

(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
31. August 2017 (31.08.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/144268 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F02B 75/00 (2006.01) F02D 41/22 (2006.01)
F02D 15/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/052659

(22) Internationales Anmeldedatum:
7. Februar 2017 (07.02.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 203 133.3
26. Februar 2016 (26.02.2016) DE

(71) Anmelder: CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH
[DE/DE]; Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).

(72) Erfinder: DELP, Matthias; Kurt-Schumacher-Straße 13,
93077 Bad Abbach (DE). WEBER, Axel; Lusenstr. 13a,
93083 Obertraubling (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, DJ, 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, KH,
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).

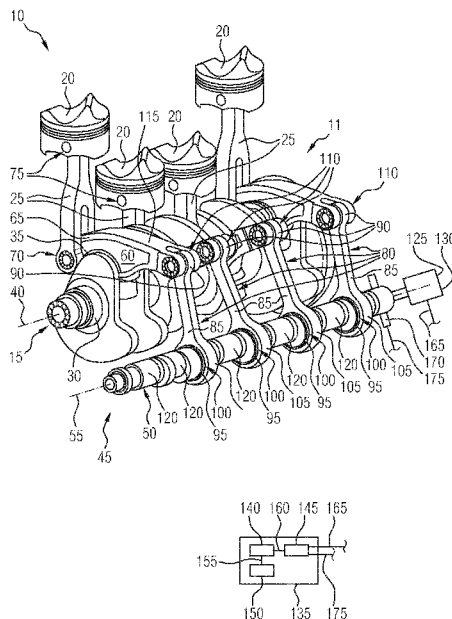
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: OPERATING METHOD AND INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung : BETRIEBSVERFAHREN UND BRENNKRAFTMASCHINE

FIG 1



(57) Abstract: The invention relates to an operating method for an internal combustion engine and to an internal combustion engine, wherein a predefined rotation angle of an eccentric shaft for controlling a compression in a cylinder of the internal combustion engine is ascertained on the basis of an operating state of the internal combustion engine, wherein an eccentric shaft drive rotates the eccentric shaft to such an extent that an eccentric shaft stop stops against a first stationary stop face, wherein, when the eccentric shaft stop stops against the stationary first stop, a stop angle of the eccentric shaft is detected, wherein an operating parameter of the eccentric shaft drive is ascertained on the basis of the predefined rotation angle and the stop angle, wherein the eccentric shaft drive is rotated on the basis of the operating parameter.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft Betriebsverfahren für eine Brennkraftmaschine und eine Brennkraftmaschine, wobei auf Grundlage eines Betriebszustands der Brennkraftmaschine ein vordefinierter Verdrehwinkel einer Exzenterwelle zur Steuerung einer Verdichtung in einem Zylinder der Brennkraftmaschine ermittelt wird, wobei ein Exzenterwellenantrieb die Exzenterwelle so weit verdreht, dass ein Exzenterwellenanschlag an einer ersten stationären Anschlagfläche anschlägt, wobei bei Anschlagen des Exzenterwellenanschlags an dem stationären ersten Anschlag ein Anschlagswinkel der Exzenterwelle erfasst wird, wobei auf Grundlage des vordefinierten Verdrehwinkels und des Anschlagswinkels ein Betriebsparameter des Exzenterwellenantriebs ermittelt wird, wobei auf Grundlage des Betriebsparameters der Exzenterwellenantrieb verdreht wird.

Beschreibung

Betriebsverfahren und Brennkraftmaschine

- 5 Die Erfindung betrifft ein Betriebsverfahren gemäß Patentanspruch 1 und eine Brennkraftmaschine gemäß Patentanspruch 6.

Aus der DE 10 2012 001 648 B4 ist ein Mehrgelenkskurbeltrieb einer Brennkraftmaschine mit einer Mehrzahl von drehbar auf Hubzapfen einer Kurbelwelle gelagerten Koppelgliedern und einer Mehrzahl von drehbar auf Hubzapfen einer Exzenterwelle gelagerten Anlenkpleuel bekannt, wobei jedes der Koppelglieder schwenkbar um einen Kolbenpleuel eines Kolbens der Brennkraftmaschine und einem der Anlenkpleuel verbunden ist, wobei die Exzenterwelle als
10 gebaute Welle vorliegt und ein Trägerrohr, wenigstens einen zu einer Drehachse der Exzenterwelle exzentrisch getrennt vom Trägerrohr ausgebildeten Hubzapfen sowie zumindest ein getrennt von dem Trägerrohr ausgebildetes Getriebeelement aufweist.

- 20 Es ist Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes Betriebsverfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine und eine verbesserte Brennkraftmaschine bereitzustellen.

Diese Aufgabe wird mittels eines Betriebsverfahrens gemäß
25 Patentanspruch 1 und mittels einer Brennkraftmaschine gemäß Patentanspruch 6 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Es wurde erkannt, dass ein verbessertes Betriebsverfahren für
30 eine Brennkraftmaschine dadurch bereitgestellt werden kann, wobei auf Grundlage eines Betriebszustands der Brennkraftmaschine ein vordefinierter Verdrehwinkel einer Exzenterwelle zur Steuerung einer Verdichtung in einem Zylinder der Brennkraftmaschine ermittelt wird, wobei ein Exzenterwellenantrieb
35 die Exzenterwelle so weit verdreht, dass ein Exzenterwellenanschlag an einer ersten stationären Anschlagsfläche anschlägt, wobei bei Anschlagen des Exzenterwellenantriebs am stationären Anschlag ein Anschlagswinkel der Exzenterwelle erfasst wird,

wobei auf Grundlage des vordefinierten Verdrehwinkels und des Anschlagswinkels ein Betriebsparameter des Exzenterwellenantriebs ermittelt wird, wobei auf Grundlage des Betriebsparameters der Exzenterwellenantrieb verdreht wird.

5

Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, dass auf einen Exzenterwellensensor zur Bestimmung des Verdrehwinkels der Exzenterwelle verzichtet werden kann. Dadurch kann die Brennkraftmaschine besonders kostengünstig ausgebildet werden.

10

In einer weiteren Ausführungsform wird eine Funktionsfähigkeit eines Exzenterwellensensors zur Erfassung eines Verdrehwinkels der Exzenterwelle der Brennkraftmaschine überprüft, wobei ausschließlich bei Ausfall der Funktionsfähigkeit des Exzenterwellensensors das Betriebsverfahren, das wie oben beschrieben ausgebildet ist, durchgeführt wird. Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, dass eine Notlaufeigenschaft der Brennkraftmaschine sichergestellt wird und im Regulärbetrieb der Exzenterwellensensor zur Bestimmung des Verdrehwinkels der Exzenterwelle genutzt werden kann.

15

20

In einer weiteren Ausführungsform wird bei Bestimmung des Betriebsparameters ein Polwechselverhalten einer elektrischen Maschine des Exzenterwellenantriebs und/oder ein Sensorsignal einer Sensorik des Exzenterwellenantriebs berücksichtigt.

25

In einer weiteren Ausführungsform wird der Exzenterwellenantrieb auf Grundlage eines weiteren Betriebsparameters wenigstens als Stellgröße und als Sollwert der Betriebsparameter als Sollwert verwendet.

30

In einer weiteren Ausführungsform wird der Betriebsparameter auf Grundlage eines Kennfelds und/oder einer mathematischen Funktion und/oder eines Algorithmus ermittelt.

35

In einer weiteren Ausführungsform umfasst die Brennkraftmaschine einen Verstelltrieb, einen Kolben und wenigstens einem Brennraum, wobei der Kolben einen Brennraum zumindest ab-

schnittweise begrenzt, wobei der Verstelltrieb ausgebildet ist, zumindest eine Verdichtung in dem Brennraum zu verändern, wobei der Verstelltrieb wenigstens eine Exzenterwelle umfasst, wobei die Exzenterwelle drehbar um eine Exzenterwellendrehachse
5 gelagert ist, wobei die Exzenterwelle einen ersten Exzenterwellenanschlag, einen zweiten Exzenterwellenanschlag und eine Steuerkurve aufweist, wobei die Steuerkurve an ihren Enden jeweils durch den ersten Exzenterwellenanschlag und den zweiten Exzenterwellenanschlag begrenzt wird, wobei die Steuerkurve ein
10 globales Kurvenminimum aufweist, wobei bei einer Projektion der Steuerkurve, des ersten Exzenterwellenanschlags und des zweiten Exzenterwellenanschlags in axialer Richtung bezogen auf die Exzenterwellendrehachse in eine Drehebene das globale Kurvenminimum beabstandet zu dem ersten Exzenterwellenanschlag und
15 dem zweiten Exzenterwellenanschlag angeordnet ist.

Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, dass die Brennkraftmaschine auch im Betrieb an den Anschlägen zuverlässig betrieben werden kann.

20 In einer weiteren Ausführungsform weist die Steuerkurve ein lokales Kurvenmaximum auf. Das lokale Kurvenmaximum ist in Umfangsrichtung angrenzend zu dem ersten Exzenterwellenanschlag angeordnet.

25 In einer weiteren Ausführungsform weist die Steuerkurve ein globales Kurvenmaximum auf. Das globale Kurvenmaximum ist in Umfangsrichtung angrenzend an den zweiten Exzenterwellenanschlag angeordnet.

30 In einer weiteren Ausführungsform weist die Steuerkurve einen ersten Abschnitt und wenigstens einen zweiten Abschnitt auf, wobei der erste Abschnitt in Umfangsrichtung zwischen dem ersten Exzenterwellenanschlag und dem globalen Kurvenminimum und der
35 zweite Abschnitt in Umfangsrichtung zwischen dem globalen Kurvenminimum und dem zweiten Exzenterwellenanschlag angeordnet ist. Der erste Abschnitt und der zweite Abschnitt grenzen jeweils an das globale Kurvenminimum an. Der erste Abschnitt und der

zweite Abschnitt sind achsensymmetrisch bezüglich einer Symmetrieachse durch das globale Kurvenminimum ausgebildet.

In einer weiteren Ausführungsform weist der Verstelltrieb einen
5 Exzenterwellenantrieb und ein Steuergerät auf. Der Exzenterwellenantrieb ist mit dem Steuergerät elektrisch und mit der Exzenterwelle drehmomentschlüssig verbunden. Die Brennkraftmaschine weist eine erste stationäre Anschlagsfläche und eine zweite stationäre Anschlagsfläche auf. Das Steuergerät ist
10 ausgebildet, die Brennkraftmaschine wie oben beschrieben anzusteuern.

In einer weiteren Ausführungsform weist der Exzenterwellenantrieb eine elektrische Maschine, vorzugsweise einen bürstenlosen Gleichstrommotor, und das Steuergerät eine Steuer-
15 einrichtung und einen Regler auf. Der Regler ist mit der elektrischen Maschine gekoppelt. Die Steuereinrichtung übergibt den Betriebsparameter dem Regler als Sollwert. Der Regler ausgebildet ist, auf Grundlage des Sollwerts die elektrische
20 Maschine mittels wenigstens eines weiteren Betriebsparameters derart zu regeln, dass die Exzenterwelle um den vordefinierten Verdrehwinkel verdreht wird. Dadurch kann der Exzenterwellenantrieb sensorlos gesteuert werden.

25 Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden,
30 wobei

Figur 1 eine perspektivische Ansicht eines Ausschnitts einer Brennkraftmaschine;

35 Figur 2 einen Längsschnitt durch eine in Figur 1 gezeigte Exzenterwelle;

Figur 3 eine Schnittansicht entlang einer in Figur 2 gezeigten Schnittebene A-A durch eine in Figur 2 gezeigte Exzenterwelle;

5 Figur 4 ein Diagramm der Steuerkurve aufgetragen über dem Verdrehwinkel φ der Exzenterwelle; und

Figur 5 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zur Steuerung der in den Figuren 1 bis 4 beschriebenen Brennkraftmaschine
10 zeigen.

Figur 1 zeigt eine perspektivische Ansicht eines Teils einer Brennkraftmaschine 10, welche beispielhaft als Reihenbrennkraftmaschine, insbesondere als Viertakt-Vierzylinder-Reihenbrennkraftmaschine, ausgebildet ist. Selbstverständlich kann die Brennkraftmaschine 10 auch andersartig ausgebildet sein.

20 Die Brennkraftmaschine 10 umfasst einen Mehrgelenkskurbeltrieb 11, eine Kurbelwelle 15 und beispielhaft vier Kolben 20, von denen jeder in einem von vier nicht dargestellten Zylindern der Brennkraftmaschine 10 beweglich gelagert ist. Die Kurbelwelle 15 ist beispielhaft durch nicht dargestellte Wellenlager eines ebenfalls nicht dargestellten Zylinderkurbelgehäuses der Brennkraftmaschine 10 drehbar gelagert und weist in der Ausführungsform beispielhaft mehrere zur Lagerung dienende zentrisch angeordnete Wellenzapfen 30 sowie korrespondierend zur Anzahl der Kolben 20 vorgesehene erste Hubzapfen 35 (von denen
30 in Figur 1 jeweils nur einer sichtbar ist) auf, deren Längsmittelachsen in unterschiedlichen Winkelausrichtungen parallel zu einer Drehachse 40, um die die Kurbelwelle 15 drehbar ist, versetzt sind.

35 Der Mehrgelenkskurbeltrieb 11 weist beispielhaft für jeden Kolben 20 jeweils ein Kolbenpleuel 25 und ein Koppelglied 60 auf. Das Koppelglied 60 ist jeweils auf einem der ersten Hubzapfen 35 der Kurbelwelle 15 drehbar gelagert. Jedes der Koppelglieder 60

weist einen Hubarm 65 auf, der vorzugsweise in einer Drehebene zu der Drehachse 40 angeordnet ist. Der Hubarm 65 ist über ein erstes Schwenkgelenk 70 schwenkbar mit einem unteren Ende des Kolbenpleuels 25 verbunden. Ein oberes Ende des jeweiligen
5 Kolbenpleuels 25 ist über ein zweites Schwenkgelenk 75 mit dem Kolben 20 verbunden. Insgesamt ist also jeder der Kolben 20 durch das jeweilige Kolbenpleuel 25 und das jeweilige Koppelglied 60 mit der Kurbelwelle 15 verbunden.

10 Die Brennkraftmaschine 10 umfasst ferner einen Verstelltrieb 45. Der Verstelltrieb 45 umfasst eine Exzenterwelle 50, die bevorzugterweise parallel zur Drehachse 40 angeordnet ist und um eine Exzenterwellendrehachse 55 drehbar ist. Die Exzenterwelle 50 ist beispielhaft neben der Kurbelwelle 15 sowie etwas un-
15 terhalb von dieser im Zylinderkurbelgehäuse drehbar gelagert und mit der Kurbelwelle 15 drehmomentschlüssig gekoppelt.

Der Verstelltrieb 45 umfasst weiter eine der Anzahl der Kolbenpleuel 25 und der Koppelglieder 60 entsprechende Anzahl von
20 Anlenkpleuel 80. Diese sind beispielhaft ungefähr parallel zu dem Kolbenpleuel 25 ausgerichtet und in axialer Richtung der Kurbelwelle 15 und der Exzenterwelle 50 jeweils in etwa derselben Drehebene wie das zugehörige Kolbenpleuel 25, jedoch auf entgegengesetzter Seite der Kurbelwelle 15 angeordnet. Jeder
25 Anlenkpleuel 80 umfasst eine Pleuelstange 85 und zwei an entgegengesetzten Enden der Pleuelstange 85 angeordnete Pleuelaugen 90, 95, insbesondere mit unterschiedlichen inneren Durchmessern. Beispielhaft ist das größere untere Pleuelauge 95 jedes Anlenkpleuels 80 am unteren Ende der Pleuelstange 85 und
30 umgibt einen in Bezug zur Drehachse 40 der Exzenterwelle 50 exzentrischen zweiten Hubzapfen 100 der Exzenterwelle 50, auf dem der Anlenkpleuel 80 mittels eines Drehlagers 105 drehbar gelagert ist. Das kleinere Pleuelauge 90 am oberen Ende der Pleuelstange 85 bildet einen Teil eines dritten Schwenkgelenks 110 zwischen
35 dem Anlenkpleuel 80 und einem Koppelarm 115 des benachbarten Koppelglieds 60, der auf der zum Hubarm 65 gegenüberliegenden Seite der Kurbelwelle 15 über diese übersteht. Die Exzenterwelle 50 weist zwischen benachbarten exzentrischen zweiten Hubzapfen

100 sowie an ihren Stirnenden zur Lagerung der Exzenterwelle 50 in Wellenlagern dienende, zur Exzenterwellendrehachse 55 ko-axiale Wellenabschnitte 120 auf. Abgesehen von einer variablen Verdichtung kann durch die zuvor beschriebene Anordnung auch die

5 Neigung der Kolbenpleuel 25 im Bezug zur Zylinderachse der zugehörigen Zylinder während der Drehung der Kurbelwelle 15 variiert werden, was zu einer Verringerung von Kolbenseitenkräften und damit der Reibkräfte zwischen Kolben 20 und Zylinderwänden der Zylinder führt. Insgesamt kann mit dem hier

10 beschriebenen Mehrgelenkskurbeltrieb 11 ein Arbeitshub der Kolben 20 in Abhängigkeit von einem momentanen Arbeitstakt der Brennkraftmaschine 10 gewählt bzw. durch den Verstelltrieb 45 gezielt eingestellt werden. Zu diesem Zweck weist der Ver-

15 stelltrieb 45 ferner einen Exzenterwellenantrieb 125 auf, der die Exzenterwelle 50 mit der Kurbelwelle 15 drehmomentschlüssig koppelt. Der Exzenterwellenantrieb 125 umfasst ferner eine elektrische Maschine 130. Die elektrische Maschine 130 ist drehmomentschlüssig mit der Exzenterwelle 50 gekoppelt. Die elektrische Maschine 130 ist dabei ausgebildet, relativ bezogen

20 zu der Kurbelwelle 15 die Exzenterwelle 50 zu verdrehen. Ferner kann der Exzenterwellenantrieb 125 zusätzlich ein Getriebeelement (nicht dargestellt) aufweisen, um die Exzenterwelle 50 drehmomentschlüssig mit der Kurbelwelle 15 zu koppeln.

25 Die Brennkraftmaschine 10 umfasst ferner ein Steuergerät 135. Das Steuergerät 135 umfasst eine Steuereinrichtung 140, eine Schnittstelle 145 und einen Speicher 150. Der Speicher 150 ist über eine erste Verbindung 155 mit der Steuereinrichtung 140 verbunden. Die Schnittstelle 145 ist mittels einer zweiten

30 Verbindung 160 mit der Steuereinrichtung 140 verbunden. Die Schnittstelle 145 ist über eine dritte Verbindung 165 mit der elektrischen Maschine 130 des Exzenterwellenantriebs 125 verbunden.

35 Ferner weist der Verstelltrieb 45 einen Exzenterwellensensor 170 auf. Der Exzenterwellensensor 170 ist ausgebildet, einen Verdrehwinkel φ der Exzenterwelle 50 zu erfassen. Der Exzen-

terwellensensor 170 ist über eine vierte Verbindung 175 mit der Schnittstelle 145 des Steuergeräts 135 verbunden.

Figur 2 zeigt einen Längsschnitt durch die Exzenterwelle 50. Die Exzenterwelle 50 kann beispielsweise ein Trägerrohr 180 umfassen, welches hohlzylindrisch ausgebildet ist. Auf dem Trägerrohr 180 kann der zweite Hubzapfen 100 und beispielsweise ein Getriebeelement 185 vorgesehen sein. Das Getriebeelement 185 kann beispielsweise radial innenseitig mit der elektrischen Maschine 130 des Exzenterwellenantriebs 125 verbunden sein. Dabei kann beispielsweise ein Stator 190 der elektrischen Maschine 130 mit dem Trägerrohr 180 drehmomentschlüssig verbunden sein, während hingegen ein Rotor 195 mit dem Getriebeelement 185 drehmomentschlüssig verbunden ist.

Die elektrische Maschine 130 ist beispielhaft als bürstenloser Gleichstrommotor ausgebildet. Auch kann die elektrische Maschine 130 andersartig ausgebildet sein. Von besonderem Vorteil ist hierbei, wenn die elektrische Maschine 130 eine eigene Sensorik hinsichtlich einer Position des Rotors 195 gegenüber dem Stator 190 aufweist. Alternativ ist auch denkbar, dass eine Positionierung des Rotors 195 gegenüber dem Stator 190 aufgrund eines Polwechselverhaltens ermittelt werden kann.

Des Weiteren kann beispielhaft der Exzenterwellensensor 170 ein Geberrad 200 und ein Exzenterwellensensorelement 205 umfassen, wobei das Exzenterwellensensorelement 205 stationär angeordnet ist und das Geberrad 200 mit dem Trägerrohr 180 drehmomentschlüssig verbunden ist. Das Geberrad 200 kann Zähne aufweisen, wobei das Exzenterwellensensorelement 205 Zahnflanken der Zähne erfasst und korrespondierend zu der geometrischen Ausgestaltung der Zähne des Geberrads 200 ein Exzenterwellensensorsignal über die vierte Verbindung 175 der Schnittstelle 145 bereitstellt. Die Schnittstelle 145 stellt das Exzenterwellensensorsignal über die zweite Verbindung 160 der Steuereinrichtung 140 bereit.

Ferner umfasst die Exzenterwelle 50 ein Anschlagrad 210. Das Anschlagrad 210 ist drehmomentschlüssig mit dem Trägerrohr 180

verbunden. Selbstverständlich kann auch das Anschlagrad 210 und das Trägerrohr 180 einstückig und materialeinheitlich ausgebildet sein.

5 Figur 3 zeigt einen Querschnitt entlang einer in Figur 2 gezeigten Schnittebene A-A durch die in Figur 2 gezeigte Exzenterwelle 50. Das Anschlagrad 210 weist einen ersten Exzenterwellenanschlag 215 und einen zweiten Exzenterwellenanschlag 220 auf. Der erste Exzenterwellenanschlag 215 weist eine erste Exzenterwellen-
10 anschlagsfläche 225 auf, die vorzugsweise in einer Ebene angeordnet ist, in der die Exzenterwellendrehachse 55 verläuft. Die erste Exzenterwellenanschlagsfläche 225 ist auf einer zum zweiten Exzenterwellenanschlag 220 abgewandten Seitenfläche des ersten Exzenterwellenanschlags 215 angeordnet.

15

Der zweite Exzenterwellenanschlag 220 weist eine zweite Exzenterwellenanschlagsfläche 230 auf. Die zweite Exzenterwellenanschlagsfläche 230 ist in einer weiteren Ebene, in der die Exzenterwellendrehachse 55 verläuft, angeordnet. Dabei ist die
20 zweite Exzenterwellenanschlagsfläche 230 auf einer zum ersten Exzenterwellenanschlag 215 abgewandten Seitenfläche des zweiten Exzenterwellenanschlags 220 angeordnet. In der Ausführungsform schließen die erste Exzenterwellenanschlagsfläche 225 und die zweite Exzenterwellenanschlagsfläche 230 beispielhaft einen
25 Winkel von 270° ein. Selbstverständlich ist auch denkbar, dass die erste Exzenterwellenanschlagsfläche 225 und die zweite Exzenterwellenanschlagsfläche 230 bezogen auf die Exzenterwellendrehachse 55 einen anderen Winkel, vorzugsweise jedoch einen Winkel in einem Winkelsegment zwischen 180° und 360° ,
30 insbesondere in einem Winkelbereich zwischen 220° und 300° , einschließen.

Die Brennkraftmaschine 10 umfasst ferner einen stationären Anschlag 235. Der stationäre Anschlag 235 weist eine erste
35 stationäre Anschlagsfläche 236 und eine zweite stationäre Anschlagsfläche 237 auf. Der stationäre Anschlag 235 ist bezogen auf die Exzenterwelle 50 drehfest angeordnet und kann bei-

spielsweise mit einem nicht dargestellten Zylinderkurbelgehäuse der Brennkraftmaschine 10 verbunden sein.

Der zweite Hubzapfen 100 weist eine äußere Umfangsfläche 240 mit
5 einer Steuerkurve 245 auf. Die Steuerkurve 245 weist dabei in Umfangsrichtung bezogen auf die Exzenterwellendrehachse 55 in unterschiedlichem Abstand zu der Exzenterwellendrehachse 55. Dabei bewirkt eine Verdrehung der Exzenterwelle 50 relativ gegenüber der Kurbelwelle 15 um einen Verdrehwinkel φ , dass
10 aufgrund der räumlichen Anordnung der Steuerkurve 245 über den Mehrgelenkskurbeltrieb 11 ein Brennraum in der Brennkraftmaschine 10 vergrößert oder verkleinert wird.

Auch ist denkbar, dass anstatt des stationären Anschlags 235 mit
15 zwei Anschlägsflächen 236, 237 zwei stationäre Anschläge mit jeweils einer der Anschlägsflächen 236, 237 vorgesehen ist, wobei in diesem Fall die beiden stationären Anschläge in Umfangsrichtung bezogen auf die Exzenterwellendrehachse 55 versetzt zueinander angeordnet sind. Dabei ist dann die erste stationäre
20 Anschlägsfläche 236 auf einer zur ersten Exzenterwellenanschlagsfläche 225 zugewandten Seitenfläche des ersten stationären Anschlags 235 und die zweite stationäre Anschlägsfläche 237 auf einer zur zweiten Exzenterwellenanschlagsfläche 230 zugewandten Seite des zweiten stationären Anschlags 235 angeordnet.
25

Figur 4 zeigt ein Diagramm der Steuerkurve 245 aufgetragen über einem Verdrehwinkel φ der Exzenterwelle 50. Die Steuerkurve 245 weist zu jedem Verdrehwinkel φ einen vordefinierten Hub H auf,
30 der einem lokalen Abstand eines Punkts auf der Umfangsfläche 240 zu der Exzenterwellendrehachse 55 entspricht.

Die Steuerkurve 245 weist ein globales Kurvenminimum 250, ein globales Kurvenmaximum 255 und ein lokales Kurvenmaximum 260 auf.
35 Das lokale Kurvenmaximum 260 ist in Umfangsrichtung angrenzend an die erste Exzenterwellenanschlagsfläche 225 des ersten Exzenterwellenanschlags 215 angeordnet. Das globale Kurvenmaximum 255 ist in Umfangsrichtung angrenzend zu der zweiten

Exzenterwellenanschlagsfläche 230 des zweiten Exzenterwellenanschlags 220 angeordnet. Das globale Kurvenminimum 255 ist zwischen dem lokalen Kurvenmaximum 260 und dem globalen Kurvenmaximum 255 angeordnet.

5

Bei einer Projektion der Steuerkurve 245, des ersten Exzenterwellenanschlags 215 und des zweiten Exzenterwellenanschlags 220 in axialer Richtung bezogen auf die Exzenterwellendrehachse 55 in eine Drehebene bezogen auf die Exzenterwellendrehachse 55, ist das globale Kurvenminimum 250 beabstandet zu dem ersten Exzenterwellenanschlag 215 und dem zweiten Exzenterwellenanschlag 220 angeordnet.

Die Steuerkurve 245 weist ferner einen ersten Abschnitt 265 und wenigstens einen zweiten Abschnitt 270 auf. Der erste Abschnitt 265 ist in Umfangsrichtung zwischen dem ersten Exzenterwellenanschlag 215 und dem globalen Kurvenminimum 250 angeordnet. Der zweite Abschnitt 270 ist in Umfangsrichtung zwischen dem globalen Kurvenminimum 250 und dem zweiten Exzenterwellenanschlag 230 angeordnet. Der erste Abschnitt 265 und der zweite Abschnitt 270 grenzen jeweils an das globale Kurvenminimum 250 an. Der erste Abschnitt 265 und der zweite Abschnitt 270 sind achsensymmetrisch bezüglich einer Symmetrieachse 275 durch das globale Kurvenminimum 250 ausgebildet. Die Steuerkurve 245 wird an einem ersten Ende durch die erste Exzenterwellenanschlagsfläche 225 und an ihrem zweiten Ende durch die zweite Exzenterwellenanschlagsfläche 230 begrenzt.

Je nach Verdrehwinkel φ der Exzenterwelle 50 gegenüber der Kurbelwelle 15 wird über den Mehrgelenkskurbeltrieb 11 die Größe des Brennraums und aufgrund der Größe des Brennraums eine Verdichtung von im Brennraum befindlichem Gas gesteuert. Ist beispielsweise die Exzenterwelle 50 derart gegenüber der Kurbelwelle 15 verdreht ist, dass die Brennkraftmaschine 10 mit dem globalen Kurvenmaximum 255 der Exzenterwelle 50 angesteuert wird, so wird die Brennkraftmaschine 10 mit einer maximalen Verdichtung betrieben. Die maximale Verdichtung kann beispielsweise bei einer ottomotorisch betriebenen Brennkraft-

maschine 10 einen Wert 13 aufweisen. Die maximale Verdichtung kann beispielsweise insbesondere dann angesteuert werden, wenn die Brennkraftmaschine 10 in einem Teillastbereich betrieben wird, um so eine besonders effizient arbeitende Brennkraftmaschine 10 bereitzustellen. Dadurch, dass die erste Exzenterwellenanschlagsfläche 225 in Umfangsrichtung versetzt zum globalen Kurvenminimum 250 angeordnet ist, wird bewirkt, dass bei einem Anschlag der ersten Exzenterwellenanschlagsfläche 225 an der ersten stationären Anschlagsfläche 236 die Brennkraftmaschine 10 mit einer mittleren Verdichtung betrieben wird. Dadurch wird sichergestellt, dass die Brennkraftmaschine 10 auch bei Volllast oder bei kritischen Betriebszuständen zuverlässig betrieben werden kann.

Figur 5 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Betriebsverfahrens zum Betrieb der in den Figuren 1 bis 4 beschriebenen Brennkraftmaschine 10. In einem ersten Verfahrensschritt 300 überprüft die Steuereinrichtung 140 eine Funktionsfähigkeit des Exzenterwellensensors 170 hinsichtlich der Bestimmung eines des Verdrehwinkels φ der Exzenterwelle 50. Ist der Exzenterwellensensor 170 funktionsfähig, wird mit einem zweiten Verfahrensschritt 305 fortgefahren. Ist der Exzenterwellensensor 170 nicht funktionsfähig, wird mit einem dritten Verfahrensschritt 310 fortgefahren.

Im zweiten Verfahrensschritt 305 steuert die Steuereinrichtung 140 den Exzenterwellenantrieb 125 auf Grundlage des vom Exzenterwellensensor 170 bereitgestellten Verdrehwinkelsignals, einer Leistungsanforderung an die Brennkraftmaschine 10 und eines im Speicher 150 abgelegten ersten Steuerparameters. Der erste Steuerparameter kann beispielsweise ein Algorithmus, ein Kennfeld und/oder eine mathematische Funktion sein.

Im dritten Verfahrensschritt 310 überprüft die Steuereinrichtung 140, ob der Verdrehwinkel φ der Exzenterwelle 50 der Steuereinrichtung 140 bekannt ist. Ist dies der Fall, so fährt die Steuereinrichtung 140 mit einem vierten Verfahrensschritt 315 fort. Ist dies nicht der Fall, fährt die Steuereinrichtung 140

mit einem fünften Verfahrensschritt 320 fort. Im vierten Verfahrensschritt 315, der fakultativ ist, wählt die Steuereinrichtung 140 als maximale Verdrehgeschwindigkeit, mit der sie die elektrische Maschine 130 ansteuert, einen reduzierten maximalen Geschwindigkeitswert, der im Speicher 150 vordefiniert abgelegt ist.

Auf den vierten Verfahrensschritt 315 fährt die Steuereinrichtung 140 mit dem zweiten Verfahrensschritt 305 fort und steuert den Exzenterwellenantrieb 125 wie im zweiten Verfahrensschritt 305 beschrieben mit dem einzigen Unterschied dahingehend genauso an, dass die maximale Verdrehgeschwindigkeit gegenüber dem regulären Betrieb im zweiten Verfahrensschritt 305 reduziert ist. Dadurch wird sichergestellt, dass sich der Exzenterwellenantrieb 125 nicht ungewollt verstellt und zuverlässig die unterschiedlichen Positionen auch ohne Positionsmessung über den Exzenterwellensensor 170 angesteuert werden können.

In einem fünften Verfahrensschritt 320 erfasst die Steuereinrichtung 140 eine von der Brennkraftmaschine 10 angeforderte abzugebende mechanische Leistung.

In einem auf den vierten Verfahrensschritt 315 folgenden fünften Verfahrensschritt 320 vergleicht die Steuereinrichtung 140 die angeforderte Leistung mit einem im Speicher 150 abgelegten vordefinierten Leistungsschwellenwert. In Abhängigkeit des Ergebnisses des Vergleichs wählt die Steuereinrichtung 140 eine Verdrehrichtung, mit der die elektrische Maschine 130 zum einen angesteuert wird und zum anderen die elektrische Maschine 130 die Exzenterwelle 50 gegenüber dem Zylinderkurbelgehäuse verdreht.

Ist beispielsweise die von der Brennkraftmaschine 10 abzugebende mechanische Leistung größer als der vordefinierte Leistungsschwellenwert, beispielsweise ist die Brennkraftmaschine 10 in einem hohen Teillastbereich oder im Volllastbereich zu betreiben, so wählt die Steuereinrichtung 140 die Drehrichtung, mit der die elektrische Maschine 130 die Exzenterwelle 50 derart

gegenüber der Zylinderkurbelgehäuse verdreht so, sodass die zweite stationäre Anschlagsfläche 237 in Richtung der zweiten Exzenterwellenanschlagsfläche 230 bewegt wird, bis die zweite Exzenterwellenanschlagsfläche 230 an der zweiten stationären Anschlagsfläche 237 anschlägt. Ein Anschlagen des zweiten Exzenterwellenanschlags 220 am stationären Anschlag 235 hat den Vorteil, dass die Brennkraftmaschine 10 mit dem globalen Kurvenmaximum 260 der Steuerkurve 245 betrieben wird. Dadurch wird die Verdichtung abgesenkt und ein Klopfen der Brennkraftmaschine 10 wird zuverlässig vermieden wird.

Das Anschlagen des zweiten Exzenterwellenanschlags 220 am stationären Anschlag 235 erfasst die Steuereinrichtung 140. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, indem die Steuereinrichtung 140 einen durch die elektrische Maschine 130 benötigten Strom überwacht, wobei bei Anschlagen der zweiten Exzenterwellenanschlagsfläche 230 ab der zweiten stationären Anschlagsfläche 237 der durch die elektrische Maschine 130 benötigte Strom schlagartig ansteigt. Selbstverständlich ist auch denkbar, dass das Anschlagen der zweiten Exzenterwellenanschlagsfläche 230 am stationären Anschlag 235 andersartig erfasst wird.

Erfasst die Steuereinrichtung 140, dass die abzugebende mechanische Leistung der Brennkraftmaschine 10 geringer als der vordefinierte Leistungsschwellenwert ist, so steuert die Steuereinrichtung 140 die elektrische Maschine 130 derart an, dass der erste Exzenterwellenanschlag 215 in Richtung des stationären Anschlags 235 durch die elektrische Maschine 130 verdreht wird, bis die erste Exzenterwellenanschlagsfläche 225 an der ersten stationären Anschlagsfläche 236 anschlägt. Das Anschlagen erste Exzenterwellenanschlag 215 an der ersten stationären Anschlagsfläche 236 erfasst die Steuereinrichtung 140 beispielsweise wie oben beschrieben. Ein Anschlagen des ersten Exzenterwellenanschlags 215 am stationären Anschlag 235 hat den Vorteil, dass die Brennkraftmaschine 10 mit dem lokalen Kurvenmaximum 260 der Steuerkurve 245 betrieben wird. Dies hat insbesondere den Vorteil, dass bei schwierigen Bedingungen,

insbesondere im Leerlauf, ein zuverlässiger Betrieb der Brennkraftmaschine 10 sichergestellt ist. Ferner wird vermieden, dass die Brennkraftmaschine 10 mit dem globalen Kurvenminimum 250 der Steuerkurve 245 und somit mit einer besonders hohen Verdichtung betrieben wird. Dadurch kann die Verdichtung, insbesondere beispielsweise im Leerlauf, angehoben werden und weist beispielsweise statt wie herkömmlicherweise einen Wert von 7 oder 8 einen Wert von beispielsweise von 10,5 auf.

10 Mit Anschlägen des jeweiligen Exzenterwellenanschlags 215, 220 an den stationären Anschlag 235 wählt die Steuereinrichtung 140 einen Anschlagswinkel aus. So kann beispielsweise mit Anschlägen des ersten Exzenterwellenanschlags 215 am stationären Anschlag 235 die Steuereinrichtung 140 als Anschlagswinkel 0° auswählen, während hingegen sie bei Anschlägen des zweiten Exzenterwellenanschlags 220 am stationären Anschlag 235 als Anschlagswinkel 270° auswählt.

In einem neunten Verfahrensschritt 340 ermittelt die Steuereinrichtung 140 auf Grundlage eines Betriebszustands der Brennkraftmaschine 10, beispielsweise auf Grundlage der durch die Brennkraftmaschine 10 abzugebenden mechanischen Last und eines zweiten Steuerparameters, wobei der zweite Steuerparameter beispielsweise als Kennfeld, mathematische Funktion und/oder Algorithmus ausgebildet ist, einen vordefinierten Verdrehwinkel φ der Exzenterwelle 50 gegenüber der Kurbelwelle 15.

In einem zehnten Verfahrensschritt 345 ermittelt die Steuereinrichtung 140 auf Grundlage des ermittelten vordefinierten Verdrehwinkels φ und des ermittelten Anschlagswinkels einen Betriebsparameter des Exzenterwellenantriebs 125. Der Betriebsparameter kann beispielsweise ein Polwechselverhalten der elektrischen Maschine 130 des Exzenterwellenantriebs 125 und/oder ein Sensorsignal der Sensorik der elektrischen Maschine 130 sein.

In einem elften Verfahrensschritt 350 steuert die Steuereinrichtung 140 auf Grundlage des Betriebsparameters die elekt-

rische Maschine 130 des Exzenterwellenantriebs 125 derart an, dass die elektrische Maschine 130 die Exzenterwelle 50 gegenüber der Kurbelwelle 15 derart verdreht, dass der vordefinierte Verstellwinkel ϕ eingehalten wird.

5

In der Ausführungsform weist beispielhaft die Steuereinrichtung 140 zusätzlich eine Regeleinrichtung auf. Die Regeleinrichtung ist derart ausgebildet, dass als Sollwert ein weiterer Betriebsparameter des Exzenterwellenantriebs 125 derart gesteuert wird, dass der ermittelte Betriebsparameter eingehalten wird. Beispielsweise berücksichtigt die Regeleinrichtung als Sollwert eine vordefinierte Anzahl von Polwechseln, wobei als weiterer Betriebsparameter eine Spannung und/oder ein Strom und/oder eine Frequenz eines Drehfelds für die elektrische Maschine 130 als weiterer Betriebsparameter durch die Regelung geregelt wird.

10

Durch die Regeleinrichtung kann sensorlos der Exzenterwellenantrieb 125 geregelt werden, ohne dass hierfür der Exzenterwellensensor 170 funktionsfähig sein muss.

20

Dadurch wird sichergestellt, dass auf zuverlässige Weise die Brennkraftmaschine 10 gesteuert werden kann und auch bei Ausfall des Exzenterwellensensors 170 zuverlässig die Verdichtung variabel gesteuert werden kann. Von besonderem Vorteil ist hierbei, wenn die Brennkraftmaschine 10 wie in den Figuren 1 bis 5 ausgestaltet ist. Selbstverständlich ist auch denkbar, dass das in Figur 5 beschriebene Betriebsverfahren mit einer aus dem Stand der Technik bekannten anderen Brennkraftmaschine mit variabler Kompression betrieben wird.

25

30

Ferner kann ein zusätzlicher Verfahrensschritt zwischen dem fünften und zehnten Verfahrensschritt 320 bis 345 vorgesehen sein, der entsprechend dem vierte Verfahrensschritt 315 ausgebildet ist.

35

Ferner ist von Vorteil, wenn das Betriebsverfahren beim Start der Brennkraftmaschine 10 jeweils erneut durchgeführt wird, um so sicherzustellen, dass die Exzenterwelle 50 passend zum Be-

triebsverhalten der Brennkraftmaschine 10 durch die Steuerungseinrichtung 140 angesteuert wird. Auch kann das in Figur 5 beschriebene Betriebsverfahren in regelmäßigen Zeitabständen auch während des Betriebs der Brennkraftmaschine 10 wiederholt werden, ohne dass hier die Brennkraftmaschine 10 wesentliche Leistungseinbußen aufweist und/oder ein Abgasverhalten der Brennkraftmaschine 10 beeinträchtigt ist.

Es wird darauf hingewiesen, dass die in Figur 1 bis 4 beschriebene Brennkraftmaschine 10 auch unabhängig von dem in Figur 5 beschriebenen Betriebsverfahren auch bei Ausfall des Exzenterwellensensors 170 ein verbessertes Betriebsverhalten aufweist. Auch kann das Betriebsverfahren, wie in Figur 5 beschrieben, unabhängig von der in den Figuren 1 bis 4 beschriebenen Brennkraftmaschine 10 genutzt werden, um bei Ausfall des Exzenterwellensensors 170 die Exzenterwelle 50 zum Betriebsverhalten der Brennkraftmaschine 10 anzusteuern.

Ferner kann ein weiterer zusätzlicher Verfahrensschritt 355 vorgesehen sein, wobei im weiteren zusätzlichen Verfahrensschritt 355 die Steuereinrichtung 140 auf Grundlage eines im Speicher 150 abgelegten vordefinierten Offsets einen adaptierten Verstellwinkel ermittelt und im elften Verfahrensschritt 350 auf Grundlage des adaptierten Verstellwinkels den Exzenterwellenantrieb 125 steuert.

Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

	10	Brennkraftmaschine
	11	Mehrgelenkskurbeltrieb
5	15	Kurbelwelle
	20	Kolben
	25	Kolbenpleuel
	30	Wellenzapfen
	35	erster Hubzapfen
10	40	Drehachse
	45	Verstelltrieb
	50	Exzenterwelle
	55	Exzenterwellendrehachse
	60	Koppelglied
15	65	Hubarm
	70	Schwenkgelenk
	75	Schwenkgelenk
	80	Anlenkpleuel
	85	Pleuelstange
20	90	oberes Pleuelauge
	95	unteres Pleuelauge
	100	zweiter Hubzapfen
	105	Drehlager
	110	Schwenkgelenk
25	115	Koppelarm
	120	Wellenabschnitt
	125	Exzenterwellenantrieb
	130	elektrische Maschine
	135	Steuergerät
30	140	Steuereinrichtung
	145	Schnittstelle
	150	Speicher
	155	erste Verbindung
	160	zweite Verbindung
35	165	dritte Verbindung
	170	Exzenterwellensensor
	175	vierte Verbindung

	180	Trägerrohr
	185	Getriebeelement
	190	Stator
	195	Rotor
5	200	Geberrad
	205	Exzenterwellensensorelement
	210	Anschlagsrad
	215	erster Exzenterwellenanschlag
	220	zweiter Exzenterwellenanschlag
10	225	erste Exzenterwellenanschlagsfläche
	230	zweite Exzenterwellenanschlagsfläche
	235	stationärer Anschlag
	236	erste stationäre Anschlagsfläche
	237	zweite stationäre Anschlagsfläche
15	240	Umfangsfläche
	245	Steuerkurve
	250	globales Kurvenminimum
	255	globales Kurvenmaximum
	260	lokales Kurvenmaximum
20	265	erster Abschnitt
	270	zweiter Abschnitt
	275	Symmetrieachse
	300	erster Verfahrensschritt
25	305	zweiter Verfahrensschritt
	310	dritter Verfahrensschritt
	315	vierter Verfahrensschritt
	320	fünfter Verfahrensschritt
	325	sechster Verfahrensschritt
30	330	siebter Verfahrensschritt
	335	achter Verfahrensschritt
	340	neunter Verfahrensschritt
	345	zehnter Verfahrensschritt
	350	elfter Verfahrensschritt
35	355	zusätzlicher Verfahrensschritt
	360	weiterer zusätzlicher Verfahrensschritt

Patentansprüche

1. Betriebsverfahren für eine Brennkraftmaschine (10),
 - wobei auf Grundlage eines Betriebszustands der Brenn-
5 kraftmaschine (10) ein vordefinierter Verdrehwinkel einer Exzenterwelle (50) zur Steuerung einer Verdichtung in einem Zylinder der Brennkraftmaschine (10) ermittelt wird,
 - wobei ein Exzenterwellenantrieb (125) die Exzenterwelle (50) so weit verdreht, dass ein Exzenterwellenanschlag (215, 220) an einer ersten stationären Anschlagsfläche (236) anschlägt,
10
 - wobei bei Anschlagen des Exzenterwellenanschlags (215, 220) an dem stationären ersten Anschlag (235) ein Anschlagswinkel der Exzenterwelle (50) erfasst wird,
 - 15 – wobei auf Grundlage des vordefinierten Verdrehwinkels und des Anschlagswinkels ein Betriebsparameter des Exzenterwellenantriebs (125) ermittelt wird,
 - wobei auf Grundlage des Betriebsparameters der Exzenterwellenantrieb (125) verdreht wird.
20
2. Betriebsverfahren nach Anspruch 1,
 - wobei eine Funktionsfähigkeit eines Exzenterwellensensors (170) zur Erfassung eines Verdrehwinkels der Exzenterwelle (50) der Brennkraftmaschine (10) überprüft wird,
 - 25 – wobei ausschließlich bei Ausfall der Funktionsfähigkeit des Exzenterwellensensors (170) das Betriebsverfahren nach Anspruch 1 durchgeführt wird.
3. Betriebsverfahren nach Anspruch 1 oder 2,
30 – wobei bei Bestimmung des Betriebsparameters ein Polwechselverhalten einer elektrischen Maschine (130) des Exzenterwellenantriebs (125) und /oder ein Sensorsignal einer Sensorik des Exzenterwellenantriebs (125) berücksichtigt wird.
35
4. Betriebsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

- wobei als Sollwert zur Regelung des Verstellwinkels der Betriebsparameter wenigstens einen weiteren Betriebsparameters des Exzenterwellenantriebs (125) berücksichtigt.
- 5 5. Betriebsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
- wobei der Betriebsparameter auf Grundlage eines Kennfelds und/oder einer mathematischen Funktion und/oder eines Algorithmus ermittelt wird.
- 10 6. Brennkraftmaschine (10) mit einem Verstelltrieb (45), einem Kolben (20) und wenigstens einem Brennraum,
- wobei der Kolben (20) einen Brennraum zumindest abschnittsweise begrenzt,
- wobei der Verstelltrieb (45) eine Exzenterwelle (50)
15 umfasst und ausgebildet ist, zumindest eine Verdichtung in dem Brennraum zu verändern,
- wobei die Exzenterwelle (50) drehbar um eine Exzenterwellendrehachse (55) gelagert ist,
- wobei bei die Exzenterwelle (50) einen ersten Exzenterwellenanschlag (215), einen zweiten Exzenterwellenanschlag (220) und eine Steuerkurve (245) aufweist,
20 - wobei die Steuerkurve (245) an ihren Enden jeweils durch den ersten Exzenterwellenanschlag (215) und den zweiten Exzenterwellenanschlag (220) begrenzt wird,
25 - wobei die Steuerkurve (245) ein globales Kurvenminimum (250) aufweist,
- wobei bei einer Projektion der Steuerkurve (245), des ersten Exzenterwellenanschlags (215) und des zweiten Exzenterwellenanschlags (220) in axialer Richtung bezogen auf die
30 Exzenterwellendrehachse (55) in eine Drehebene das globale Kurvenminimum (250) beabstandet zu dem ersten Exzenterwellenanschlag (215) und dem zweiten Exzenterwellenanschlag (220) angeordnet ist.
- 35 7. Brennkraftmaschine (10) nach Anspruch 6,
- wobei die Steuerkurve (245) ein lokales Kurvenmaximum (260) umfasst,

- wobei das lokale Kurvenmaximum (260) in Umfangsrichtung angrenzend zu dem ersten Exzenterwellenanschlag (215) angeordnet ist.

- 5 8. Brennkraftmaschine (10) nach Anspruch 6 oder 7,
- wobei die Steuerkurve (245) ein globales Kurvenmaximum (255) aufweist,
 - wobei das globale Kurvenmaximum (255) in Umfangsrichtung angrenzend zu dem zweiten Exzenterwellenanschlag (220)
 - 10 angeordnet ist.
9. Brennkraftmaschine (10) nach einem der Ansprüche 6 bis 8,
- wobei die Steuerkurve (245) einen ersten Abschnitt (265) und wenigstens einen zweiten Abschnitt (270) aufweist,
 - 15 - wobei der erste Abschnitt (265) in Umfangsrichtung zwischen dem ersten Exzenterwellenanschlag (215) und dem globalen Kurvenminimum (250) und der zweite Abschnitt (270) in Umfangsrichtung zwischen dem globalen Kurvenminimum (250) und dem zweiten Exzenterwellenanschlag (220) angeordnet
 - 20 ist,
 - wobei der erste Abschnitt (265) und der zweite Abschnitt (270) jeweils an das globale Kurvenminimum (250) angrenzen,
 - wobei der erste Abschnitt (265) und der zweite Abschnitt (270) achsensymmetrisch bezüglich einer Symmetrieachse
 - 25 (275) durch das globale Kurvenminimum (250) ausgebildet sind.
10. Brennkraftmaschine (10) nach einem der Ansprüche 6 bis 9,
- wobei der Verstelltrieb (45) einen Exzenterwellenantrieb
 - 30 (125) und ein Steuergerät (135) umfasst,
 - wobei der Exzenterwellenantrieb (125) mit dem Steuergerät (135) elektrisch und mit der Exzenterwelle (50) drehmomentschlüssig verbunden ist,
 - wobei die Brennkraftmaschine (10) eine erste stationäre Anschlagsfläche (236) und eine zweite stationäre An-
 - 35 schlagsfläche (237) aufweist,
 - wobei das Steuergerät (135) ausgebildet ist, das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 durchzuführen.

11. Brennkraftmaschine (10) nach einem der Ansprüche 6 bis 10,
- wobei der Exzenterwellenantrieb (125) eine elektrische Maschine (130), vorzugsweise einen bürstenlosen Gleichstromelektromotor, und das Steuergerät (135) eine Steuereinrichtung (140) und einen Regler aufweist,
 - 5 – wobei der Regler mit der elektrischen Maschine (130) gekoppelt ist,
 - wobei die Steuereinrichtung (140) den Betriebsparameter dem Regler als Sollwert übergibt,
 - 10 – wobei der Regler ausgebildet ist, auf Grundlage des Sollwerts die elektrische Maschine (130) mittels wenigstens eines weiteren Betriebsparameters derart zu regeln, dass die Exzenterwelle (50) um den vordefinierten Verdrehwinkel verdreht wird.

15

FIG 1

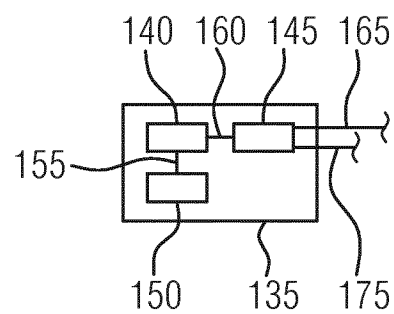
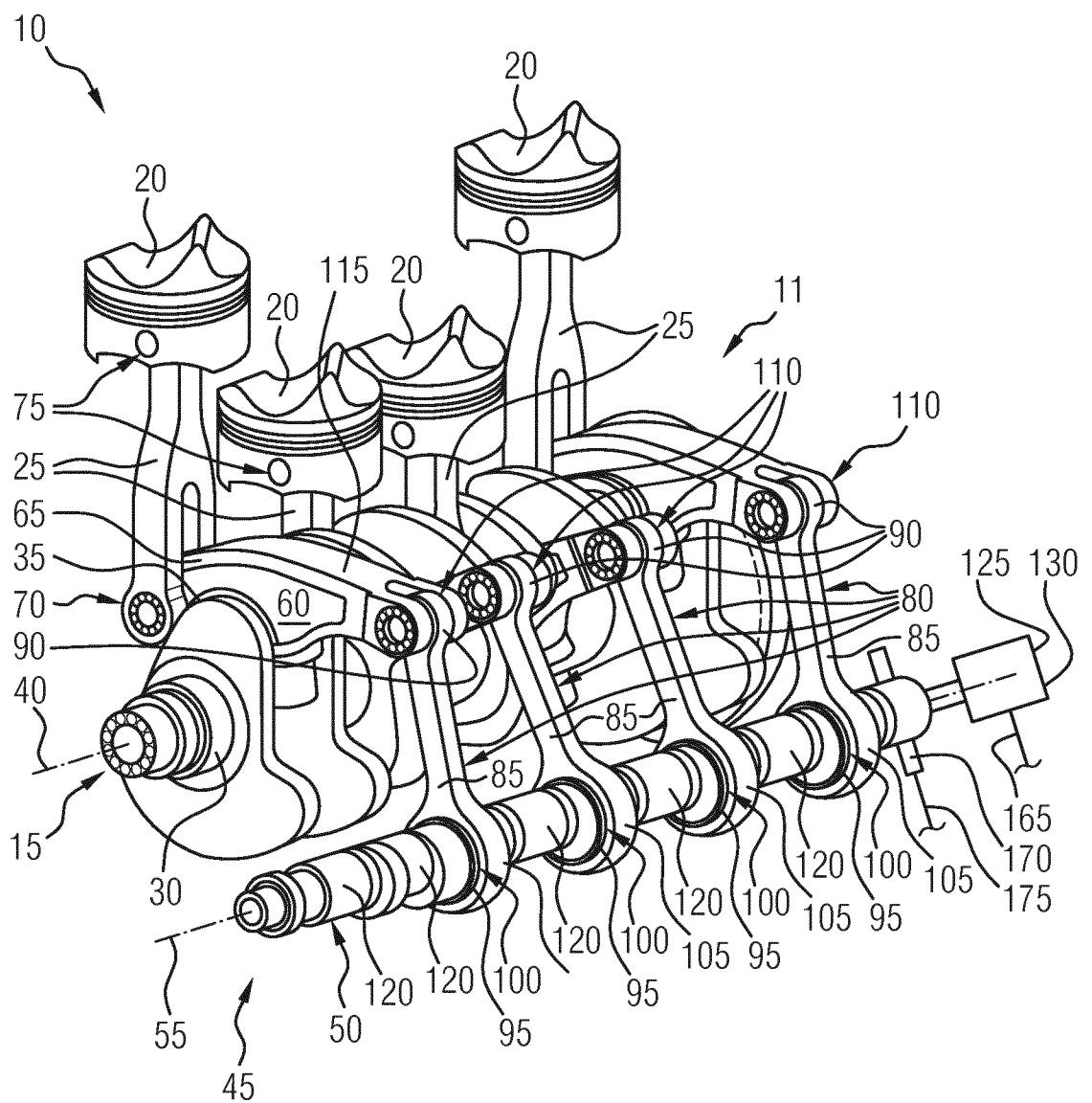
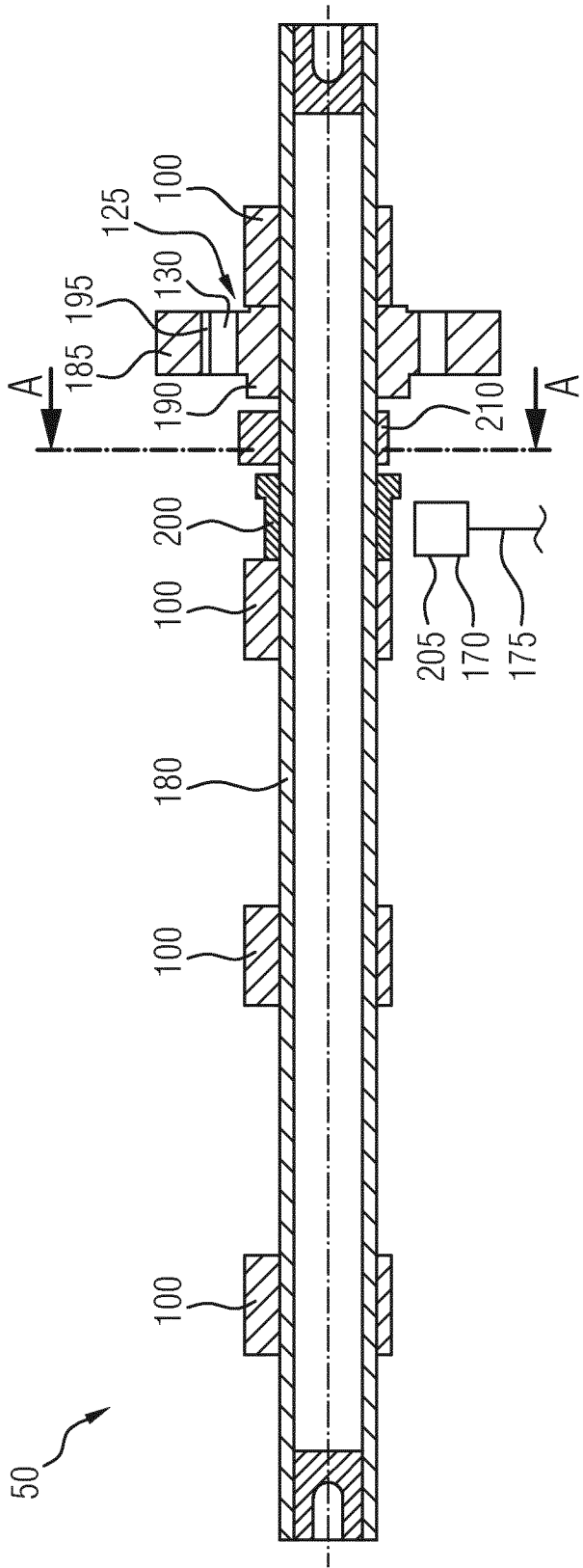


FIG 2



3/5

FIG 3

A-A

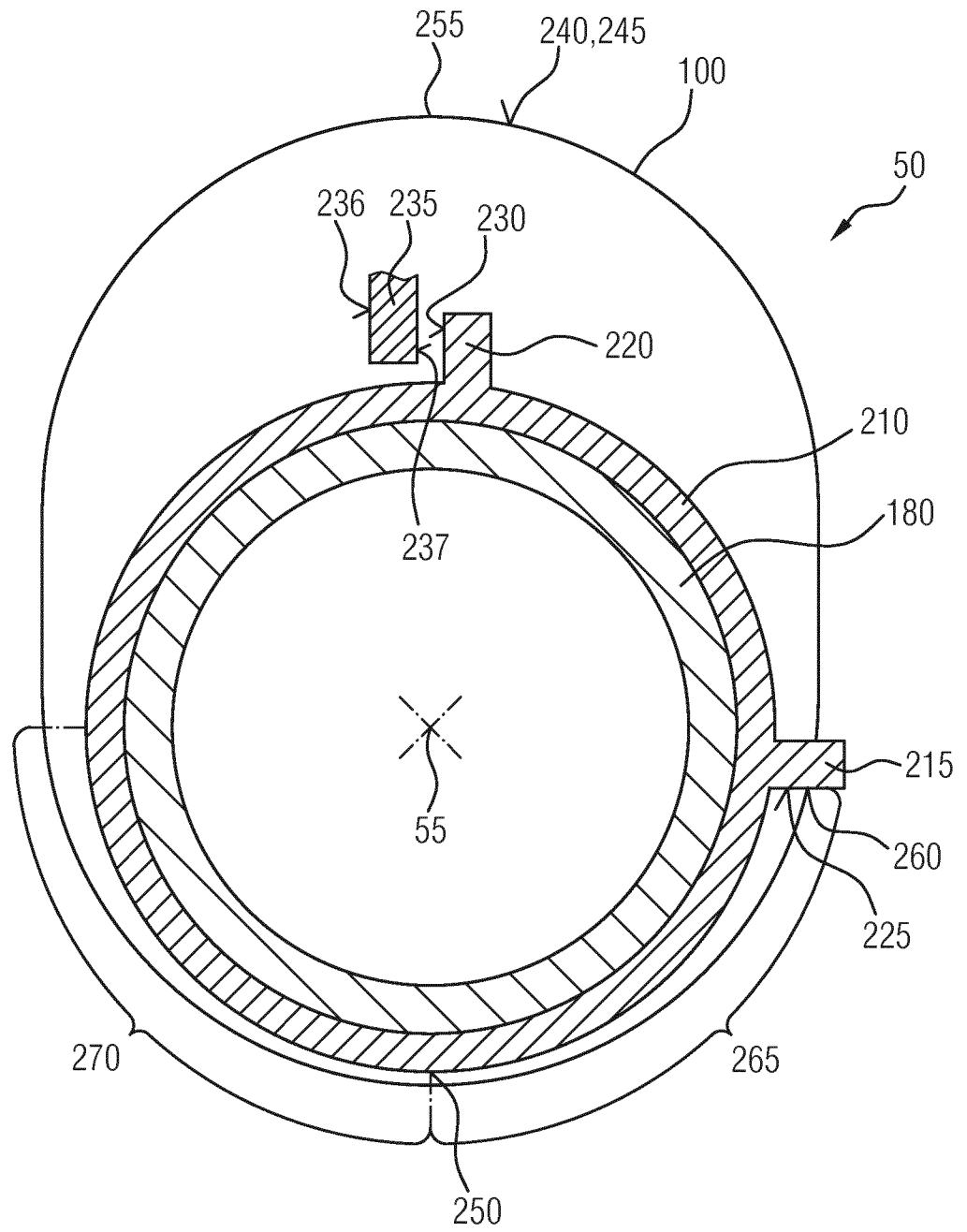
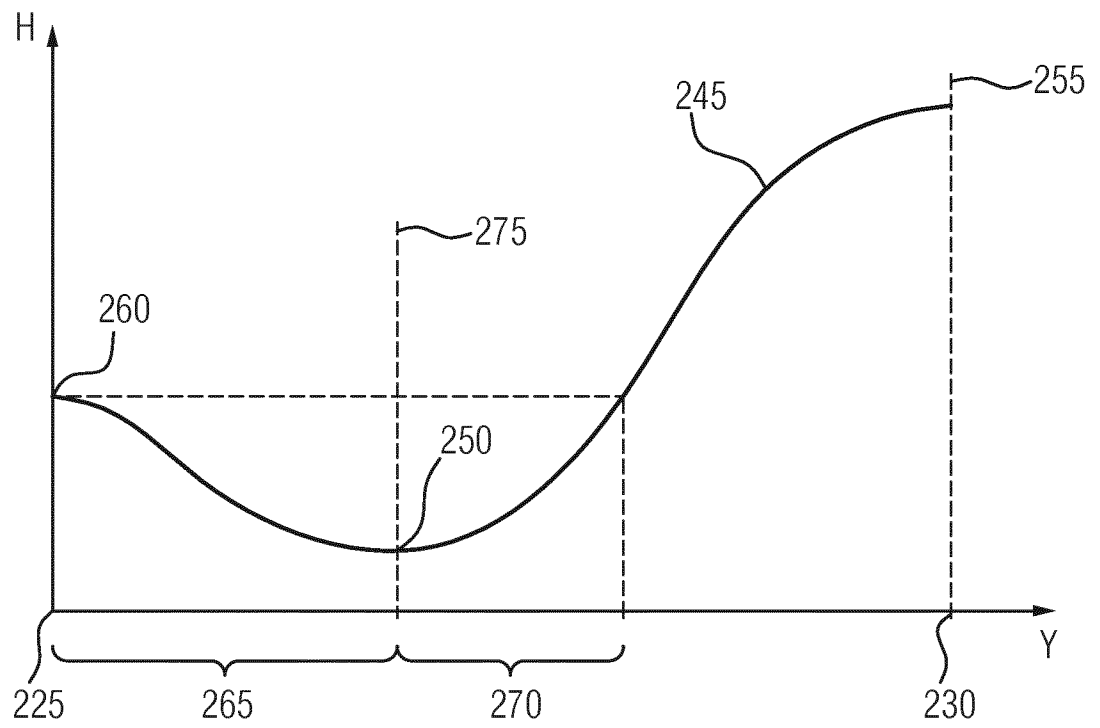
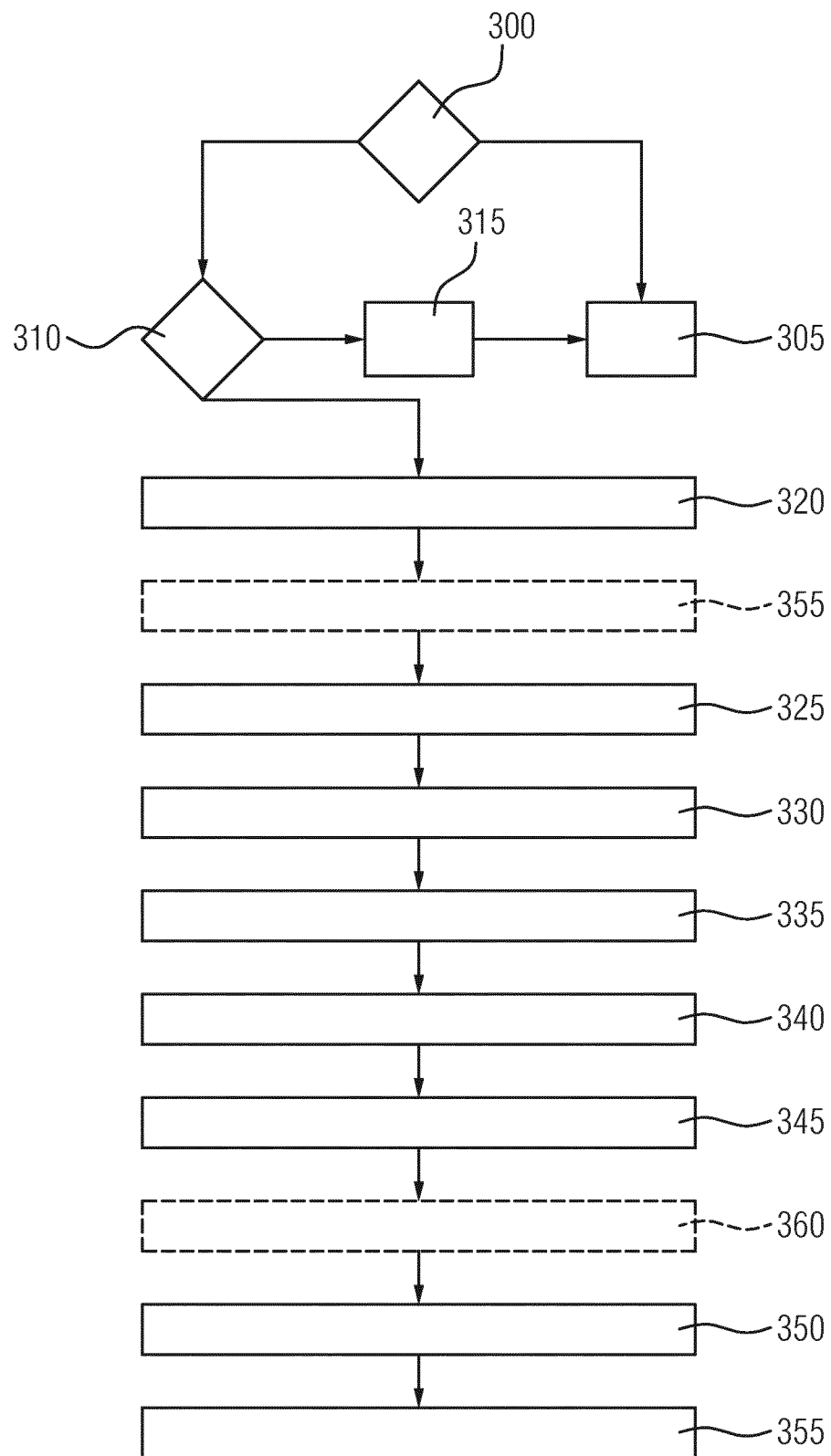


FIG 4



5/5

FIG 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/052659

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02B75/00 F02D15/02
ADD. F02D41/22

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.
X A	US 2006/180118 A1 (TAKEMURA SHINICHI [JP] ET AL) 17 August 2006 (2006-08-17) paragraph [0033] - paragraph [0041]; figures 1,3-5,7,9-11 paragraph [0043] - paragraph [0044] paragraph [0046] paragraph [0048] - paragraph [0049] paragraph [0051] paragraph [0055] -----	1,3-11 2
X	WO 2015/198462 A1 (NISSAN MOTOR [JP]) 30 December 2015 (2015-12-30) paragraph [0013]; claims 2-4; figure 1 paragraph [0020] - paragraph [0026] paragraph [0034] - paragraph [0036] paragraph [0039] ----- -/-	1-11

☒ 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

6 April 2017

Date of mailing of the international search report

18/04/2017

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

Rocabruna Vilardell

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/052659

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2012 132345 A (NISSAN MOTOR) 12 July 2012 (2012-07-12)	1,3-8
A	paragraph [0011] paragraph [0013] paragraph [0016] - paragraph [0017]; figures 1-5 paragraph [0030] - paragraph [0031] paragraph [0035] -----	2,9-11
A	WO 2015/141037 A1 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS LTD [JP]) 24 September 2015 (2015-09-24) the whole document -----	1-11
X,P	WO 2016/072454 A1 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS LTD [JP]) 12 May 2016 (2016-05-12) paragraph [0015] - paragraph [0017]; figures 1,5 paragraph [0020] - paragraph [0022] paragraph [0045] - paragraph [0047] -----	1,3-5
X,P	WO 2016/140345 A1 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS LTD [JP]) 9 September 2016 (2016-09-09) paragraph [0004]; figures 1-2,12 paragraph [0011] paragraph [0017] - paragraph [0033] paragraph [0037] - paragraph [0044] paragraph [0069] - paragraph [0073] -----	1,3,4
X,P	WO 2016/208024 A1 (NISSAN MOTOR [JP]) 29 December 2016 (2016-12-29) paragraph [0007]; figures 1-4 paragraph [0011] - paragraph [0013] paragraph [0018] - paragraph [0024] -----	1
X,P	WO 2017/009961 A1 (NISSAN MOTOR [JP]) 19 January 2017 (2017-01-19) paragraph [0007] - paragraph [0008]; figure 1 paragraph [0014] - paragraph [0020] paragraph [0031] paragraph [0043] - paragraph [0047] -----	1
X,P	WO 2016/067375 A1 (NISSAN MOTOR [JP]) 6 May 2016 (2016-05-06) paragraph [0022] - paragraph [0032]; figures 1-2 -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/052659

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2006180118 A1	17-08-2006	JP 4600074 B2	15-12-2010
		JP 2006226133 A	31-08-2006
		US 2006180118 A1	17-08-2006
WO 2015198462 A1	30-12-2015	CN 106536900 A	22-03-2017
		EP 3163055 A1	03-05-2017
		JP 6057026 B2	11-01-2017
		WO 2015198462 A1	30-12-2015
JP 2012132345 A	12-07-2012	JP 5668458 B2	12-02-2015
		JP 2012132345 A	12-07-2012
WO 2015141037 A1	24-09-2015	CN 106133296 A	16-11-2016
		DE 112014006487 T5	01-12-2016
		JP 2015183523 A	22-10-2015
		WO 2015141037 A1	24-09-2015
WO 2016072454 A1	12-05-2016	JP 2016089715 A	23-05-2016
		WO 2016072454 A1	12-05-2016
WO 2016140345 A1	09-09-2016	JP 2016163519 A	05-09-2016
		WO 2016140345 A1	09-09-2016
WO 2016208024 A1	29-12-2016	NONE	
WO 2017009961 A1	19-01-2017	NONE	
WO 2016067375 A1	06-05-2016	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. F02B75/00 F02D15/02

ADD. F02D41/22

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.
X	US 2006/180118 A1 (TAKEMURA SHINICHI [JP] ET AL) 17. August 2006 (2006-08-17)	1,3-11
A	Absatz [0033] - Absatz [0041]; Abbildungen 1,3-5,7,9-11	2
	Absatz [0043] - Absatz [0044]	
	Absatz [0046]	
	Absatz [0048] - Absatz [0049]	
	Absatz [0051]	
	Absatz [0055]	

X	WO 2015/198462 A1 (NISSAN MOTOR [JP]) 30. Dezember 2015 (2015-12-30)	1-11
	Absatz [0013]; Ansprüche 2-4; Abbildung 1	
	Absatz [0020] - Absatz [0026]	
	Absatz [0034] - Absatz [0036]	
	Absatz [0039]	

	-/-	



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

6. April 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

18/04/2017

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

Rocabruna Vilardell

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP 2012 132345 A (NISSAN MOTOR) 12. Juli 2012 (2012-07-12)	1,3-8
A	Absatz [0011] Absatz [0013] Absatz [0016] - Absatz [0017]; Abbildungen 1-5 Absatz [0030] - Absatz [0031] Absatz [0035] -----	2,9-11
A	WO 2015/141037 A1 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS LTD [JP]) 24. September 2015 (2015-09-24) das ganze Dokument -----	1-11
X,P	WO 2016/072454 A1 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS LTD [JP]) 12. Mai 2016 (2016-05-12) Absatz [0015] - Absatz [0017]; Abbildungen 1,5 Absatz [0020] - Absatz [0022] Absatz [0045] - Absatz [0047] -----	1,3-5
X,P	WO 2016/140345 A1 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS LTD [JP]) 9. September 2016 (2016-09-09) Absatz [0004]; Abbildungen 1-2,12 Absatz [0011] Absatz [0017] - Absatz [0033] Absatz [0037] - Absatz [0044] Absatz [0069] - Absatz [0073] -----	1,3,4
X,P	WO 2016/208024 A1 (NISSAN MOTOR [JP]) 29. Dezember 2016 (2016-12-29) Absatz [0007]; Abbildungen 1-4 Absatz [0011] - Absatz [0013] Absatz [0018] - Absatz [0024] -----	1
X,P	WO 2017/009961 A1 (NISSAN MOTOR [JP]) 19. Januar 2017 (2017-01-19) Absatz [0007] - Absatz [0008]; Abbildung 1 Absatz [0014] - Absatz [0020] Absatz [0031] Absatz [0043] - Absatz [0047] -----	1
X,P	WO 2016/067375 A1 (NISSAN MOTOR [JP]) 6. Mai 2016 (2016-05-06) Absatz [0022] - Absatz [0032]; Abbildungen 1-2 -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/052659

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2006180118	A1	17-08-2006	JP	4600074 B2	15-12-2010
			JP	2006226133 A	31-08-2006
			US	2006180118 A1	17-08-2006

WO 2015198462	A1	30-12-2015	CN	106536900 A	22-03-2017
			EP	3163055 A1	03-05-2017
			JP	6057026 B2	11-01-2017
			WO	2015198462 A1	30-12-2015

JP 2012132345	A	12-07-2012	JP	5668458 B2	12-02-2015
			JP	2012132345 A	12-07-2012

WO 2015141037	A1	24-09-2015	CN	106133296 A	16-11-2016
			DE 11	2014006487 T5	01-12-2016
			JP	2015183523 A	22-10-2015
			WO	2015141037 A1	24-09-2015

WO 2016072454	A1	12-05-2016	JP	2016089715 A	23-05-2016
			WO	2016072454 A1	12-05-2016

WO 2016140345	A1	09-09-2016	JP	2016163519 A	05-09-2016
			WO	2016140345 A1	09-09-2016

WO 2016208024	A1	29-12-2016	KEINE		

WO 2017009961	A1	19-01-2017	KEINE		

WO 2016067375	A1	06-05-2016	KEINE		
