

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges

Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales

Veröffentlichungsdatum

13. April 2017 (13.04.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2017/060073 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F02D 41/14 (2006.01) F02B 37/22 (2006.01)

F02B 37/18 (2006.01) F02D 41/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/072276

(22) Internationales Anmeldedatum:

20. September 2016 (20.09.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2015 219 459.0

8. Oktober 2015 (08.10.2015)

DE

(71) Anmelder: CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH

[DE/DE]; Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).

(72) Erfinder: BURKHARDT, Thomas; Rainstallweg 6f,

93073 Neutraubling (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für

jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,

DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für

jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: METHOD FOR OPERATING A TURBOCHARGER

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES TURBOLADERS

(57) Abstract: The invention relates to a method for operating a turbocharger of an internal combustion engine. A turbine pressure ratio of equivalent power is determined, for a correspondingly pulsing exhaust gas flow, on the basis of a physical/mathematical model, three characteristic maps being produced based on this model and the equivalent-power target turbine pressure ratio being determined for each operating point of the internal combustion engine using the values from these characteristic maps. Finally, an actuator is activated in order to tune the turbine pressure ratio to the target value that has been determined. This allows a particularly precise mode of operation to be achieved for the turbocharger.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zum Betreiben eines Turboladers einer Verbrennungskraftmaschine beschrieben. Ein leistungsäquivalentes Turbinendruckverhältnis bei entsprechend pulsierender Abgasströmung wird anhand eines physikalisch-mathematischen Modells ermittelt, wobei drei Kennfelder anhand dieses Modells erstellt werden und das leistungsäquivalente Soll-Turbinendruckverhältnis für den jeweiligen Betriebspunkt der Verbrennungskraftmaschine mittels der Werte aus diesen Kennfeldern ermittelt wird. Schließlich wird ein Aktuator zum Einregeln des Turbinendruckverhältnisses auf den ermittelten Sollwert angesteuert. Hierdurch lässt sich eine besonders exakte Betriebsweise des Turboladers erreichen.



WO 2017/060073 A1

Beschreibung

Verfahren zum Betreiben eines Turboladers

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Turboladers einer Verbrennungskraftmaschine.

Die meisten modernen Verbrennungsmotoren sind zur Leistungssteigerung gegenüber hubraumgleichen Saugmotoren mit Turboladern ausgestattet. Sowohl die Auswahl eines Turboladers mit seinen Komponenten Verdichter und Turbine für eine neue Motorenbaureihe als auch die Ansteuerung des Turboladers im Motorbetrieb basieren üblicherweise auf den vom Turboladerhersteller auf einem Turboladerprüfstand gemessenen Verdichter- und Turbinenkennfeldern.

Bei diesen Vermessungen am Turboladerprüfstand wird der Turbolader mit für jeden Betriebspunkt jeweils zeitlich konstanten Drücken, Temperaturen, Massenströmen, Laderdrehzahlen stationär betrieben. Die Betriebsbedingungen des Verdichters sind dabei am Turboladerprüfstand und am Motor sehr ähnlich. Infolgedessen können die am Turboladerprüfstand ermittelten Kennfelder direkt oder nur mit geringen Korrekturen aufgrund von Druck- und Temperaturmessungen am Motor zur Ansteuerung des Turboladers am Motor genutzt werden.

Die Betriebsbedingungen der Turbine am Turboladerprüfstand und Motor unterscheiden sich jedoch stark. Im Gegensatz zu den konstanten Drücken und Massenströmen am Turboladerprüfstand gibt es im Abgaskrümmer eines Motors bei hohen Lasten starke segmentsynchrone Druck-, Temperatur- und Massenstrompulsationen, die durch das Ausschieben des Abgases aus dem Zylinder angeregt werden. Die Turbine wechselt ständig ihren Betriebspunkt. Die wirkliche mittlere Turbinenleistung wird durch keinen in den

Turbinenkennfeldern beschriebenen stationären Punkt beschrieben. Die am Turboladerprüfstand vermessenen Turbinenkennfelder sind deshalb, anders als die Verdichterkennfelder, nicht direkt für die Ansteuerung des Motors nutzbar.

5

Die Pulsationen im Abgaskrümmer sind nur mithilfe schneller, teurer und für den Serieneinsatz nicht ausreichend robuster Messtechnik überhaupt genau messbar. Infolgedessen wird bisher sowohl im Motorsteuergerät als auch für konventionelle Messungen am Turbolader- und Motorprüfstand der Betriebspunkt der Turbine mithilfe zeitlich gefilterter Zustandsgrößen beschrieben, obwohl real alle Zustandsgrößen ständig segmentsynchron (im Zündabstand) schwingen.

10

15 Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betreiben eines Turboladers zur Verfügung zu stellen, das einen besonders exakten Betrieb des Turboladers ermöglicht.

20 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein entsprechendes Verfahren gelöst, das die folgenden Schritte umfasst:

Ermitteln eines leistungsäquivalenten reellen Turbinendruckverhältnisses bei entsprechend pulsierender Abgasströmung

25 anhand eines physikalisch-mathematischen Modells;

Erstellen von drei Kennfeldern „wirksamer Turbinenquerschnitt“, „Druckimpulshöhe“ und „Druckimpulsbreite“ jeweils in Abhängigkeit von Motordrehzahl N und Motormoment TQ anhand dieses

30 Modells;

Ermitteln des leistungsäquivalenten Soll-Turbinendruckverhältnisses für den jeweiligen Betriebspunkt der Verbrennungskraftmaschine mittels der Werte aus diesen Kennfeldern; und

Ansteuern eines Aktuators zum Einregeln des Turbinendruckverhältnisses auf den ermittelten Sollwert.

Kern des erfindungsgemäßen Verfahrens ist somit die Abschätzung der Turbinendruckverhältnispulsation und die Bestimmung eines für die Turboladerleistung relevanten leistungsäquivalenten Turbinendruckverhältnisses.

Das erfindungsgemäß verwendete Modell basiert auf einer vereinfachten Betrachtung eines Druckimpulses als Dreieckform und dessen Beschreibung mittels Druckimpulshöhe und Druckimpulsbreite.

Als Aktuator zum Einregeln des Turbinendruckverhältnisses auf den ermittelten Sollwert wird vorzugsweise der Aktuator eines Wastegates angesteuert. Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung wird der Aktuator eines VTG angesteuert.

Das leistungsäquivalente Soll-Turbinendruckverhältnis wird vorzugsweise mit einer aus dem erfindungsgemäß verwendeten Modell abgeleiteten Formel

$$\bar{\Pi}_{\text{tur,sp,sub}} = \Pi_{\text{bas,var}} + \frac{\Delta\varphi_{\text{imp}}(N, TQ_{\text{sp}}) \cdot \Delta\Pi_{\text{imp}}(N, TQ_{\text{sp}})}{2 \cdot \varphi_{\text{seg}}}$$

$\bar{\Pi}_{\text{tur,sp,sub}}$ = leistungsäquivalentes Soll-Turbinendruckverhältnis

$\Pi_{\text{bas,var}}$ = Druckverhältnispulsation

$\Delta\varphi_{\text{imp}}(N, TQ_{\text{sp}})$ = Druckimpulsbreite in Abhängigkeit von Motordrehzahl N und Motormoment TQ

$\Delta \pi_{\text{imp}}(N, TQ_{\text{sp}})$ = Druckimpulshöhe in Abhängigkeit von Motordrehzahl und Motormoment

φ_{seg} = Segmentlänge

5 bestimmt.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels beschrieben.

10 Es werden folgende Prüfstandsmessungen und Offlineberechnungen durchgeführt:

Der Motor wird am Motorprüfstand für viele stationäre Motorbetriebspunkte vermessen, die jeweils durch eine Kombination von Motordrehzahl N , Motormoment TQ und eventuell anderer Größen definiert werden. Im Ladebetrieb wird der Lastpunkt des Motors stationär durch einen Ladedruckregler zur Minimierung der Ladedruckregeldifferenz eingestellt – ein Turboladermodell ist dazu nicht nötig. Dabei werden mit konventionellen, über die Zeit mittelnden Sensoren alle Größen gemessen, die zur Berechnung der Turboladerleistung und -drehzahl benötigt werden. Online während der Prüfstandsmessung oder offline bei der Auswertung der Prüfstandsmessungen werden für jeden stationären Motorbetriebspunkt berechnet:

- 25
- Aus dem Verdichtermodell Turboladerleistung P_{tur} und -drehzahl N_{tur}
 - Die während eines Segments verrichtete Arbeit
- $$W_{\text{tur,seg}}(N, TQ) = P_{\text{tur}}(N, TQ) \cdot T_{\text{seg}}(N) \quad ((19))$$
- Mit T_{seg} -Segmentzeit

30 Damit sind für jeden Motorbetriebspunkt für spätere Auswertungen sowohl die den Motorbetriebspunkt charakterisierenden Größen Motordrehzahl N , Motormoment TQ und eventuelle andere Größen als

auch Turboladerleistung P_{tur} und -drehzahl N_{tur} und die während eines Segments verrichtete Arbeit $W_{tur,seg}$ bekannt.

Das Modell der an der Turbine verrichteten Arbeit für die n stationären Betriebspunkte bildet ein überbestimmtes lineares Gleichungssystem mit den 3 Variablen: Impulshöhe $\Delta \pi_{imp}$, Impulsbreite $\Delta \varphi_{imp}$ und wirksamer Turbinenquerschnitt A_{tur}

$$W_{tur,seg}(N_{tcha}, A_{tur}, p_4, T_3, p_3) = \omega \cdot \int_{\Phi=0^\circ}^{180^\circ} P_{tur}(\varphi) \cdot d\varphi \quad ((20))$$

mit der Turbinenleistung

$$\begin{aligned} p_{tur}(\varphi) &= \dot{m}_{tur}(\varphi) \cdot T_3(\varphi) \cdot c_p \cdot \left(1 - \left(\frac{p_4}{p_3(\varphi)} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right) \cdot \eta(\varphi) \\ &= \dot{m}_{tur}(\varphi) \cdot T_3(\varphi) \cdot c_p \cdot \left(1 - \left(\frac{p_4}{\pi_{tur}(\varphi)} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right) \cdot \eta(\varphi) \end{aligned} \quad ((21))$$

mit dem am Turboladerprüfstand ermittelten Turbinenwirkungsgrad

$$\eta(\varphi) = \eta(n_{tur}, \pi_{tur}(\varphi)) \quad ((22))$$

mit dem Turbinenmassenstrom

$$\dot{m}_{tur}(\varphi) = A_{tur} \cdot p_3(\varphi) \cdot \sqrt{\frac{2K}{(k-1) \cdot R \cdot T_3(\varphi)}} \cdot \Psi\left(\frac{p_4}{p_3(\varphi)}\right) \quad ((23))$$

$$= A_{tur} \cdot p_4 \cdot \pi_{tur}(\varphi) \cdot \sqrt{\frac{2K}{(k-1) \cdot R \cdot T_3(\varphi)}} \cdot \Psi\left(\frac{p_4}{p_3(\varphi)}\right)$$

mit der Abgastemperatur

$$T_3(\varphi) = \bar{T}_3 \cdot \left(\frac{\pi_{tur}(\varphi)}{\pi_{tur}} \right)^{\frac{k-1}{k}} \quad ((24))$$

Einsetzen von Gleichung ((23)) in ((21)) ergibt

$$\begin{aligned}
 p_{\text{tur}}(\varphi) &= \dot{m}_{\text{tur}}(\varphi) \cdot T_3(\varphi) \cdot c_p \cdot \left(1 - \left(\frac{1}{\pi_{\text{tur}}(\varphi)}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right) \cdot \eta(\varphi) \\
 &= A_{\text{tur}} \cdot p_4 \cdot c_p \cdot \sqrt{\frac{2K}{(k-1) \cdot R}} \cdot \sqrt{T_3(\varphi)} \cdot \Psi\left(\frac{1}{\pi_{\text{tur}}(\varphi)}\right) \cdot \pi_{\text{tur}}(\varphi) \\
 &\quad \cdot \left(1 - \left(\frac{1}{\pi_{\text{tur}}(\varphi)}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right) \cdot \eta(\varphi)
 \end{aligned}
 \tag{25}$$

Einsetzen von Gleichung ((24)) in ((25)) ergibt

5

$$\begin{aligned}
 P_{\text{tur}}(\varphi) &= A_{\text{tur}} \cdot p_4 \cdot c_p \cdot \sqrt{\frac{2k \cdot \bar{T}_3}{(k-1) \cdot R \cdot \pi_{\text{tur}}^{\frac{k-1}{k}}}} \cdot \pi_{\text{tur}}(\varphi)^{\frac{3k-1}{2k}} \cdot \Psi\left(\frac{1}{\pi_{\text{tur}}(\varphi)}\right) \\
 &\quad \cdot \left(1 - \left(\frac{1}{\pi_{\text{tur}}(\varphi)}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right) \cdot \eta(\varphi)
 \end{aligned}
 \tag{26}$$

$$\begin{aligned}
 &= A_{\text{tur}} \cdot p_4 \cdot c_p \cdot \sqrt{\frac{2k \cdot \bar{T}_3}{(k-1) \cdot R \cdot \pi_{\text{tur}}^{\frac{k-1}{k}}}} \cdot \Psi\left(\frac{1}{\pi_{\text{tur}}(\varphi)}\right) \cdot \\
 &\quad \left(\pi_{\text{tur}}(\varphi)^{\frac{3k-1}{2k}} - \pi_{\text{tur}}(\varphi)^{\frac{k+1}{2k}}\right) \cdot \eta(\varphi)
 \end{aligned}$$

Einsetzen von Gleichung ((22)) in ((26)) ergibt die Turbinenleistung als Produkt einer kurbelwinkelunabhängigen Leistung $P_{\text{tur},0}$ und eines kurbelwinkelabhängigen Faktors $A(\varphi)$

10

$$\begin{aligned}
P_{tur}(\varphi) &= A_{tur} \cdot p_4 \cdot c_p \cdot \sqrt{\frac{2k \cdot \bar{T}_3}{(k-1) \cdot R \cdot \pi_{tur}^{\frac{k-1}{k}}}} \cdot \\
&\quad \Psi\left(\frac{1}{\pi_{tur}(\varphi)}\right) \cdot (\pi_{tur}(\varphi)^{\frac{3k-1}{2k}} - \pi_{tur}(\varphi)^{\frac{k+1}{2k}}) \cdot \eta(n_{tur}, \pi_{tur}(\varphi)) \\
&\quad \quad \quad ((27)) \\
&= P_{tur,0}(N, TQ) \cdot A(\varphi)
\end{aligned}$$

Die kurbelwinkelunabhängige Leistung $P_{tur,0}(N, TQ)$ ist für jeden stationären Betriebspunkt ein bekannter Festwert. Die in diesem Betriebspunkt während eines Segments von der Turbine geleistete Arbeit ist aus Gleichung ((19)) bekannt und beträgt nach Gleichung ((20)) und ((27))

$$W_{tur,seg}(N, TQ) = \omega \cdot P_{tur,0}(N, TQ) \int_{\varphi=0^\circ}^{180^\circ} A(\varphi) \cdot d\varphi \quad ((28))$$

Für n vermessene stationäre Betriebspunkte ergeben sich n Gleichungen der Form ((28)) mit den drei Unbekannten wirksamer Turbinenquerschnitt A_{tur} , Druckimpulshöhe $\Delta \pi_{imp}$ und Druckimpulsbreite $\Delta \varphi_{imp}$.

Diese Unbekannten werden als 3 Kennfelder $\Delta \pi_{imp}(N, TQ)$, $\Delta \varphi_{imp}(N, TQ)$, $A_{tur}(N, TQ)$ über die den Motorbetriebspunkt beschreibenden Größen Motordrehzahl N und Motormoment TQ aufgespannt und offline so optimiert, dass sie die für jeden Motorbetriebspunkt aus dem Verdichtermodell berechnete Arbeit an der Turbine möglichst gut annähern.

Damit ist für jeden Motorbetriebspunkt der Verlauf der momentanen Turbinenleistung als Funktion des Kurbelwinkels definiert. Das Intervall der größten Arbeit, d. h. die Breite des Kurbelwinkelintervalls um die Druckspitze $\varphi_{60\%}$, in dem 60% der Arbeit

verrichtet werden, ist damit definiert und kann ebenfalls als Kennfeld $\varphi_{60\%}(T, TQ)$ abgelegt werden.

Im Fahrzeugbetrieb werden folgende Onlineberechnungen durchgeführt:

Während des normalen Betriebs im Fahrzeug soll der Motor bei einer aktuellen Motordrehzahl N ein gefordertes Drehmoment TQ_{sp} abgeben. Die zeitlich gemittelte Soll-Turboladerdrehzahl $N_{tur,sp}$ und Soll-Turboladerleistung $P_{tur,sp}$ werden im Motorsteuergerät aus dem Verdichtermodell aktuell bestimmt. Turbinenquerschnitt A_{tur} , Druckimpulshöhe $\Delta\pi_{imp}$ und Druckimpulsbreite $\Delta\varphi_{imp}$ sind als Kennfelder $A_{tur}(N, TQ)$, $\Delta\pi_{imp}(N, TQ)$ und $\Delta\varphi_{imp}(N, TQ)$ abgelegt und bekannt. Abgastemperatur T_3 und Abgasdruck nach Turbine p_4 sind bekannt.

Für den aktuellen Motorbetriebspunkt wird aus dem Verdichtermodell für aktuellen Soll-Ladedruck und Soll-Massenstrom durch den Verdichter die Soll-Leistung und Soll-Drehzahl des Turboladers und daraus nach Gleichung ((19)) die Soll-Turbinenarbeit während eines Segments bestimmt

$$\dot{W}_{tur,seg,sp} = P_{tur,sp} \cdot T_{seg}(N) \quad ((29))$$

In der Motorsteuerung ist das zeitlich gemittelte Soll-Turbinendruckverhältnis $\pi_{tur,sp,k-1}$ aus dem vorhergehenden Zeitpunkt bekannt. Daraus wird die Basis der Druckverhältnispulsation für den aktuellen Zeitpunkt geschätzt

$$\pi_{bas} = \pi_{tur,sp,n-1} - \frac{\Delta\varphi_{imp}(N, TQ_{sp}) \cdot \Delta\pi_{imp}(N, TQ_{sp})}{2 \cdot \varphi_{seg}} \quad ((30))$$

Das Intervall der größten Arbeit, d. h. der π_{tur} -Bereich, in dem 60 % der Arbeit geleistet werden, ist begrenzt nach oben durch

das Maximaldruckverhältnis $\pi_{bas} + \Delta\pi_{imp}$ bei Winkel $\varphi_{\pi_{bas} + \Delta\pi_{imp}}$ und nach unten durch das Druckverhältnis $\frac{1}{2}\varphi_{60\%}$ vor und nach dem Maximaldruckverhältnis bei Winkel $\varphi_{\pi_{bas} + \Delta\pi_{imp}} \pm \frac{1}{2}\varphi_{60\%}$. Dieser π_{tur} -Bereich wird in jedem Segment real doppelt durchfahren
 5 (steigend und fallend: $\pi_{bas} \rightarrow \pi_{bas} + \Delta\pi_{imp} \rightarrow \pi_{bas}$).

Für mindestens 3 Winkel $\varphi_{\pi_{bas} + \Delta\pi_{imp}} - \frac{1}{2}\varphi_{60\%}$, $\varphi_{\pi_{bas} + \Delta\pi_{imp}}$, $\varphi_{\pi_{bas} + \Delta\pi_{imp}} + \frac{1}{2}\varphi_{60\%}$ wird unter Verwendung der abgelegten Kennfelder $\Delta\pi_{imp}(N, TQ)$, $\Delta\varphi_{imp}(N, TQ)$, $A_{tur}(N, TQ)$ nach Gleichungen ((20 ff)) die
 10 momentane Turbinenleistung bestimmt, daraus aufintegriert die während des Intervalls der größten Arbeit geleistete Arbeit, *1/60% ergibt die Schätzung der während des Segments geleisteten Arbeit $W_{tur, seg, estim}(\pi_{bas})$.

15 Diese Berechnung wird unter Variation der Basis der Druckverhältnispulsation π_{bas} zu $\pi_{bas, var}$ so oft wiederholt, bis die geschätzte Arbeit $W_{tur, seg, estim}(\pi_{bas, var})$ gleich der Soll-Turbinenarbeit während eines Segments $W_{tur, seg, sp}$ nach der Gleichung ((29)) ist. Für diesen Soll-Betriebspunkt ergibt sich
 20 das leistungsäquivalente Soll-Turbinendruckverhältnis

$$\pi_{tur, sp, sub} = \pi_{bas, var} + \frac{\Delta\varphi_{imp}(N, TQ_{sp}) \cdot \Delta\pi_{imp}(N, TQ_{sp})}{2 \cdot \varphi_{seg}}, \quad ((31))$$

25 mit dem die vermessenen Turbinenkennfelder direkt zur Ansteuerung der Turbine genutzt werden können und im Motorbetrieb mit Abgasdruckpulsationen die geforderte Turbinenleistung erzeugen.

30 Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt es somit, die vom Turboladerhersteller üblicherweise zur Verfügung gestellten Turbinenkennfelder eines Turboladers direkt zur Ansteuerung des

Turboladers im Fahrzeugbetrieb zu nutzen und minimiert den zeitlichen Aufwand bei der Bedienung des Motorsteuergerätes.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Turboladers einer Verbrennungskraftmaschine mit den folgenden Schritten:

5

Ermitteln eines leistungsäquivalenten reellen Turbinendruckverhältnisses bei entsprechend pulsierender Abgasströmung anhand eines physikalisch-mathematischen Modells;

10

Erstellen von drei Kennfeldern „wirksamer Turbinenquerschnitt“, „Druckimpulshöhe“ und „Druckimpulsbreite“ jeweils in Abhängigkeit von Motordrehzahl N und Motormoment TQ anhand dieses Modells;

15

Ermitteln des leistungsäquivalenten Soll-Turbinendruckverhältnisses für den jeweiligen Betriebspunkt der Verbrennungskraftmaschine mittels der Werte aus diesen Kennfeldern; und

20

Ansteuern eines Aktuators zum Einregeln des Turbinendruckverhältnisses auf den ermittelten Sollwert.

25

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Aktuator eines Wastegates angesteuert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Aktuator eines VTG angesteuert wird.

30

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mit einer aus dem Modell abgeleiteten Formel

$$\Pi_{\text{tur,sp,sub}} = \Pi_{\text{bas,var}} + \frac{\Delta\varphi_{\text{imp}}(N, TQ_{\text{sp}}) \cdot \Delta\Pi_{\text{imp}}(N, TQ_{\text{sp}})}{2 \cdot \varphi_{\text{seg}}}$$

5 das leistungsäquivalente Soll-Turbinendruckverhältnis
ermittelt wird, worin bedeuten:

10 $\Pi_{\text{tur,sp,sub}}$ = leistungsäquivalentes Soll-Turbinendruckverhältnis

$\Pi_{\text{bas,var}}$ = Druckverhältnispulsation

15 $\Delta\varphi_{\text{imp}}(N, TQ_{\text{sp}})$ = Druckimpulsbreite in Abhängigkeit
von Motordrehzahl N und Motormoment TQ

$\Delta\Pi_{\text{imp}}(N, TQ_{\text{sp}})$ = Druckimpulshöhe in Abhängigkeit
von Motordrehzahl und Motormoment

20 φ_{seg} = Segmentlänge

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/072276

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02D41/14 F02B37/18 F02B37/22 F02D41/00
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F02D F02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	FR 2 953 253 A1 (RENAULT SA [FR]) 3 June 2011 (2011-06-03) page 2, lines 30-33 page 4, lines 17-29 page 5, lines 11-33 page 6, lines 9-22; figure 3 -----	1-3
Y	EP 2 305 959 A2 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 6 April 2011 (2011-04-06)	1-3
A	paragraphs [0001] - [0004], [0013] - [0014], [0017], [0020], [0057] -----	4
A	EP 2 703 626 A2 (TOYOTA JIDOSHOKKI KK [JP]) 5 March 2014 (2014-03-05) paragraphs [0002], [0004], [0008] - [0010], [0028] - [0029] ----- -/-	1-3



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 November 2016

Date of mailing of the international search report

07/12/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ducloyer, Stéphane

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/072276

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 882 576 A1 (RENAULT SAS [FR]) 1 September 2006 (2006-09-01) page 1, lines 1-6, 17-23 page 4, lines 10-25 page 6, lines 12-24 page 10, line 21 - page 11, line 8; figure 2 page 19, lines 7-10 -----	1-3
A	DE 10 2008 031274 B3 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 22 October 2009 (2009-10-22) paragraphs [0001] - [0008], [0014], [0070] - [0075]; figures 9-10 -----	1-4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/072276

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2953253	A1	03-06-2011	CN 102770646 A 07-11-2012
			EP 2507494 A1 10-10-2012
			FR 2953253 A1 03-06-2011
			WO 2011067491 A1 09-06-2011
EP 2305959	A2	06-04-2011	DE 102009041541 B3 07-04-2011
			EP 2305959 A2 06-04-2011
EP 2703626	A2	05-03-2014	CN 103670684 A 26-03-2014
			EP 2703626 A2 05-03-2014
			JP 5994487 B2 21-09-2016
			JP 2014043829 A 13-03-2014
			KR 20140029195 A 10-03-2014
			US 2014060042 A1 06-03-2014
FR 2882576	A1	01-09-2006	EP 1856390 A1 21-11-2007
			FR 2882576 A1 01-09-2006
			WO 2006092527 A1 08-09-2006
DE 102008031274	B3	22-10-2009	NONE

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F02D41/14 F02B37/18 F02B37/22 F02D41/00
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 F02D F02B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	FR 2 953 253 A1 (RENAULT SA [FR]) 3. Juni 2011 (2011-06-03) Seite 2, Zeilen 30-33 Seite 4, Zeilen 17-29 Seite 5, Zeilen 11-33 Seite 6, Zeilen 9-22; Abbildung 3 -----	1-3
Y	EP 2 305 959 A2 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 6. April 2011 (2011-04-06)	1-3
A	Absätze [0001] - [0004], [0013] - [0014], [0017], [0020], [0057] -----	4
A	EP 2 703 626 A2 (TOYOTA JIDOSHOKKI KK [JP]) 5. März 2014 (2014-03-05) Absätze [0002], [0004], [0008] - [0010], [0028] - [0029] ----- -/-	1-3



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

30. November 2016

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

07/12/2016

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Ducloyer, Stéphane

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	FR 2 882 576 A1 (RENAULT SAS [FR]) 1. September 2006 (2006-09-01) Seite 1, Zeilen 1-6, 17-23 Seite 4, Zeilen 10-25 Seite 6, Zeilen 12-24 Seite 10, Zeile 21 - Seite 11, Zeile 8; Abbildung 2 Seite 19, Zeilen 7-10 -----	1-3
A	DE 10 2008 031274 B3 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 22. Oktober 2009 (2009-10-22) Absätze [0001] - [0008], [0014], [0070] - [0075]; Abbildungen 9-10 -----	1-4

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/072276

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
FR 2953253	A1	03-06-2011	CN 102770646 A 07-11-2012
			EP 2507494 A1 10-10-2012
			FR 2953253 A1 03-06-2011
			WO 2011067491 A1 09-06-2011
EP 2305959	A2	06-04-2011	DE 102009041541 B3 07-04-2011
			EP 2305959 A2 06-04-2011
EP 2703626	A2	05-03-2014	CN 103670684 A 26-03-2014
			EP 2703626 A2 05-03-2014
			JP 5994487 B2 21-09-2016
			JP 2014043829 A 13-03-2014
			KR 20140029195 A 10-03-2014
			US 2014060042 A1 06-03-2014
FR 2882576	A1	01-09-2006	EP 1856390 A1 21-11-2007
			FR 2882576 A1 01-09-2006
			WO 2006092527 A1 08-09-2006
DE 102008031274	B3	22-10-2009	KEINE