

(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
16. Januar 2014 (16.01.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/009193 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
H01F 7/16 (2006.01) *H01F 7/18* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/063834
- (22) Internationales Anmeldedatum:
1. Juli 2013 (01.07.2013)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2012 212 242.7 12. Juli 2012 (12.07.2012) DE
- (71) Anmelder: **SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG & CO. KG** [DE/DE]; Industriestraße 1-3, 91074 Herzogenaurach (DE).
- (72) Erfinder: **VOPEL, David**; Langer Platz 20, 91074 Herzogenaurach (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, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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, 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).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR CONTROLLING AN ACTUATOR

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR ANSTEUERUNG EINES AKTUATORS

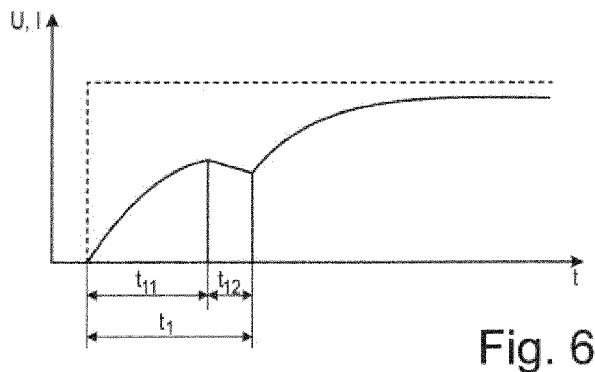


Fig. 6

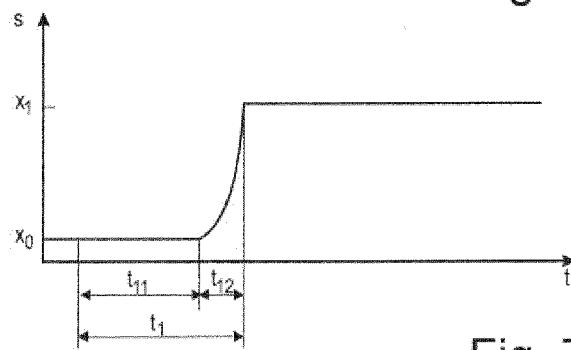


Fig. 7

(57) Abstract: A method for operating an electromagnetic actuator (10) with an actuating plunger (9) is proposed which comprises the following steps: - determining a plunger actuation actual dead time (t11), during which the magnetic armature (15) is substantially immobile while a magnetic coil (12) is supplied with current, wherein the actual dead time ends with the current break-in at the magnetic coil, as a result of counter induction of the magnetic armature overcoming the magnetic force threshold; - determining, before a subsequent plunger actuation, the starting time of the magnetic coil current supply, wherein the starting point of the current is advanced compared with that of the target movement start of the plunger out of the actuator housing (13) and the determined actual dead time.

(57) Zusammenfassung: Vorgeschlagen ist ein Verfahren zum Betreiben eines elektromagnetischen Aktuators (10) mit einem aktuiierenden Stößel (9), das folgende Schritte umfasst: - bei einer Stoßelaktuation Ermitteln einer Ist-Totzeit (t11), während deren der Magnetanker (15) bei bestromter Magnetspule (12) im wesentlichen bewegungslos ist,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

wobei die Ist-Totzeit mit dem Stromeinbruch an der Magnetspule infolge Gegeninduktion des die Magnetkraftschwelle überwindenden Magnetankers endet; - vor einer nachfolgenden Stoßelaktuation Ermitteln des Beginnzeitpunkts der Magnetspulenbestromung, wobei der Strombeginnzeitpunkt gegenüber dem Soll-Bewegungsbeginn des aus dem Aktuatorgehäuse (13) ausfahrenden Stößels um die ermittelte Ist-Totzeit vorverlegt wird.

Verfahren zur Ansteuerung eines Aktuators

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines elektromagnetischen Aktuators, aufweisend ein Gehäuse mit einer Magnetspule, einem aktuierenden
5 Stößel und einem Magnetanker, der unter Magnetkraftbeaufschlagung durch die bestromte Magnetspule den Stößel in Ausfahrriechtung aus dem Gehäuse bewegt, sowie einem zwischen dem Magnetanker und dem Gehäuse angeordneten Halte-
element, das die Bewegung des Magnetankers unterhalb einer Magnetkraft-
schwelle hemmt.

10

Hintergrund der Erfindung

Ein derartiger Aktuator ist aus der nicht vorveröffentlichten DE 10 2011 078 525
A1 bekannt, wobei das Halteelement ein zwischen dem Gehäuse und dem Mag-
15 netanker angeordneter Permanentmagnet ist, der den Magnetanker und den Stö-
ßel bis zum Überschreiten der Magnetkraftschwelle in Ruhe hält. Der Aktuator ist
Teil eines Ventiltriebs einer Brennkraftmaschine mit hubvariabler Gaswechselven-
tilbetätigung. Die Hubvariabilität wird durch die Nockenwelle erzeugt, die eine Trä-
gerwelle und ein darauf drehfest und zwischen Axialpositionen verschiebbar ange-
20 ordnetes Nockenstück umfasst. Das Nockenstück weist zumindest eine Nockengrup-
pe unmittelbar benachbarter Nocken mit unterschiedlichen Erhebungen und eine
Axialkulisie auf, in die der Stößel des Aktuators eingekoppelt wird, um das Nocken-
stück auf der Trägerwelle zwischen den Axialpositionen zu verschieben und so den
momentanen Nockenhubabgriff von einem Nocken auf den anderen Nocken umzu-
25 schalten.

Der Umschaltvorgang soll bei möglichst hoher Schaltdrehzahl und dementsprechend
innerhalb kürzester Zeit präzise und reproduzierbar erfolgen und für alle Zylinder der
Brennkraftmaschine innerhalb eines Arbeitsspiels abgeschlossen sein. Idealerweise
30 sind also alle Aktuatoren ausreichend schnell und ohne zeitliche Streuungen in Be-
zug auf das Bewegungsverhalten der aus dem Gehäuse ausfahrenden Stößel. In der
Realität wird jedoch das präzise Timing des Umschaltvorgangs durch die streuende
Ausfahrbewegung der Stößel infolge der Fertigungstoleranzen und des Verschleiß'

der Aktuatorbauteile sowie des großen betrieblichen Temperaturbereichs beeinträchtigt, der nicht nur streuende Reibungsverhältnisse an den beöhlten Aktuatorbauteilen, sondern auch streuende elektrische Widerstände der Magnetspulen bewirkt.

- 5 Im Falle des hubvariablen Ventiltriebs kann das unzureichend präzise Timing des Aktuators zu unakzeptablen Fehlschaltungen der Nockenstücke auf der Trägerwelle führen.

Aufgabe der Erfindung

10

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betreiben eines Aktuators der eingangs genannten Art anzugeben, das trotz der das Timing des Aktuators beeinträchtigenden Störeinflüsse einen zeitlich möglichst präzisen Bewegungsverlauf des aus dem Gehäuse ausfahrenden Stößels ermöglicht.

15

Zusammenfassung der Erfindung

Die Lösung dieser Aufgabe ergibt sich aus den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1, während vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung den Unteransprüchen entnehmbar sind. Demnach soll das Verfahren folgende Schritte umfassen:

20

- bei einer Stößelaktuation Ermitteln einer Ist-Totzeit, während deren der Magnetanker bei bestromter Magnetspule im wesentlichen bewegungslos ist, wobei die Ist-Totzeit mit dem Stromeinbruch an der Magnetspule infolge Gegeninduktion des die Magnetkraftschwelle überwindenden Magnetankers endet;
- vor einer nachfolgenden Stößelaktuation Ermitteln des Beginnzeitpunkts der Magnetspulenbestromung, wobei der Strombeginnzeitpunkt gegenüber dem Soll-Bewegungsbeginn des aus dem Gehäuse ausfahrenden Stößels um die ermittelte Ist-Totzeit vorverlegt wird.

25

30

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird also die Ist-Totzeit des Aktuators laufend überwacht und geht als aktueller Wert in eine nachfolgende Ansteuerung des Aktuators ein. So wird einer der maßgeblichen Störeinflüsse auf das Timing

des Aktuators, nämlich die zeitliche Streuung des tatsächlichen Bewegungsbeginns des Stößels minimiert. Dies erfolgt bei einer früheren Stößelaktuation durch die Ermittlung der Ist-Totzeit und bei einer nachfolgenden späteren Stößelaktuation durch das Vorhalten der Ist-Totzeit, und zwar jeweils individuell für jeden Aktuator. Das Verfahren ist umso genauer, je öfter die Ist-Totzeit überwacht und aktualisiert wird. Idealerweise wird sie bei jeder Stößelaktuation ermittelt und als aktuelle Steuergröße im Steuergerät des Aktuators gespeichert. Die Ist-Totzeit beginnt mit der Bestromung der Magnetspule und endet mit dem Bewegungsbeginn des Stößels. Als Bewegungsbeginn des Stößels wird der Zeitpunkt definiert, an dem der Strom- oder Spannungsverlauf an der bestromten Magnetspule einen ausgeprägten Einbruch infolge der Gegeninduktion des bis dahin ruhenden und nun ausfahrenden Magnetankers erfährt. Zu diesem Zeitpunkt zeigt der einbrechende Strom- oder Spannungsverlauf ein präzise auswertbares Maximum, das aus der sprunghaften Beschleunigung des die Magnetkraftschwelle überwindenden Magnetankers resultiert. Die messtechnische Ermittlung dieses charakteristischen Strom- oder Spannungsmaximums ist als solche Stand der Technik, wobei eine geeignete Mess- und Auswerteschaltung für das Steuergerät insbesondere der DE 101 50 199 A1 entnehmbar ist.

20 **Kurze Beschreibung der Zeichnungen**

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich auf der nachfolgenden Beschreibung und aus den Zeichnungen, in denen das erfindungsgemäße Verfahren als bevorzugte aber dennoch beispielhafte Anwendung für einen hubvariablen Ventiltrieb der eingangs genannten Art erläutert ist. Sofern nicht anders erwähnt, sind dabei gleiche oder funktionsgleiche Merkmale oder Bauteile mit gleichen Bezugszahlen versehen. Es zeigen:

Figur 1 einen Ausschnitt des an sich bekannten Ventiltriebs in Seitenansicht;

30

Figur 2 einen Querschnitt durch die Axialkulissee gemäß Figur 1 mit einer schematischen Sequenz des einkoppelnden Aktuatorstößels;

- Figur 3 das auf den Nockenwinkel bezogene Aktuatortiming ohne Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens;
- Figur 4 das auf den Nockenwinkel bezogene Aktuatortiming bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens;
- Figur 5 einen Aktuator des Ventiltriebs in vereinfachter Längsschnittdarstellung;
- Figur 6 den typischen Strom-/Spannungsverlauf an der Magnetspule bei der Ansteuerung des Aktuators gemäß Figur 5;
- Figur 7 den typischen Wegverlauf des Magnetankers bei der Ansteuerung des Aktuators gemäß Figur 5;
- Figur 8 ein Kennfeld zur Plausibilisierung der ermittelten Ist-Totzeiten des Aktuators.

Detaillierte Beschreibung der Zeichnungen

- Figur 1 zeigt einen hubvariablen Ventiltrieb 1 einer Brennkraftmaschine, dessen grundlegendes Funktionsprinzip sich dahingehend zusammenfassen lässt, dass eine konventionell starr ausgebildete Nockenwelle durch eine außenverzahnte Trägerwelle 2 und darauf mittels Innenverzahnung drehfest und längsverschiebbar angeordnete Nockenstücke 3 ersetzt ist. Jedes Nockenstück 3 weist zwei Gruppen axial benachbarter Nocken 4 und 5 auf, deren unterschiedliche Hubverläufe mittels Schlepphebeln 6 auf Gaswechselventile 7 übertragen werden. Die zur betriebspunktabhängigen Aktivierung des jeweiligen Nockens 4 oder 5 erforderliche Verschiebung des Nockenstücks 3 auf der Trägerwelle 2 erfolgt über spiralförmige Axialkulissen 8 am Nockenstück 3, die sich entsprechend der Verschieberichtung in ihrer Orientierung unterscheiden und in die, je nach momentaner Stellung des Nockenstücks 3, jeweils ein zylindrischer Stößel 9 eines elektromagnetischen Aktuators 10 (siehe Figur 5) eingekoppelt wird.

Figur 2 zeigt eine Sequenz des in die nutzförmige Axialkulis­se 8 einkoppelnden Stößels 9. Der Stößel befindet sich bis zur Winkelposition a beabstandet zum Hochkreis 11 und in Ruhe. Zu diesem Zeitpunkt endet die mit t_{11} bezeichnete Ist-Totzeit des bereits bestromten Aktuators 10 und der Stößel 9 beginnt mit seiner Ausfahrbewegung in Richtung der Axialkulis­se 8. An der Winkelposition b setzt der Stößel 9 auf dem Hochkreis 11 auf und folgt anschließend der gegenüber dem Hochkreis 11 eintauchenden Axialkulis­se 8, wie es mit den Winkelpositionen c, d und e dargestellt ist. Die Nutttiefe der Axialkulis­se 8 bleibt ab der Position d konstant, so dass an dieser Position die Ausfahrbewegung des Stößels 9 stoppt. Die Zeit zwischen dem Ende der Ist-Totzeit t_{11} und dem Erreichen der Position d ist als Einkoppelzeit t_{12} bezeichnet.

Wesentlich für den Erfolg des Umschaltvorgangs aller Nockenstücke 3 innerhalb derselben Nockenwellenumdrehung ist nun das präzise Ansteuertiming der Aktuatoren 10, so dass alle Stößel 9 zur richtigen Zeit in deren Axialkulis­sen 9 einkoppeln. Dies sei anhand der Figuren 3 und 4 illustriert, die den Einfluss der streuenden Ist-Totzeit t_{11} auf den Erfolg des Umschaltvorgangs zeigen. Jeweils dargestellt sind die für den Umschaltvorgang des Nockenstücks 3 relevanten zeitlichen Ereignisse des Aktuators 10 über dem Nockenwellenwinkel „cam angle“.

Figur 3 zeigt die bislang übliche Ansteuerung des Aktuators 10, d.h. ohne Anwendung des erfindungsgemäßen Ansteuerungsverfahrens.

Die Ansteuerung des Aktuators 10 erfolgt hierbei ohne exakte Kenntnis der Ist-Totzeit t_{11} . Üblicherweise werden dabei mittels statistischer Methoden gewonnene minimale und maximale Totzeitwerte t_{11} zur Ansteuerung herangezogen. Die Notwendigkeit, die Ansteuerung auf Extremteile (sehr langsam und sehr schnell) auszulegen, schränkt den Funktionsbereich des durchschnittlichen Systems ein. So kann das Drehzahlband, in dem ein Umschaltvorgang des Nockenstücks 3 zulässig ist, nur sehr konservativ gewählt werden. Außerdem muss die Umschaltung bei tiefen Temperaturen aus Gründen exorbitanter Zunahme der Streubreite auf eine Initialaktuierung zur Absicherung der Referenzerhebungskurve/Zylinderanzahl begrenzt werden.

Die Ansteuerung der Aktuatoren 10 erfolgt üblicherweise über Transistoren, die durch das Steuergerät (nicht dargestellt) geschaltet werden. Dabei wird die Magnetspule 12 des jeweiligen Aktuators 10 (siehe Figur 5) zeitlich gesteuert mit der verfügbaren Bordnetzspannung beaufschlagt. Die Ansteuerung des Aktuators 10 und dessen Ist-Totzeit t_{11} beginnen zum Zeitpunkt „trigger point“. Für den Erfolg des Umschaltvorgangs („proper event“) des Nockenstücks 3 ist es entscheidend, dass der Bewegungsbeginn des Stößels 9 an der Winkelposition a (siehe Figur 2) frühestens zum Zeitpunkt „earliest switching point“ und spätestens zum Zeitpunkt „latest switching point“ stattfindet. Das in den Diagrammen mit „scatter band“ bezeichnete Streuband der betrieblich verursachten Streuungen der Ist-Totzeit t_{11} , insbesondere infolge Verschleiß- und Temperatureinflüssen, ist nun größer als die zur Verfügung stehende Zeit des „proper event“. Das führt zu emissionsrelevanten Fehlschaltungen des Nockenstücks 3 („erroneous event“), wobei einerseits die Ist-Totzeit t_{11} des schnellsten Aktuators 10 („ t_{11} fastest actuator“) zu kurz ist und dessen Stößel 9 bereits vor der Winkelposition a ausfährt und wobei andererseits die Ist-Totzeit t_{11} des langsamsten Aktuators 10 („ t_{11} slowest actuator“) zu lang ist und dessen Stößel 9 erst nach der Winkelposition a ausfährt.

Figur 4 zeigt demgegenüber eine Ansteuerung des Aktuators 10 unter Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

In diesem Fall erfolgt die Ansteuerung des Aktuators 10 in Kenntnis der individuellen Ist-Totzeit t_{11} des Aktuators 10, die bei einem früheren Umschaltvorgang des zugehörigen Nockenstücks 3 ermittelt wurde - die Ermittlung selbst wird weiter unten anhand der Figuren 5 bis 8 erläutert. Die ermittelte Ist-Totzeit t_{11} („ t_{11} rated actuator“) wird nun von einem innerhalb des „proper events“ liegenden Zeitpunkt für den Soll-Bewegungsbeginn des Stößels 9 an der Winkelposition a subtrahiert, so dass der so berechnete Beginnzeitpunkt einer späteren Aktuatorbestromung („calculated trigger point“) um die zuvor ermittelte Ist-Totzeit t_{11} vorverlegt ist. Auch dieser Strombeginnzeitpunkt wird für jeden Aktuator 10 individuell ermittelt. Es ist deutlich erkennbar, dass das Streuband der bei dem nun folgenden Umschaltvorgang des Nockenstücks 3 tatsächlich auftretenden Ist-Totzeit t_{11} („reduced scatter band“) erheblich kleiner ist und innerhalb des für den „proper event“ erforderlichen Zeitintervalls liegt.

Figur 5 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines für das erfindungsgemäße Verfahren geeigneten Aktuators 10. Dieser umfasst ein Gehäuse 13 mit der Magnetspule 12 und Kontaktierung 14 der Spule 12, dem aktuierenden Stößel 9 und dem Magnetanker 15, der unter Magnetkraftbeaufschlagung durch die bestromte Magnetspule 12 den Stößel 9 in Ausfahrri-
5 chtung aus dem Gehäuse 13 bewegt. Ein zwischen dem Magnetanker 15 und dem Gehäuse 13 angeordnetes Halteelement 16 hemmt die Bewegung des Magnetankers 15 und des Stößels 9 solange, bis die Magnetkraft der Magnetspule 12 die Magnetkraftschwelle des Halteelements 16
10 übersteigt. Das Halteelement 16 ist im gezeigten Ausführungsbeispiel ein Permanentmagnet.

Figur 6 zeigt den Strom-/Spannungsverlauf U bzw. I der bestromten Magnetspule 12 über der Zeit t , und Figur 7 zeigt den dazugehörigen Wegverlauf $s(t)$ des aus
15 dem Gehäuse 13 ausfahrenden Stößels 9. Während der Totzeit t_{11} steigen Strom I und Spannung U der Magnetspule 12 an, wobei deren Magnetkraft noch nicht ausreichend groß ist, um die dazu entgegen gerichtete Haltekraft des Permanentmagneten 16 zu überwinden. Der Magnetanker 15 und der Stößel 9 verblei-
ben dementsprechend bei x_0 in Ruhe. Am Ende der Totzeit t_{11} und am Beginn
20 der Einkoppelzeit t_{12} überwindet der Magnetfeldaufbau der Magnetspule 12 die hemmende Magnetkraftschwelle des Permanentmagneten 16, so dass der Magnetanker 15 den Stößel 9 aus dem Gehäuse 13 treibt und die Ankerbewegung eine Gegeninduktion im Magnetfeld der Magnetspule 12 erzeugt. Bei der Gegeninduktion wird für die Dauer der Magnetankerbewegung ein Strom induziert, der
25 dem durch das Bordnetz getriebenen Strom entgegen gesetzt ist und unter anderem von der Geschwindigkeit des Magnetankers 15 abhängt. Die Summenkennlinie beider Ströme zeigt während der Einkoppelzeit t_{12} des Magnetankers 15 und des Stößels 9 einen charakteristischen Einbruch, der mit einem präzise auswertbaren Abknicken in der Kennlinie beginnt. Der Zeitpunkt des Abknickens wird mit
30 Hilfe einer an sich bekannten Mess- und Auswerteschaltung (siehe oben) ermittelt und definiert das Ende der Ist-Totzeit t_{11} und den Beginn der Einkoppelzeit t_{12} .

Die Einkoppelzeit t_{12} endet zu dem Zeitpunkt, wenn der Stößel 9 die Winkelposition d erreicht und im weiteren Verlauf der Axialkulissee 8 in ausgefahrener Ruhestellung x_1 bleibt. Ab diesem Zeitpunkt verharrt auch der Magnetanker 15 in Ruhe, so dass die Gegeninduktion zu Null wird und der Strom-/Spannungsverlauf
5 wieder ansteigt.

Die für jeden Aktuator 10 individuell ermittelte Ist-Totzeit t_{11} wird für eine nachfolgende Stößelaktuation im Steuergerät des Aktuators 10 aktualisiert gespeichert. Zuvor kann der ermittelte Wert auf Plausibilität überprüft werden, wozu das in
10 Figur 8 skizzierte Kennfeld der mit „plausible values“ bezeichneten Totzeitwerte t_{11} herangezogen wird. Als Eingangsgrößen für das Kennfeld dienen die Spulentemperatur T und die aktuelle Bordnetzspannung U . Mit Hilfe der laufend ermittelten Ist-Totzeiten t_{11} und den Informationen über Temperatur und Spannung kann das vorhandene Kennfeld permanent aktualisiert werden. Es ist weiterhin möglich,
15 das Kennfeld in die Fälle Erstschtaltung und Weiterschaltung zu untergliedern, um Setzerscheinungen nach längerer Standzeit des Ventiltriebs 1 Rechnung zu tragen.

Liste der Bezugszeichen

20

- | | | |
|----|----|------------------|
| | 1 | Ventiltrieb |
| | 2 | Trägerwelle |
| | 3 | Nockenstück |
| | 4 | Nocken |
| 25 | 5 | Nocken |
| | 6 | Schlepphebel |
| | 7 | Gaswechselventil |
| | 8 | Axialkulissee |
| | 9 | Aktuatorstößel |
| 30 | 10 | Aktuator |
| | 11 | Hochkreis |
| | 12 | Magnetspule |
| | 13 | Aktuatorgehäuse |

- 14 Kontaktierung
- 15 Magnetanker
- 16 Halteelement / Permanentmagnet

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines elektromagnetischen Aktuators (10), aufweisend ein Gehäuse (13) mit einer Magnetspule (12), einem aktuiierenden Stößel (9) und einem Magnetanker (15), der unter Magnetkraftbeaufschlagung durch die bestromte Magnetspule (12) den Stößel (9) in Ausfahrriichtung aus dem Gehäuse (13) bewegt, sowie einem zwischen dem Magnetanker (15) und dem Gehäuse (13) angeordneten Halteelement (16), das die Bewegung des Magnetankers (15) unterhalb einer Magnetkraftschwelle hemmt, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren folgende Schritte umfasst:
 - bei einer Stößelaktuation Ermitteln einer Ist-Totzeit (t_{11}), während deren der Magnetanker (15) bei bestromter Magnetspule (12) im wesentlichen bewegungslos ist, wobei die Ist-Totzeit (t_{11}) mit dem Stromeinbruch an der Magnetspule (12) infolge Gegeninduktion des die Magnetkraftschwelle überwindenden Magnetankers (15) endet;
 - vor einer nachfolgenden Stößelaktuation Ermitteln des Beginnzeitpunkts der Magnetspulenbestromung, wobei der Strombeginnzeitpunkt gegenüber dem Soll-Bewegungsbeginn des aus dem Gehäuse (13) ausfahrenden Stößels (9) um die ermittelte Ist-Totzeit (t_{11}) vorverlegt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ist-Totzeit (t_{11}) bei jeder Stößelaktuation ermittelt und im Steuergerät des Aktuators (10) aktualisiert gespeichert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die ermittelte Ist-Totzeit (t_{11}) mit Hilfe eines Soll-Totzeit-Kennfelds auf Plausibilität geprüft wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die im Soll-Totzeit-Kennfeld hinterlegten Totzeiten (t_{11}) des Magnetankers (15) zumindest von der Stromspannung (U) und der Temperatur (T) der Magnetspule (12) als wesentliche Einflussgrößen auf die Ist-Totzeiten (t_{11}) des Magnetankers (15) abhängen.

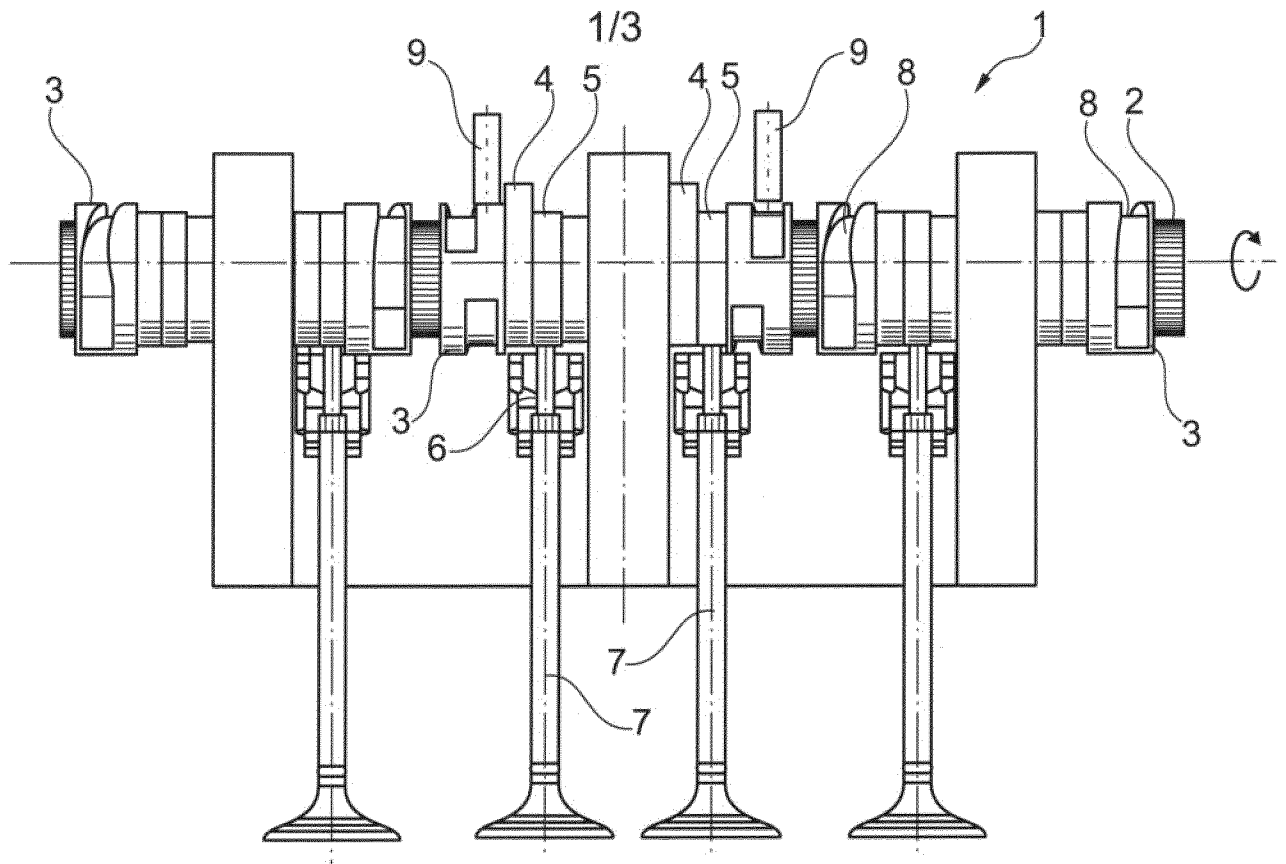


Fig. 1

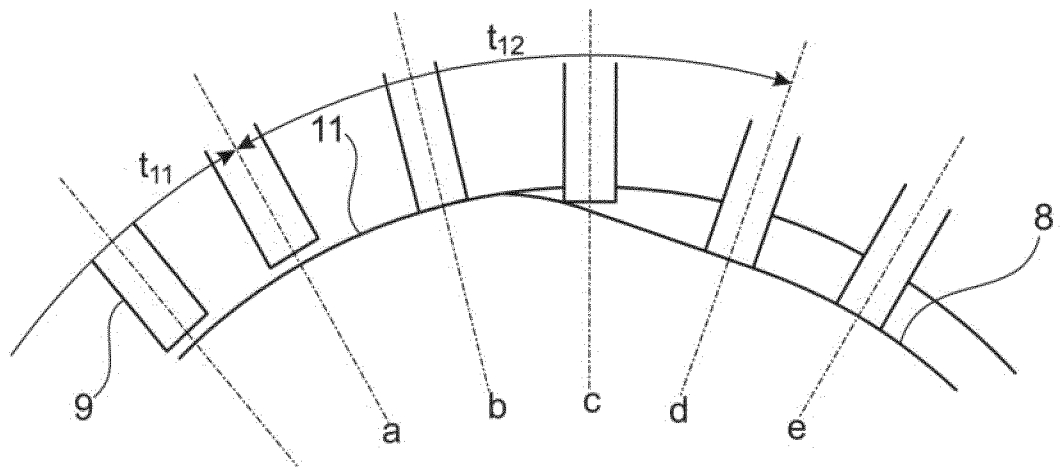


Fig. 2

2/3

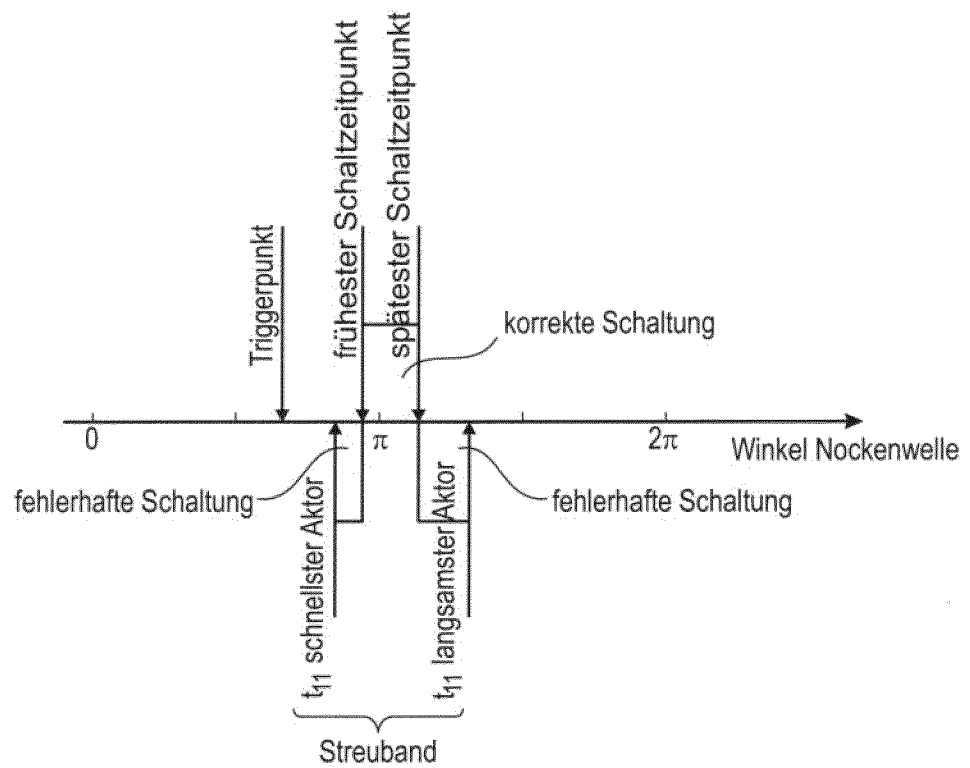


Fig. 3

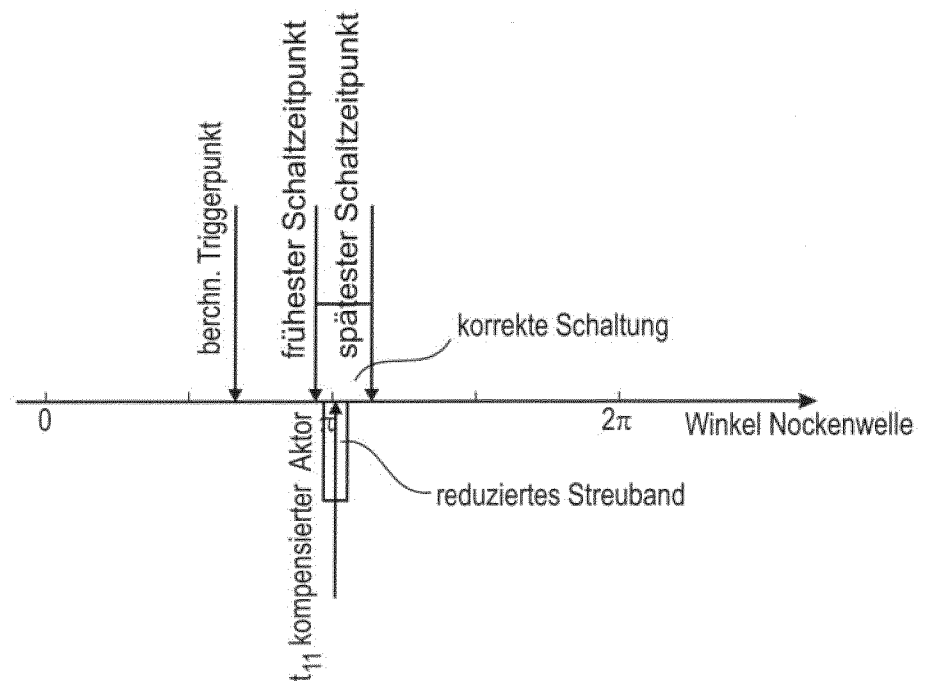


Fig. 4

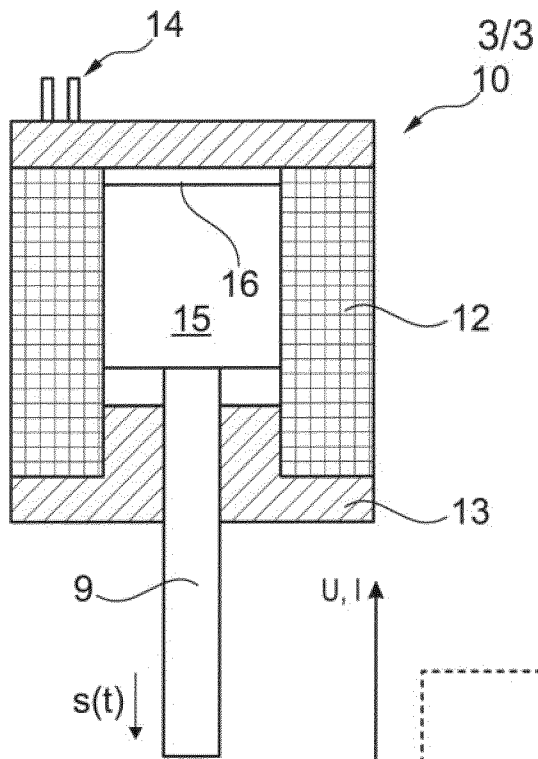


Fig. 5

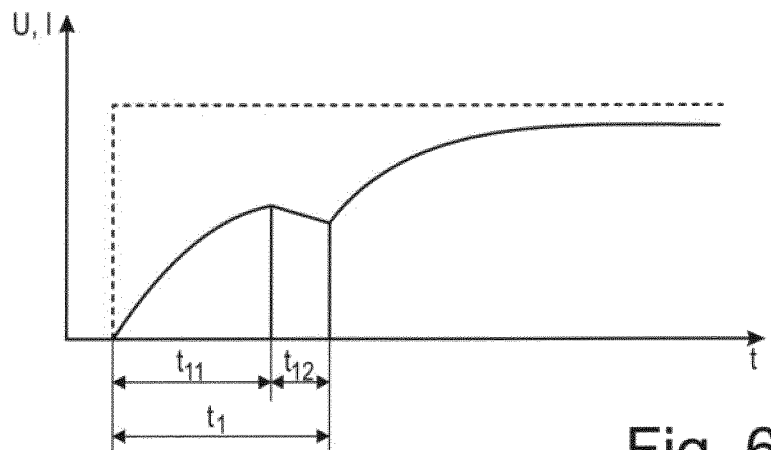


Fig. 6

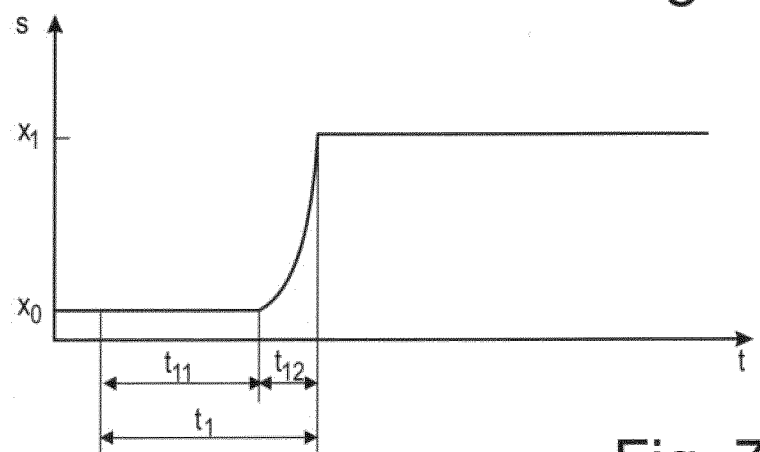


Fig. 7

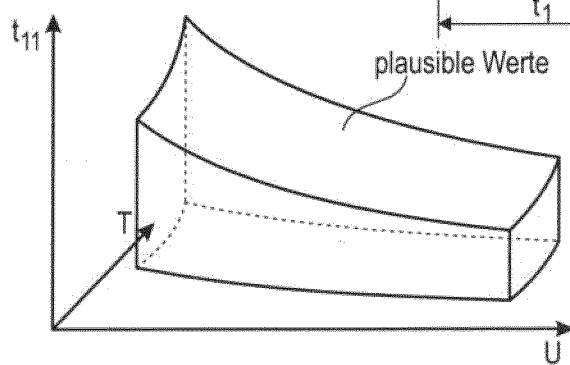


Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/063834

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01F7/16 H01F7/18
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)
H01F

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	DE 10 2007 063479 A1 (SIEMENS AG [DE]) 20 November 2008 (2008-11-20) paragraphs [0022] - [0028], [0005], [0006]; figures 1,2	1-4
A	DE 10 2007 031552 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 8 January 2009 (2009-01-08) figure 1	1
A	DE 101 29 153 A1 (FESTO AG & CO [DE]) 9 January 2003 (2003-01-09) abstract; figure 5	1
A	DE 197 35 560 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 18 February 1999 (1999-02-18) figures 2a,2b	1
	-/--	



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

19 November 2013

Date of mailing of the international search report

02/12/2013

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

Rouzier, Brice

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2013/063834

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2009 042777 A1 (KENDRION MAGNETTECHNIK GMBH [DE]) 7 April 2011 (2011-04-07) figures 1a,1b -----	1
A	DE 195 18 056 A1 (FEV MOTORENTECH GMBH & CO KG [DE] FEV MOTORENTECH GMBH [DE]) 21 November 1996 (1996-11-21) figure 16 -----	1
A	DE 195 26 683 A1 (FEV MOTORENTECH GMBH & CO KG [DE]) 23 January 1997 (1997-01-23) figure 2 -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/063834

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102007063479 A1	20-11-2008	NONE	
DE 102007031552 A1	08-01-2009	CN 101688624 A	31-03-2010
		DE 102007031552 A1	08-01-2009
		EP 2174046 A1	14-04-2010
		ES 2388764 T3	18-10-2012
		JP 4829379 B2	07-12-2011
		JP 2010532448 A	07-10-2010
		WO 2009007185 A1	15-01-2009
DE 10129153 A1	09-01-2003	NONE	
DE 19735560 A1	18-02-1999	DE 19735560 A1	18-02-1999
		FR 2767866 A1	05-03-1999
		GB 2329525 A	24-03-1999
		JP H11117795 A	27-04-1999
		US 6142124 A	07-11-2000
DE 102009042777 A1	07-04-2011	NONE	
DE 19518056 A1	21-11-1996	DE 19518056 A1	21-11-1996
		US 5818680 A	06-10-1998
		US 6081413 A	27-06-2000
DE 19526683 A1	23-01-1997	DE 19526683 A1	23-01-1997
		US 5691680 A	25-11-1997

**VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS**

PCT

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts P120740-10WO	WEITERES VORGEHEN siehe Formblatt PCT/ISA/220 sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5
Internationales Aktenzeichen PCT/EP2013/063834	Internationales Anmeldedatum <i>(Tag/Monat/Jahr)</i> 1 Juli 2013 (01-07-2013) (Frühestes) Prioritätsdatum <i>(Tag/Monat/Jahr)</i> 12 Juli 2012 (12-07-2012)
Anmelder SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG & CO. KG	

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 4 Blätter.

☒

Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

1. Grundlage des Berichts

a. Hinsichtlich der **Sprache** beruht die internationale Recherche auf

☒

der internationalen Anmeldung in der Sprache, in der sie eingereicht wurde

☐

einer Übersetzung der internationalen Anmeldung in die folgende Sprache _____, bei der es sich um die Sprache der Übersetzung handelt, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (Regeln 12.3 a) und 23.1 b)).

b. ☐

Dieser internationale Recherchenbericht wurde erstellt unter Berücksichtigung der **Berichtigung eines offensichtlichen Fehlers**, die nach Regel 91 von dieser Behörde genehmigt wurde bzw. dieser Behörde mitgeteilt wurde (Regel 43.6*bis*. (a)).

c. ☐

Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** siehe Feld Nr. I.

2. ☐

Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen (siehe Feld Nr. II).

3. ☐

Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung (siehe Feld Nr. III).

4. Hinsichtlich der Bezeichnung der Erfindung

☒

wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐

wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

5. Hinsichtlich der Zusammenfassung

☒

wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐

wurde der Wortlaut nach Regel 38.2 in der in Feld Nr. IV angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann dieser Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

6. Hinsichtlich der Zeichnungen

a. ist folgende Abbildung der **Zeichnungen** mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. 6,7

☐

wie vom Anmelder vorgeschlagen

☐

wie von der Behörde ausgewählt, weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.

☒

wie von der Behörde ausgewählt, weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

b. ☐

wird keine der Abbildungen mit der Zusammenfassung veröffentlicht.

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H01F7/16 H01F7/18
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 H01F

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	DE 10 2007 063479 A1 (SIEMENS AG [DE]) 20. November 2008 (2008-11-20) Absätze [0022] - [0028], [0005], [0006]; Abbildungen 1,2	1-4
A	DE 10 2007 031552 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 8. Januar 2009 (2009-01-08) Abbildung 1	1
A	DE 101 29 153 A1 (FESTO AG & CO [DE]) 9. Januar 2003 (2003-01-09) Zusammenfassung; Abbildung 5	1
A	DE 197 35 560 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 18. Februar 1999 (1999-02-18) Abbildungen 2a,2b	1
	- / - -	

☒ 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

19. November 2013

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

02/12/2013

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

Rouzier, Brice

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2009 042777 A1 (KENDRION MAGNETTECHNIK GMBH [DE]) 7. April 2011 (2011-04-07) Abbildungen 1a,1b -----	1
A	DE 195 18 056 A1 (FEV MOTORENTECH GMBH & CO KG [DE] FEV MOTORENTECH GMBH [DE]) 21. November 1996 (1996-11-21) Abbildung 16 -----	1
A	DE 195 26 683 A1 (FEV MOTORENTECH GMBH & CO KG [DE]) 23. Januar 1997 (1997-01-23) Abbildung 2 -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/063834

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102007063479 A1	20-11-2008	KEINE	
DE 102007031552 A1	08-01-2009	CN 101688624 A	31-03-2010
		DE 102007031552 A1	08-01-2009
		EP 2174046 A1	14-04-2010
		ES 2388764 T3	18-10-2012
		JP 4829379 B2	07-12-2011
		JP 2010532448 A	07-10-2010
		WO 2009007185 A1	15-01-2009
DE 10129153 A1	09-01-2003	KEINE	
DE 19735560 A1	18-02-1999	DE 19735560 A1	18-02-1999
		FR 2767866 A1	05-03-1999
		GB 2329525 A	24-03-1999
		JP H11117795 A	27-04-1999
		US 6142124 A	07-11-2000
DE 102009042777 A1	07-04-2011	KEINE	
DE 19518056 A1	21-11-1996	DE 19518056 A1	21-11-1996
		US 5818680 A	06-10-1998
		US 6081413 A	27-06-2000
DE 19526683 A1	23-01-1997	DE 19526683 A1	23-01-1997
		US 5691680 A	25-11-1997