 12, einer Abgasturbine 5 mit variabler Turbinenanströmungsgeometrie VTG, welche zusammen mit dem Verdichter 12 den Turbolader 6 (strichlierter Kasten um Abgasturbine 5 und Verdichter 12) darstellt und einem Auslassstrang 4. Die Turbinenanströmungsgeometrie und der zugehörige

VTG-Steller sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt. Im Einlassstrang 3 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel des Weiteren ein Luftfilter 14 und in der Ladeluftleitung 2 ein Ladeluftkühler 13 vorgesehen. Im Auslassstrang 4 ist stromabwärts der Abgasturbine eine nicht näher erläuterte Abgasnachbehandlungseinrichtung 15 angeordnet. Zwischen Eintrittsströmungsweg 4a der Abgasturbine und Ladeluftleitung 2 verläuft eine EGR-Leitung 10 mit einem EGR-Ventil 11.

Für die Messung des Ladedrucks P_2 , des Drucks P_3 im Eintrittsströmungsweg 4a der Abgasturbine 5 und des Drucks P_4 im Austrittsströmungsweg 4b der Abgasturbine 6 sind Druckaufnehmer 7, 8, 9 vorgesehen, welche mit einer elektronischen Steuerungseinheit ECU verbunden sind. Der erste Druckaufnehmer 7 ist in der Ladeluftleitung 2 angeordnet und misst den Ladedruck P_2 , der zweite Druckaufnehmer 8 zur Messung des Drucks P_3 ist im Eintrittsströmungsweg 4a und der dritte Druckaufnehmer 9 zur Messung des Drucks P_4 im Austrittsströmungsweg 4b angeordnet. Zusätzlich kann ein vierter Druckaufnehmer 16 vorgesehen sein, der den Umgebungsdruck P_0 in einer Umgebung der Brennkraftmaschinenanordnung außerhalb einer schematisch dargestellten Begrenzung 17 aufnimmt. Wie oben beschrieben sind nicht alle dargestellten Druckaufnehmer 7, 8, 9, 16 zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens notwendig.

Anstatt des dritten Druckaufnehmers 9 kann der Druck P_4 beispielsweise auch mit Hilfe der Messung des Umgebungsdruckes P_0 und der Modellierung und Messung des Druckabfalles über das nachgeschaltete Abgasnachbehandlungssystem 15 auch modelliert werden. Weiters kann anstatt des zweiten Druckaufnehmers 8 der Druck P_3 auch mit Hilfe von P_4 und dem modellierten Druckabfall über die Turbine berechnet werden.

Die Einstellung der Anströmgeometrie der Abgasturbine 5 und damit Regelung des Betriebspunktes der Abgasturbine 5 erfolgt dann über die Steuerungseinheit ECU, wie durch die strichlierte Linie zwischen Steuerungseinheit ECU und Turbolader 6 dargestellt ist. Weitere Regelungsstrecken wie beispielsweise des EGR-Ventils 11 sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zur Regelung des Betriebspunktes einer Abgasturbine (5) einer Brennkraftmaschine (1), wobei die Abgasturbine (5) eine variable Anströmungsgeometrie aufweist und die Anströmungsgeometrie mit einem Steller über eine Regelgröße (NF) für den Betriebspunkt eingestellt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelgröße (NF) eine Funktion des Ladedruckes P_2 in einer Ladeluftleitung (2) und eines Korrekturfaktors K_F ist, wobei gilt:

$$NF = K_F \cdot P_2$$

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Korrekturfaktor K_F eine Funktion des Verhältnisses des Drucks (P_3) in einem Eintrittsströmungsweg (4a) der Abgasturbine (5) und zumindest eines Druckreferenzwertes (X) ist, wobei gilt: $K_F = (1/P_3) \cdot X$.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckreferenzwert (X) aus einem der folgenden Werte gewählt wird: Druckwert auf Meeresniveau mit $X=1$; Druck (P_4) im Austrittsströmungsweg (4b) der Abgasturbine (5) ist mit $X=P_4$; Umgebungsdruck P_0 in der Umgebung der Brennkraftmaschine (1) mit $X=P_0$.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Druck (P_3) im Eintrittsströmungsweg (4a) der Abgasturbine (5) gemessen oder anhand von anderen Messwerten modelliert wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Druck (P_4) im Austrittsströmungsweg (4b) der Abgasturbine (5) gemessen oder anhand von anderen Messwerten modelliert wird.
6. Steuerungseinheit (ECU) für eine Brennkraftmaschine (1) mit zumindest einer Abgasturbine mit variabler Anströmungsgeometrie, wobei die Anströmungsgeometrie der Abgasturbine (5) mit einem Steller über eine Regelgröße (NF) für den Betriebspunkt einer Abgasturbine (5) einstellbar ist, zur Durchführung eines Verfahrens zur Regelung des Betriebspunktes der Abgasturbine (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet,

dass zur Ermittlung der Regelgröße (NF) zumindest ein erster Druckaufnehmer (7) in einer Ladeluftleitung (2) und/oder zumindest ein zweiter Druckaufnehmer (8) in einem Eintrittsströmungsweg (4a) der Abgasturbine (5) und/oder zumindest ein dritter Druckaufnehmer (9) in einem Austrittsströmungsweg (4b) der Abgasturbine (5) und/oder zumindest ein vierter Druckaufnehmer (16) im Bereich der Umgebung der Brennkraftmaschine (1) angeordnet ist/sind.

2015 03 30

Fu

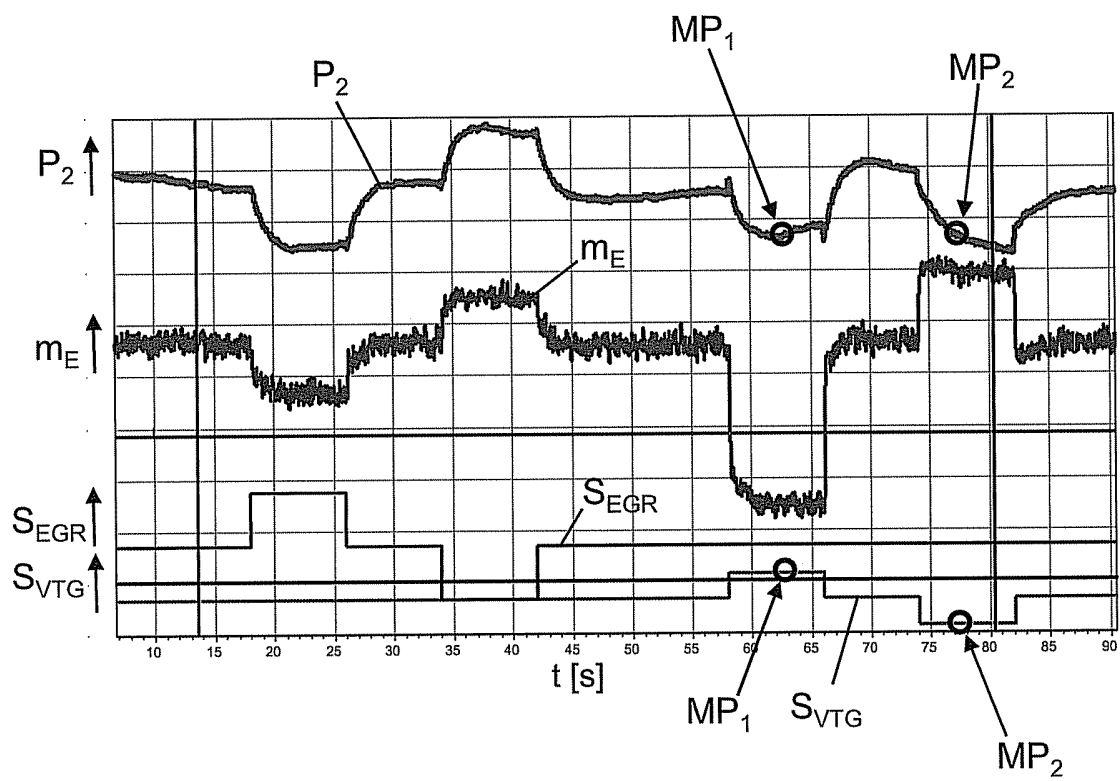


Fig. 1

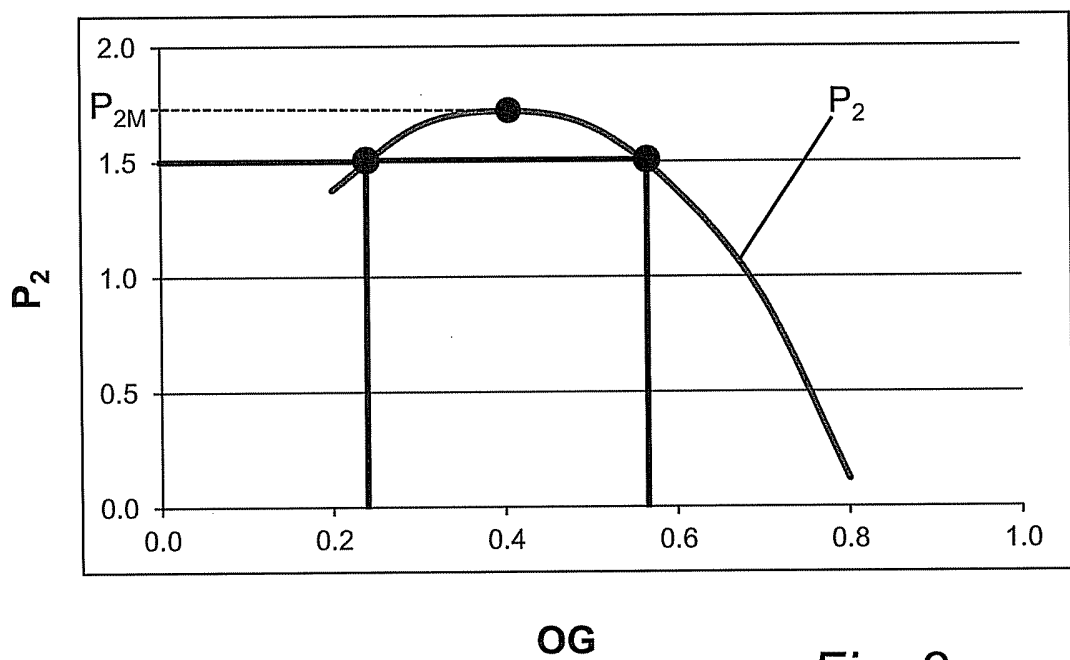
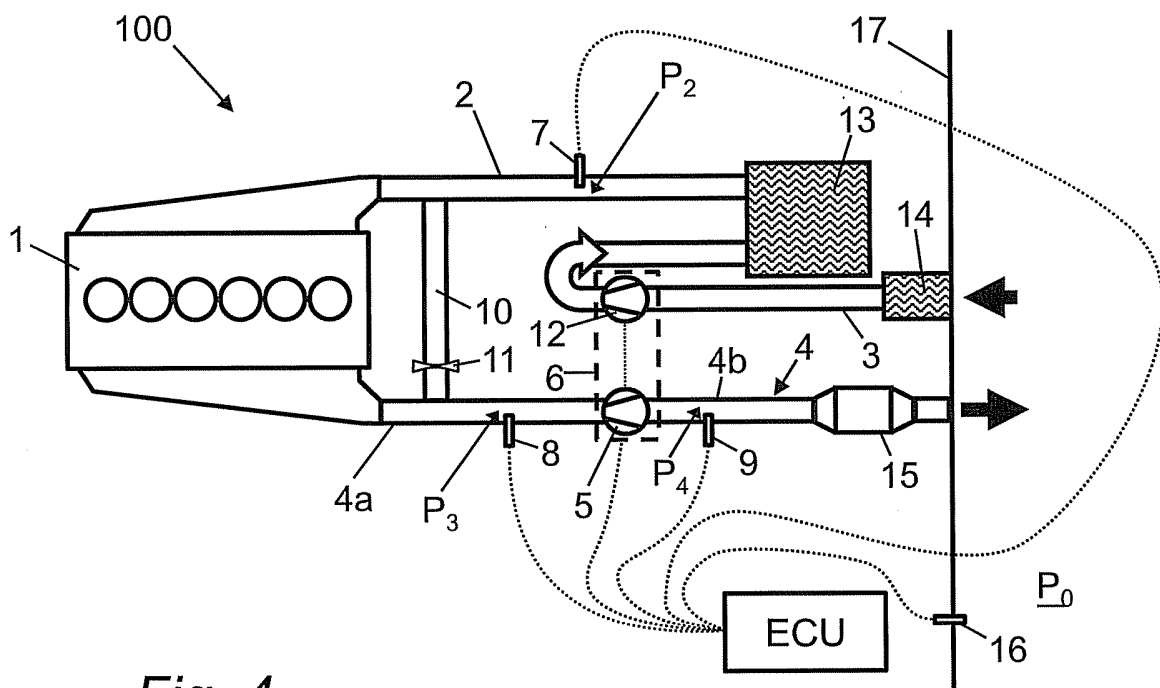
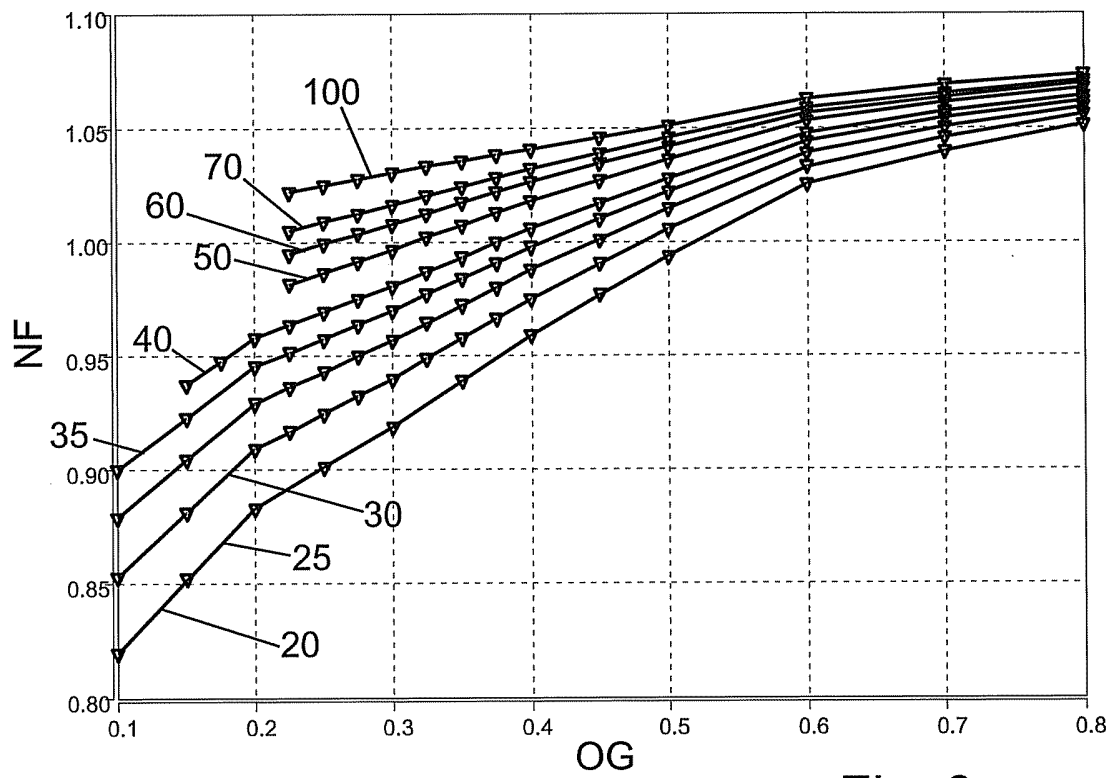


Fig. 2



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
F02D 41/00 (2006.01); **F02B 37/24** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
F02D 41/0007 (2013.01); **F02B 37/24** (2013.01); **Y02T 10/144** (2013.01)

Recherchierte Prüfstoff (Klassifikation):
F02D, F02B, Y02T

Konsultierte Online-Datenbank:
EPODOC, WPI

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **30.03.2015** eingereichten Ansprüchen **1-6** erstellt.

Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	EP 0901569 B1 (HOLSET ENGINEERING CO) 17. April 2002 (17.04.2002) Anspruch 1-3; Figur 1	1
A	Figur 1	2-6
A	EP 1529159 B1 (HONEYWELL INT INC) 11. Mai 2011 (11.05.2011) Ansprüche 1-3	1-6
A	US 5123246 A (YOUNESSI RAMIN et al.) 23. Juni 1992 (23.06.1992) Zusammenfassung	1-6

Datum der Beendigung der Recherche:
23.03.2016

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

KOVACS György

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.