

(19)



(11)

EP 3 740 664 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

12.02.2025 Patentblatt 2025/07

(21) Anmeldenummer: **18811790.7**

(22) Anmeldetag: **29.11.2018**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

F02D 41/14^(2006.01) F02D 41/00^(2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

F02D 41/0097; F02D 41/1498; F02D 2041/0092; F02D 2200/101; F02D 2200/1012

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP2018/082931

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 2019/137688 (18.07.2019 Gazette 2019/29)

(54) **VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG EINER POSITION EINER VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINE**

METHOD FOR DETERMINING A POSITION OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

PROCÉDÉ DE DÉTERMINATION D'UNE POSITION D'UN MOTEUR À COMBUSTION INTERNE

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **15.01.2018 DE 102018200521**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

25.11.2020 Patentblatt 2020/48

(73) Patentinhaber: **Robert Bosch GmbH**

70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:

- **MADIVALA VEERABASAPPA, Vijaya Kumar**
70839 Gerlingen (DE)
- **MUELLER, Jonathan**
70563 Stuttgart (DE)
- **FISCHER, Wolfgang**
71272 Renningen (DE)
- **REICHE, Andre**
70839 Gerlingen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A2- 1 138 899	EP-A2- 1 507 077
DE-A1- 102004 057 260	DE-A1- 102014 206 182
DE-T5- 112012 003 847	US-A- 4 870 587
US-B2- 9 297 321	

EP 3 740 664 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen einer Position einer Verbrennungskraftmaschine und eine Anordnung zur Durchführung des Verfahrens. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Computerprogramm und ein maschinenlesbares Speichermedium zum Durchführen des Verfahrens.

Stand der Technik

[0002] Für den Betrieb einer modernen Verbrennungskraftmaschine ist es notwendig, dem elektronischen Motorsteuergerät, das die Verbrennungskraftmaschine ansteuert, Informationen über die momentane Motordrehzahl zur Verfügung zu stellen. So ist es bekannt, die Drehgeschwindigkeit einer Kurbelwelle der Maschine bzw. des Motors über einen induktiv wirkenden Sensor oder Hall-Geber zu erfassen. Dieser registriert vorbeistreichende metallische Markierungen und bestimmt über die Zeitdifferenz zwischen zwei Markierungen die Rotationsgeschwindigkeit.

[0003] Bei einer herkömmlichen Verbrennungskraftmaschine, die nachstehend auch als Motor oder Maschine bezeichnet wird, werden Einspritzungen und Zündungen durch das Motorsteuergerät mithilfe einer Motorverwaltungssoftware gesteuert. Diese Software muss Kenntnis davon haben, in welcher Position bzw. in welcher Hubhöhe sich der Zylinder befindet, um Einspritzungen und Zündungen zu bewirken. Um dies zu erreichen, kann ein auf der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine angebrachtes Geberrad, das eine Anzahl von Zähnen und eine Lücke am Umfang aufweist, verwendet werden. Ebenso kann in manchen Fällen ein Geberrad mit einigen Zähnen auf der Nockenwelle angebracht sein.

[0004] Es werden dann Sensoren an diesen Geberädern angebracht, die, wenn die Maschine arbeitet und damit die Kurbelwelle sich dreht, elektrische Signale erzeugen. Diese Geberräder haben ein festes Verhältnis zu der mechanischen Position der Maschine.

[0005] In einem Arbeitszyklus bzw. Arbeitsspiel, bspw. bei einem Viertaktmotor mit einem Zylinder, rotiert die Kurbelwelle zweimal, die Nockenwelle lediglich einmal. So kann eine Lücke auf dem elektrischen Signal der Kurbelwelle zweimal beobachtet bzw. erfasst werden. Daher kann über die Lücke zwar die Kurbelwellenposition, nicht jedoch der Arbeitstakt bestimmt werden. So ergeben sich bspw. ein oberer Totpunkt am Ende eines Kompressionstakts und ein oberer Totpunkt am Ende des Ausblas- bzw. Ausstoßtakts, die nicht durch die Zahnlückeninformation unterschieden werden können.

[0006] Eine Software muss nunmehr die Lücke in dem Kurbelwellensignal mit einem Algorithmus erfassen und unterscheiden, ob dies die Lücke GAPO der ersten Umdrehung im Arbeitstakt oder die Lücke GAP1 in der zweiten Umdrehung im Arbeitstakt ist. Hierzu kann das Profil des Nockenwellensignals verwendet werden. Sobald die Software die Lücke bzw. den GAP identifiziert hat, wird

die Software mit der Motorposition synchronisiert. Nunmehr kennt die Software die Position bzw. Hubhöhe des Zylinders und kann Einspritzungen und Zündungen zeitlich festlegen.

[0007] Bei Systemen, die über beide Sensoren verfügen, ist es ebenfalls möglich, Sicherungsmodi zu unterstützen. Wenn bspw. das Kurbelwellensignal fehlerhaft ist, ist es bei speziellen Kurbelwellengeberrädern immer noch möglich, die Software mit der Motorposition zu synchronisieren. Allerdings ist ggf. die Genauigkeit der Information, die durch die Motorverwaltungssoftware bereitgestellt wird, nicht sehr hoch und daher ist das Drehmoment in einem solchen Modus, der als Kurbelwellen-Sicherungsmodus bezeichnet werden kann, begrenzt.

[0008] Entsprechend ist es, wenn ein Nockenwellensensorsignal fehlerhaft ist, immer noch möglich, den Motor mit dem Kurbelwellensignal alleine in einem Doppelzündungsmodus anzutreiben. Es ist ebenfalls möglich, die Lücke mit Software gesteuerten Verfahren, wie bspw. Testeinspritzungen, zu identifizieren, d. h. ob GAPO oder GAP1 vorliegt.

[0009] Im preisgünstigen Zweirad-Segment steht üblicherweise nur ein Kurbelwellensensorsignal zur Verfügung, auch, wenn der Motor mehr als einen Zylinder aufweist. Um die Software mit der Motorposition zu synchronisieren, werden Softwaretechniken verwendet. Eine der bekannten Techniken besteht darin, die Saugrohr-Drucksignal-Information in Kombination mit dem Kurbelwellensensorsignal zu verwenden, um die Motorposition zu erfassen.

[0010] Aus der Druckschrift DE 10 2014 206 182 A1 ist ein Verfahren zur Bestimmung einer Kurbelwellenposition einer Brennkraftmaschine bekannt, bei dem ein Drehzahlverlauf der Kurbelwelle über einer Zeit erfasst wird, wobei die Kurbelwellenposition durch Abgleich des Drehzahlverlaufs mit einem bekannten Drehzahlverlauf eines Arbeitsspiels der Brennkraftmaschine bestimmt wird. Der bekannte Drehzahlverlauf weist dabei einen für die Kurbelwellenposition charakteristischen Abschnitt auf. Eine weitere relevante Druckschrift ist die EP 1 507 077 A2.

Offenbarung der Erfindung

[0011] Vor diesem Hintergrund werden ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und eine Anordnung gemäß Anspruch 10 vorgestellt. Es werden weiterhin ein Computerprogramm nach Anspruch 11 und ein maschinenlesbares Speichermedium gemäß Anspruch 12 vorgestellt. Ausführungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen und der Beschreibung.

[0012] Das vorgestellte Verfahren ermöglicht es, die Motorposition, d. h. die Position, in der sich ein oder mehrere Zylinder befinden, und damit den Arbeitstakt zu bestimmen. Man kann an dieser Stelle auch davon sprechen, dass das Verfahren dazu dient, die Kurbelwellenposition zu bestimmen. Daher ist es möglich festzustellen, in welchem Arbeitstakt der oder die Zylinder sich

befinden und entsprechend durch Synchronisieren der Software Einspritzungen und Zündungen zeitlich festzulegen.

[0013] Dem beschriebenen Verfahren liegt somit zugrunde, ein Signal zu generieren bzw. zu erzeugen, das die Information des Motorgeschwindigkeitssignals verwendet, das von dem Motorsteuergerät empfangen wird. Dieses Motorgeschwindigkeit gibt typischerweise die Drehzahl des Motors an. Üblicherweise wird die Geschwindigkeitsinformation entweder durch das Kurbelwellensensorsignal oder durch das Signal des Generators, der bei einem Zweirad direkt an der Kurbelwelle angebracht ist, bereitgestellt.

[0014] Dieses erzeugte Signal hebt die signifikante Änderung in der Motorgeschwindigkeitsinformation bzw. Motordrehzahl im Bereich der Kompression des oberen Totpunkts (OT) der Hochdruckschleife hervor. Wird dieses Signalmuster verwendet, ist es einfach möglich, die Position eines Zylinders in einer Verbrennungskraftmaschine zu erfassen. Im Falle eines Einzylindermotors gibt es während eines Arbeitsspiels nur einmalig eine Drehzahländerung aufgrund Kompression und Dekompression in der Hochdruckschleife.

[0015] Wie bereits zuvor ausgeführt wurde, benötigt dieses Verfahren lediglich das Motorgeschwindigkeitssignal. Es sind keine weiteren Signale und Informationen erforderlich. Es kann insbesondere bei allen Zweiradsystemen mit einem einzelnen Zylinder, zwei Zylindern und auch bei Mehrzylindersystemen effektiv zur Erfassung der Motorposition eingesetzt werden.

[0016] Das vorgestellte Verfahren hat, zumindest in einigen der Ausführungen, folgende Vorteile:

- eine Erfassung der Motorpositionsinformation ist in allen möglichen Betriebszuständen mit wenigen Informationen verlässlich möglich, wenn ein Starter die Maschine antreibt,
- der vorgestellte Algorithmus kann verwendet werden, um die Phase bzw. den Arbeitstakt während eines Kickstarts zu erfassen,
- das Generatorsignal, das die Maschinengeschwindigkeitsinformation bereitstellt, kann ebenfalls verwendet werden, um die Motorposition zu erfassen. Somit können Kosten für ein Geberrad, einen Sensor und Signalaufbereitungsschaltkreise eingespart werden,
- der Algorithmus kann die Motorposition im Vergleich zu anderen Vorgehensweisen schneller erfassen, daher kann der Motorstart schneller durchgeführt werden,
- es besteht kein Bedarf daran, die Maschine während des Starts im Doppelzündungsmodus zu betreiben, da der Arbeitstakt schneller erfasst werden kann,

- die Lebensdauer der Zündkerze wird erhöht,
- das Verfahren kann dazu verwendet werden, den Arbeitstakt während des Starts zu erfassen. Es ist ebenfalls möglich, das Verfahren bei einem erneuten Synchronisieren bei höherer Geschwindigkeit der Maschine einzusetzen. Daher ist der Anwendungsbereich des Verfahrens im Vergleich zu anderen Verfahren erweitert. Ein Einsatz zusätzlicher Verfahren ist nicht erforderlich, daher wird die Komplexität der Software reduziert,
- eine Kalibrierung des Algorithmus ist im Vergleich zu anderen Arbeitstakt-Erfassungsverfahren ebenfalls schneller möglich.

[0017] Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und den beigefügten Zeichnungen.

[0018] Es versteht sich, dass die voranstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0019] Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Figur 1 zeigt Verläufe eines Kurbelwellen- und Nockenwellensignals.

Figur 2 zeigt in einem Graphen das Geschwindigkeitsverhalten eines Motors beim Start mittels elektromechanischem Anlasser.

Figur 3 zeigt ein Verlauf eines Signals, das ein Verhältnis wiedergibt.

Figur 4 zeigt Abläufe des vorgestellten Verfahrens anhand einer Zustandsmaschine.

Figuren 5 bis 10 zeigen Verläufe eines Kurbelwellensignals.

Figur 11 zeigt in einem Graphen eine Drehzahl-Charakteristik eines Starts mit Kickstarter.

Ausführungsformen der Erfindung

[0020] Die Erfindung ist anhand von Ausführungsformen in den Zeichnungen schematisch dargestellt und wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen ausführlich beschrieben.

[0021] Figur 1 zeigt die Verläufe eines Kurbelwellensignals 10 und eines Nockenwellensignals 12. In dem Kurbelwellensignal sind obere Totpunkte (OT) markiert, nämlich OT2 20, OT1 22, OT3 24 und OT4 26.

[0022] Figur 2 zeigt den Verlauf eines Motorgeschwindigkeitssignals 50 bei einem Zweirad mit einem Zylinder

während des Starts. Dabei ist an einer Abszisse 52 der Kurbelwellenwinkel [°CA] und an einer Ordinate 54 die Motorgeschwindigkeit [U/min] aufgetragen. Die Darstellung zeigt, dass die Motorgeschwindigkeit während des Kompressionstakts abfällt und sich während der Dekompressionsphase stark erhöht.

[0023] Es ist nunmehr vorgesehen, auf Grundlage des in Figur 2 gezeigten Signals, das eine Information zur Motorgeschwindigkeit trägt, ein spezielles Signal zu erzeugen, um von dieser Geschwindigkeitsinformation Gebrauch zu machen. Auf diese Weise kann die Wirkung einer Kompression und einer Dekompression auf das Motorgeschwindigkeitssignal besonders geeigneter Weise detektiert werden. Dieses spezielle Signal wird nachfolgend als erzeugtes Signal bezeichnet.

[0024] Figur 3 zeigt den Verlauf bzw. das Verhalten dieses erzeugten Signals 100. Dabei ist an einer Abszisse 102 die Zeit und an einer Ordinate 104 aufgetragen. Weiterhin ist in der Darstellung ein kalibrierter Schwellenwert 106 eingetragen. In dem gezeigten Verlauf ist ein besonderes Muster 108 erkennen, das sich in dem erzeugten Signal 100 wiederholt. Dieses Muster 108 erscheint einmal um eine Kompression im oberen Totpunkt der Hochdruckphase. Bei einem Zweiradsystem mit einem Zylinder ist genau ein solches Muster pro Arbeitszyklus bzw. Arbeitszyklus zu erkennen.

[0025] Dieses spezielle Muster 108 hat ein festes Verhältnis zu der mechanischen Motorposition. Somit kann die Software mit der Motorposition anhand des speziellen Musters synchronisiert werden, sobald dieses Muster 108 im Signal 100 identifiziert wurde.

[0026] Für den Fall, dass bei einer höheren Geschwindigkeit kein synchronisierter Betrieb gegeben ist, fällt, da keine Verbrennung erfolgt, die Motorgeschwindigkeit ab. Selbst bei einem solchen Szenario ist es möglich, ein derartiges Muster 108 bzw. Signalmuster aus dem Motorgeschwindigkeitssignal 100 zu erzeugen. Somit kann die Software auf einfache Weise wieder synchronisiert werden, so dass ein Motorstopp vermieden werden kann. Es ist insbesondere zu berücksichtigen, dass der Anwendungsbereich des Verfahrens im Vergleich zu anderen Vorgehensweisen, wie bspw. der Saugrohrdruckphasenerfassung, weiter ist.

[0027] Aus dem Geschwindigkeitssignal wird bspw. das gezeigte Signalmuster 100 konstruiert bzw. erzeugt, wie durch die nachstehende Gleichung ausgedrückt ist:

$$\sum_{i=a}^b t[i] / \sum_{j=c}^d t[j],$$

wobei $t[i]$, $t[j]$ die Flankenzeit aus dem Maschinengeschwindigkeitssignal repräsentiert. Diese Flankenzeit auf dem Maschinengeschwindigkeitssignal kann zwischen zwei steigenden Signalfanken, zwischen zwei fallenden Signalfanken oder zwischen allen Signalfanken (steigend zu fallend oder umgekehrt) gemessen werden. Alternativ kann die Maschinengeschwindigkeit

auch direkt anstelle der Flankenzeiten verwendet werden, um das Signalmuster zu erzeugen.

[0028] Die dargestellten Summen werden für zwei verschiedene Mengen von gemessenen Flankenzeiten berechnet. Um ein geeignetes Verhältnis der Zeiten $t[i]$ oder $t[j]$ zu erhalten, müssen diese nicht aufeinanderfolgend sein, können dies aber sein. Ebenfalls kann die Anzahl summierter Zeiten eins oder höher sein. In Abhängigkeit der ausgewählten Zeiten für Zähler und Nenner können verschiedene Verhältniseigenschaften erreicht werden. Ein Beispiel ist in Figur 3 dargestellt. Die Wahl der Mengen für Zähler und Nenner kann in einer Weise gewählt werden, dass das resultierende Verhältnis der Summen das spezielle Muster zur Synchronisierung der Motorposition deutlich hervorhebt und so besonders geeignet detektierbar macht.

[0029] Um diese Verläufe bzw. Kurven zu bewerten, kann die Amplitude des resultierenden Musters gegenüber einem kalibrierbaren Schwellenwert geprüft werden. Wenn die Amplitude größer als der kalibrierbare Schwellenwert ist, oder kleiner, wenn der charakteristische Punkt ein Maximum beziehungsweise Minimum ist, bedeutet dies, dass die Software die Motorposition gefunden hat. Dieser Schwellenwert hängt von Umgebungsbedingungen ab, wie bspw. der Motortemperatur, der Motorgeschwindigkeit, der Höhe usw., und kann durch Kalibrierung oder während der Laufzeit einfach angepasst werden. Anstelle der Verwendung eines kalibrierbaren Schwellenwerts kann das Verhältnismuster durch verschiedene andere signalverarbeitende Techniken, wie bspw. eine Kreuzkorrelation, bewertet werden, um bestimmte charakteristische Punkte zu finden.

[0030] In Figur 4 ist eine Zustandsmaschine 130 dargestellt, die den Algorithmus zur Phasenerfassung bei jeder Kante des Geschwindigkeitssignals verdeutlicht. Die Darstellung zeigt unterschiedliche Zustände, nämlich:

Initialisieren der Arbeitstaktsuche 132
Arbeitstaktsuche deaktiviert 134
Arbeitstaktsuche erfolgreich 136
Arbeitstaktsuche aktiviert 138
Arbeitstaktsuche nicht erfolgreich 140

[0031] Pfeile geben Voraussetzungen für Zustandsübergänge an, nämlich:

Aktivierungsbedingungen sind erfüllt 150
Aktivierungsbedingungen sind nicht erfüllt 152
erneute Synchronisierung 154
erneute Synchronisierung 156
erneute Synchronisierung 158
Arbeitstaktsuche erfolgreich 160
Arbeitstaktsuche fehlgeschlagen 162

[0032] Zu beachten ist, dass andere Implementierungen möglich sind, um den beschriebenen Synchronisierungsalgorithmus auszuführen.

[0033] Neben einem Einzylindersystem kann das Verfahren verwendet werden, um die Motorposition in den folgenden Systemen zu erfassen:

Fall 1

[0034] Im Fall eines asymmetrisch angebrachten Zweizylindersystems mit Kurbelwellensensor:

- ein solches Muster wird zwei Mal im Arbeitsspiel erfasst,
- da die oberen Totpunkte asymmetrisch verteilt sind, unterscheidet sich die Position des Musters von der Lücke im Kurbelwellensensorsignal. Somit kann die Software leicht mit der mechanischen Motorposition synchronisiert werden, wobei die Spalt- bzw. Lückeninformation aus dem Kurbelwellensensor und das Muster in dem erzeugten Signal verwendet werden.

[0035] Ein Kurbelwellensignal 200 eines Motors mit asymmetrisch angebrachtem Zweizylindersystem mit Kurbelwellensensor ist in Figur 5 dargestellt. Weiterhin zeigt die Darstellung OT1 202 und OT2 204. Ein erster Pfeil 206 zeigt den Abstand zwischen Drehzahl-Lücke und einem ersten OT an, ein zweiter Pfeil 208 zeigt den Abstand zwischen Drehzahl-Lücke und einem zweiten OT an. Die unterschiedliche Länge der Pfeile verbildlicht die asymmetrische Positionierung der Zylinder bezogen auf die Kurbelwelle und das damit verbundene Drehzahl-Lücke.

Fall 2

[0036] Im Fall eines symmetrisch angebrachten Zweizylindersystems mit Kurbelwellensensor:

- ein solches Muster wird zwei Mal im Arbeitsspiel erfasst,
- da die oberen Totpunkte symmetrisch verteilt sind, muss ein weiteres Signal bewertet werden, um die beiden Lücken zu unterscheiden. Eine Möglichkeit besteht darin, zu Beginn eine Einspritzung in beide Zylinder vorzunehmen, aber lediglich eine Zündung in einen der Zylinder. Sobald der Verbrennungszylinder erfasst ist, ist die Synchronisierung abgeschlossen.

[0037] Ein Kurbelwellensignal 250 eines Motors mit symmetrisch angebrachtem Zweizylindersystem mit Kurbelwellensensor ist in Figur 6 dargestellt. Weiterhin zeigt die Darstellung OT1 252 und OT2 204. Ein erster Pfeil 206 zeigt den Abstand zwischen Drehzahl-Lücke und einem ersten OT an, ein zweiter Pfeil 208 zeigt den Abstand zwischen Drehzahl-Lücke und einem zweiten OT an. Die gleiche Länge der Pfeile verbildlicht

den symmetrischen Abstand der Zylinder zueinander bezogen auf die Kurbelwelle und das damit verbundene Drehzahl-Lücke.

5 Fall 3

[0038] Im Falle eines asymmetrisch angebrachten Zweizylindersystems ohne Kurbelwellensensor:

- es ist kein Kurbelwellensensorsignal mit Lücke verfügbar. Es ist jedoch die Motorgeschwindigkeitssignalinformation über das Generatorsignal verfügbar,
- das Signal wird unter Verwendung des Motorgeschwindigkeitssignals, d. h. des Generatorsignals, erzeugt,
- ein Muster wird zwei Mal im Arbeitsspiel in dem erzeugten Signal erfasst,
- da die oberen Totpunkte asymmetrisch verteilt sind, ist der Abstand zwischen Mustern verschieden. Diese Abstandsinformation kann verwendet werden, um die mechanische Motorposition zu erfassen.

[0039] Ein Kurbelwellensignal 300 eines Motors mit asymmetrisch angebrachtem Zweizylindersystem ohne Kurbelwellensensor ist in Figur 7 dargestellt. Weiterhin zeigt die Darstellung OT1 302 und OT2 304.

Fall 4

[0040] Im Fall eines symmetrisch angebrachten Zweizylindersystems ohne Kurbelwellensensor:

- es ist kein Kurbelwellensensorsignal mit Lücke verfügbar. Es ist jedoch eine Motorgeschwindigkeitssignalinformation über das Generatorsignal verfügbar.
- das Signal wird unter Verwendung des Motorgeschwindigkeitssignals, d. h. des Generatorsignals, erzeugt,
- ein Muster wird zwei Mal im Arbeitsspiel in dem erzeugten Signal erfasst,
- da die oberen Totpunkte symmetrisch verteilt sind, muss ein weiteres Signal bewertet werden, um die beiden oberen Totpunkte zu unterscheiden. Eine Möglichkeit besteht darin, zu Beginn eine Einspritzung in den angenommenen Zylinder aber mit Doppelzündung vorzunehmen. Sobald der Verbrennungszylinder erfasst ist, ist die Synchronisierung abgeschlossen.

[0041] Ein Kurbelwellensignal 350 eines Motors mit symmetrisch angebrachtem Zweizylindersystem ohne

Kurbelwellensensor ist in Figur 8 dargestellt. Weiterhin zeigt die Darstellung OT1 352 und OT2 354.

Fall 5

[0042] Im Fall eines Dreizylindersystems mit Kurbelwellensensor:

- ein solches Muster wird drei Mal im Arbeitsspiel erfasst,
- unter Berücksichtigung der Lücke im Kurbelwellensignal kann die Position des oberen Totpunkts ein einzigartiges Muster aufweisen. Bei einer Umdrehung der Kurbelwelle können zwei obere Totpunkte beobachtet werden und in einer weiteren Umdrehung der Kurbelwelle kann nur ein oberer Totpunkt beobachtet werden,
- da das Muster in den erzeugten Signalen im Bereich des oberen Totpunkts überwacht wird, ist es einfach möglich, in Kombination mit der Lückeninformation auf dem Kurbelwellensignal die mechanische Motorposition zu erfassen.

[0043] Ein Kurbelwellensignal 400 eines Motors mit Dreizylindersystem mit Kurbelwellensensor ist in Figur 9 dargestellt. Weiterhin zeigt die Darstellung OT1 402, OT2 404 und OT3 406.

Fall 6

[0044] Im Fall eines Dreizylindersystems ohne Kurbelwellensensor:

- es ist kein Kurbelwellensignal mit Lücke verfügbar. Es ist jedoch das Motorgeschwindigkeitssignal über das Generatorsignal verfügbar,
- ein solches Muster wird drei Mal im Arbeitsspiel erfasst,
- da die oberen Totpunkte symmetrisch verteilt sind, muss ein weiteres Signal bewertet werden, um die drei oberen Totpunkte der jeweiligen Zylinder-Hochdruckphase zu unterscheiden. Eine Möglichkeit besteht darin, zu Beginn eine Einspritzung in einen Zylindervorzunehmen und anschließend in den folgenden beiden Umdrehungen der Kurbelwelle an der entsprechenden Position, bezogen auf die Lücke des Drehzahlsignals, eine Zündung vorzunehmen. Da nur für eine der beiden Zündungen eine erfolgreiche Verbrennung stattfinden kann, lässt sich der damit verbundene signifikante Drehzahlanstieg detektieren und so die zwei Umdrehungen des Arbeitsspiels unterscheiden. Sobald der aus der Verbrennung in diesem Zylinder resultierende Drehzahlanstieg erfasst ist, ist die Synchronisierung ab-

geschlossen.

[0045] Ein Kurbelwellensignal 450 eines Motors mit Dreizylindersystem mit Kurbelwellensensor ist in Figur 10 dargestellt. Weiterhin zeigt die Darstellung OT1 452, OT2 454 und OT3 456.

Fall 7

[0046] Zu berücksichtigen ist, dass während eines Kickstarts es ebenfalls möglich ist, das einzigartige Muster in dem erzeugten Signal zu beobachten, das basierend auf dem Motorgeschwindigkeitssignal erzeugt wurde.

[0047] Figur 11 zeigt das Verhalten des Motorgeschwindigkeitssignals 500 während eines Kickstarts für einen Einzylindermotor. dabei ist an einer Abszisse 502 der Kurbelwellenwinkel [°CA] und an einer Ordinate 504 die Motorgeschwindigkeit [U/min] aufgetragen.

[0048] Ein einzigartiges Muster kann um die Kompression im oberen Totpunkt während des Kickstarts bei einem Motor mit einem Zylinder ebenfalls erzeugt werden. Dieses Signalmuster kann verwendet werden, um die Motorposition auch während des Kickstarts zu erfassen. Es ist jedoch auch eine zusätzliche Intelligenz erforderlich, um das Muster in dem erzeugten Signal zu erfassen. Dies ist darin begründet, dass die Motorgeschwindigkeiten während des Kickstarts stark anwachsen. Dies hat einen Einfluss auf die Qualität des erzeugten Signals. Sobald jedoch die Motorgeschwindigkeiten damit anfangen abzufallen, nachdem ein Maximalwert erreicht wurde, muss es möglich sein, das Muster in dem erzeugten Signal leicht zu erfassen.

[0049] Es besteht daher ein Bedarf daran, einen Kickstart von einem Starter angetriebenen Start zu unterscheiden. Dies kann bspw. ebenfalls basierend auf dem Verlauf der Batteriespannung während des Starts erreicht werden. Der elektrische Starter benötigt einen signifikanten Energiebetrag von der Batterie. Dies führt zu einem messbaren Abfall der Batteriespannung. Im Vergleich dazu benötigt der Kickstart keine elektrische Energie.

[0050] Die vorgestellten Vorgehensweisen, um Systeme mit einem oder mehreren Zylindern zu synchronisieren, können ebenfalls bei Startvorgängen mit Kickstarter verwendet werden.

[0051] Je mehr Zylinder der Motor hat, desto geringer sind die Unterschiede zwischen der Geschwindigkeit während der Kompressionsphase und der Geschwindigkeit während der Dekompressionsphase. Daher kann das vorgestellte Verfahren bei einer beliebigen Anzahl an Zylindern verwendet werden, solange der Geschwindigkeitsunterschied ausreichend signifikant ist. Für mehr als drei Zylinder können die für weniger Zylinder vorgestellten Verfahren angepasst werden, um den Bedürfnissen der Anzahl an Zylindern zu genügen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen einer Position einer Verbrennungskraftmaschine, die mindestens einen Zylinder umfasst, wobei ein Verlauf eines Geschwindigkeitssignals (50), das eine Geschwindigkeit der Verbrennungskraftmaschine repräsentiert, erfasst wird, wobei das Geschwindigkeitssignal ein Motorgeschwindigkeitssignal (50) ist und die Motorgeschwindigkeit während des Kompressionstakts abfällt und sich während der Dekompressionsphase stark erhöht, und auf Grundlage des Verlaufs des Motorgeschwindigkeitssignals (50) ein erzeugtes Signal (100) generiert wird, indem zumindest eine Summenbildung durchgeführt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Verlauf des erzeugten Signals (100) ein Signalmuster (108) erkannt wird, anhand dessen die Position bestimmt wird, und bei dem aus dem Geschwindigkeitssignal (50) durch

$$\sum_{i=a}^b t[i] / \sum_{j=c}^d t[j] ,$$

das erzeugte Signal (100) generiert wird, wobei $t[i]$, $t[j]$ einzelne Zeitabstände zwischen Signalfanken aus dem Geschwindigkeitssignal (50) repräsentieren und bei dem für jede der Summen zumindest ein Zeitabstand oder mehrere Zeitabstände summiert werden, wobei die Summen zueinander verschiedene Mengen an Zeitabständen umfassen können.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem als Geschwindigkeitssignal (50), das erfasst wird, ein Signal einer elektrischen Maschine, die mit der Kurbelwelle gekoppelt ist, verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Geschwindigkeitssignal (50), das erfasst wird, eine Drehzahl der Kurbelwelle repräsentiert.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem nach Bestimmen der Kurbelwellenposition unter Berücksichtigung dieser bestimmten Kurbelwellenposition eine Synchronisierung der Verbrennungskraftmaschine mit einer Ansteuersoftware durchgeführt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem der Verlauf des erzeugten Signals (100) mit einem Verlauf eines Referenzsignals verglichen wird, um das Signalmuster (108) zu erkennen.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die Amplitude des Signalmusters (108) gegenüber einem kalibrierbaren Schwellenwert (106) geprüft wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem der Schwellenwert (106) in Abhängigkeit verschiedener Umgebungsbedingungen angepasst wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem das Signalmuster (108) einmal um eine Kompression im oberen Totpunkt der Hochdruckphase erscheint.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, das bei der Startart E-Starter, Kickstarter oder Anschieben verwendet wird.
10. Anordnung zum Bestimmen einer Position einer Verbrennungskraftmaschine, die eine Recheneinheit umfasst und zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 eingerichtet ist.
11. Computerprogramm mit Programmcodemitteln, das dazu eingerichtet ist, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 auszuführen, wenn das Computerprogramm auf einer Recheneinheit in einer Anordnung gemäß Anspruch 10, ausgeführt wird.
12. Maschinenlesbares Speichermedium mit einem darauf gespeicherten Computerprogramm nach Anspruch 11.

Claims

1. Method for determining a position of an internal combustion engine comprising at least one cylinder, wherein a response of a speed signal (50) that represents a speed of the internal combustion engine is detected, wherein the speed signal is an engine speed signal (50) and the engine speed drops during the compression cycle and increases greatly during the decompression phase, and the response of the engine speed signal (50) is taken as a basis for generating a generated signal (100) by performing at least one summation, **characterized in that** a signal pattern (108) in the response of the generated signal (100) is recognized that is taken as a basis for determining the position, and wherein the generated signal (100) is generated from the speed signal (50) by way of

$$\sum_{i=a}^b t[i] / \sum_{j=c}^d t[j] ,$$

where $t[i]$, $t[j]$ represent individual time intervals between signal edges from the speed signal (50), and wherein at least one time interval or multiple time intervals are summed for each of the sums, the sums being able to comprise different amounts of time intervals from one another.

2. Method according to Claim 1, wherein a signal of an electrical machine coupled to the crankshaft is used as the speed signal (50) that is detected.
3. Method according to Claim 1, wherein the speed signal (50) that is detected represents a rotational speed of the crankshaft. 5
4. Method according to one of Claims 1 to 3, wherein, after the crankshaft position has been determined, this determined crankshaft position is taken into account for performing a synchronization of the internal combustion engine with a control software. 10
5. Method according to one of Claims 1 to 4, wherein the response of the generated signal (100) is compared with a response of a reference signal in order to recognize the signal pattern (108). 15
6. Method according to one of Claims 1 to 5, wherein the amplitude of the signal pattern (108) is tested against a calibratable threshold value (106). 20
7. Method according to Claim 6, wherein the threshold value (106) is adapted according to different environmental conditions. 25
8. Method according to one of Claims 1 to 7, wherein the signal pattern (108) appears once around a compression in the upper dead centre of the high-pressure phase. 30
9. Method according to one of Claims 1 to 8, which is used for the start type E-start, kickstart or push. 35
10. Arrangement for determining a position of an internal combustion engine, which comprises a computing unit and is configured to carry out a method according to one of Claims 1 to 9. 40
11. Computer program comprising program code means, which is configured to carry out a method according to one of Claims 1 to 9 when the computer program is executed on a computing unit in an arrangement according to Claim 10. 45
12. Machine-readable storage medium with a computer program according to Claim 11 stored thereon. 50

Revendications

1. Procédé permettant de déterminer une position d'un moteur à combustion interne qui comprend au moins un cylindre, dans lequel une allure d'un signal de vitesse (50) représentant une vitesse du moteur à combustion interne est détectée, dans lequel le signal de vitesse est un signal de vitesse de moteur

(50), et la vitesse de moteur diminue pendant le temps de compression et augmente fortement pendant le temps de décompression, et sur la base de l'allure du signal de vitesse de moteur (50) un signal produit (100) est généré en effectuant au moins une totalisation, **caractérisé en ce que** dans l'allure du signal produit (100), un modèle de signal (108) est identifié qui permet de déterminer la position, et dans lequel, à partir du signal de vitesse (50)

$$\sum_{i=a}^b t[i] / \sum_{j=c}^d t[j],$$

le signal produit (100) est généré, dans lequel $t[i]$, $t[j]$ représentent des intervalles de temps individuels entre des flancs de signal issus du signal de vitesse (50), et dans lequel pour chacune des sommes au moins un intervalle de temps ou plusieurs intervalles de temps sont totalisés, dans lequel les sommes les unes par rapport aux autres peuvent comprendre différentes quantités d'intervalles de temps.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel un signal d'une machine électrique qui est accouplée au vilebrequin est utilisé en tant que signal de vitesse (50) détecté.
3. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le signal de vitesse (50) détecté représente une vitesse de rotation du vilebrequin.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel, après la détermination de la position de vilebrequin, en tenant compte de cette position de vilebrequin déterminée, une synchronisation du moteur à combustion interne est effectuée par un logiciel de pilotage.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel l'allure du signal produit (100) est comparée avec une allure d'un signal de référence pour identifier le modèle de signal (108).
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel l'amplitude du modèle de signal (108) est contrôlée par rapport à une valeur seuil (106) pouvant être étalonnée.
7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel la valeur seuil (106) est adaptée en fonction de différentes conditions environnantes.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel le modèle de signal (108) apparaît une fois autour d'une compression au point mort haut de la phase de haute pression.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, qui est utilisé pour le mode de démarrage avec démarreur électrique, démarrage au kick ou poussée.
- 5
10. Agencement permettant de déterminer une position d'un moteur à combustion interne qui comprend une unité de calcul et est conçu pour exécuter un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9.
- 10
11. Programme informatique comprenant des moyens de code programme, qui est conçu pour exécuter un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 lorsque le programme informatique est exécuté sur une unité de calcul dans un agencement selon la revendication 10.
- 15
12. Support de stockage lisible par machine, comprenant un programme informatique selon la revendication 11 stocké sur celui-ci.
- 20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

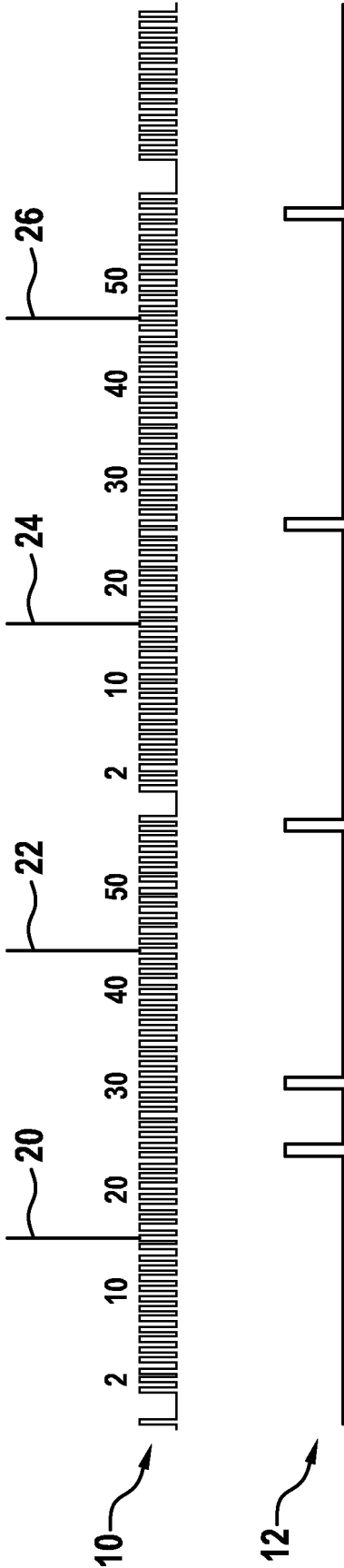


Fig. 2

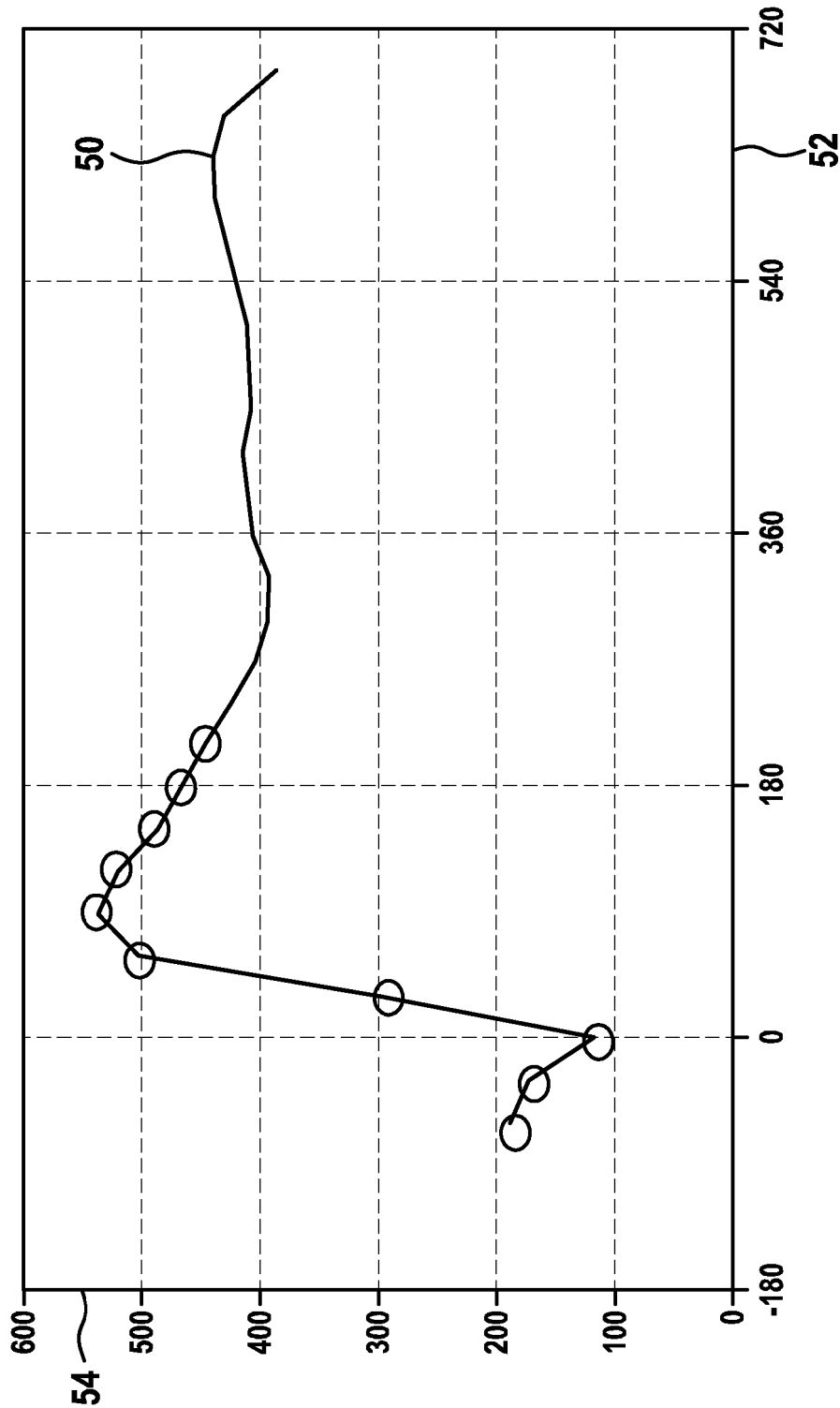


Fig. 3

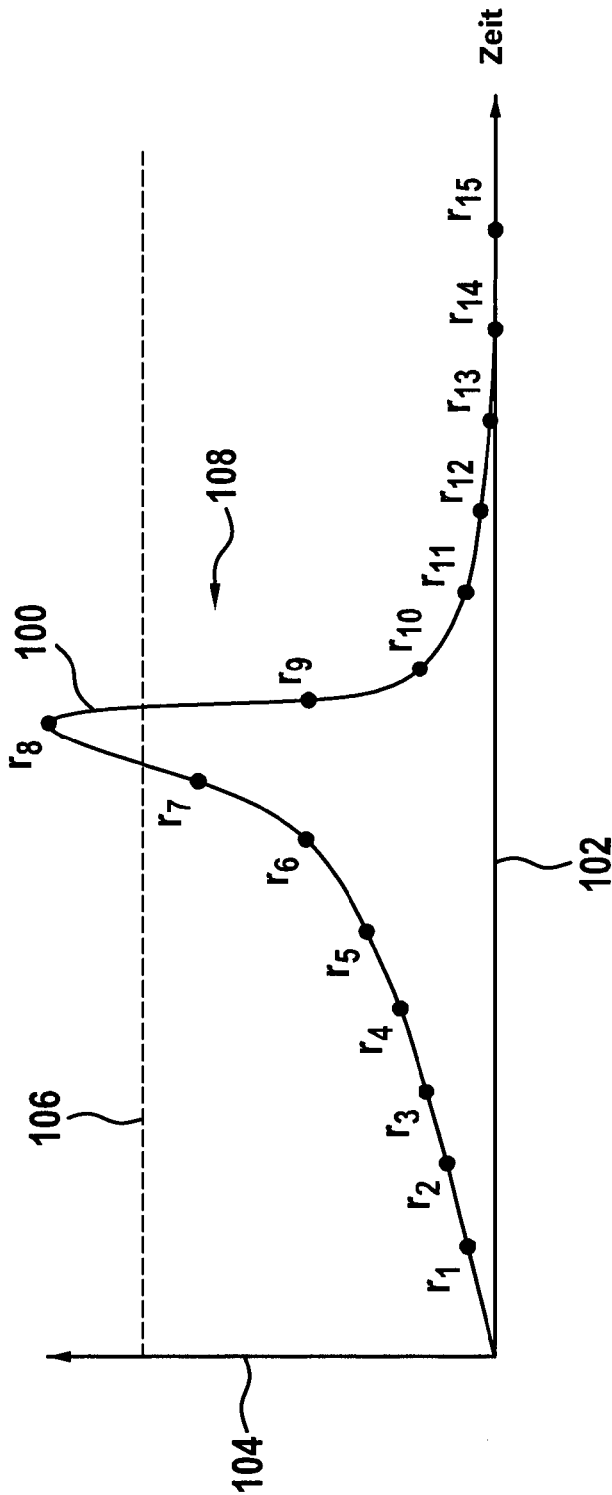


Fig. 4

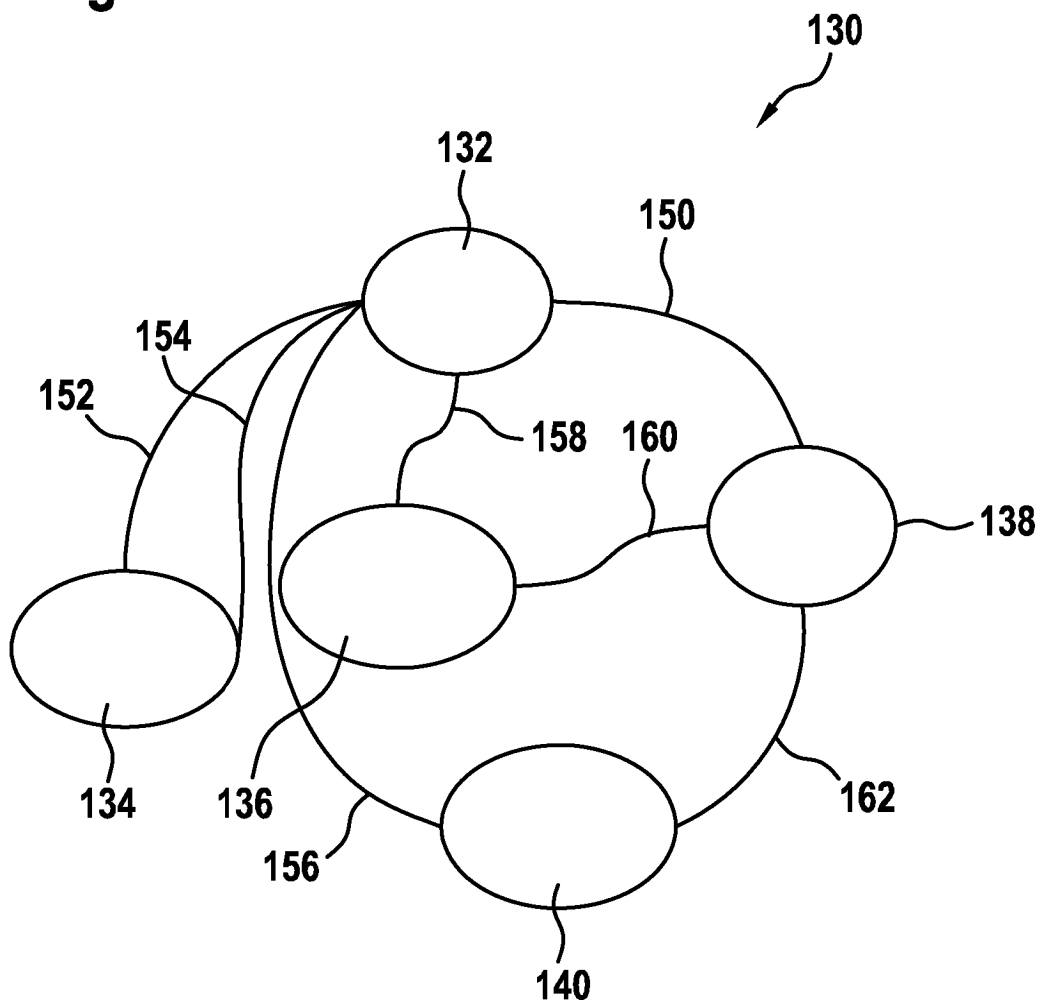


Fig. 5

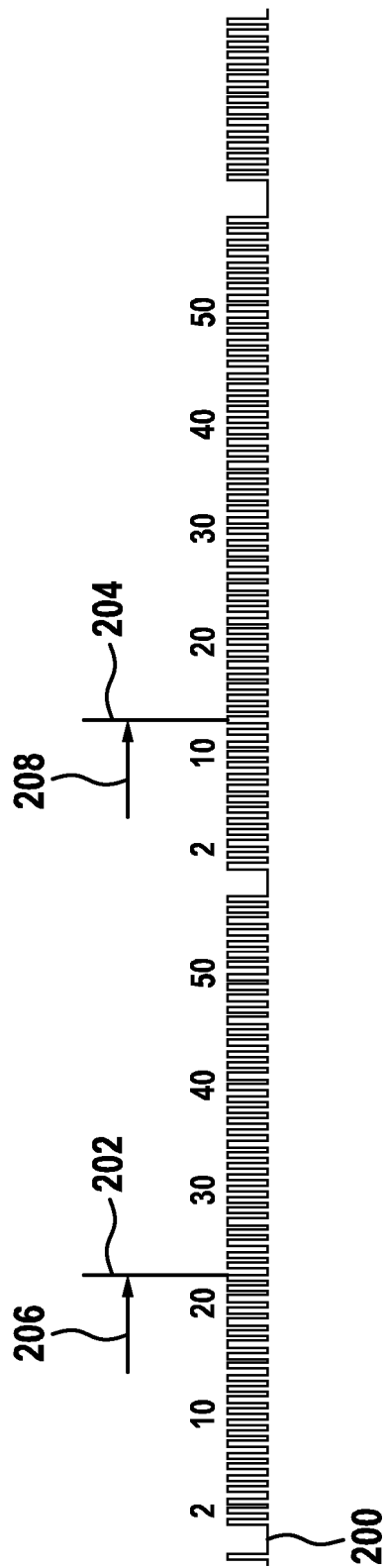


Fig. 6

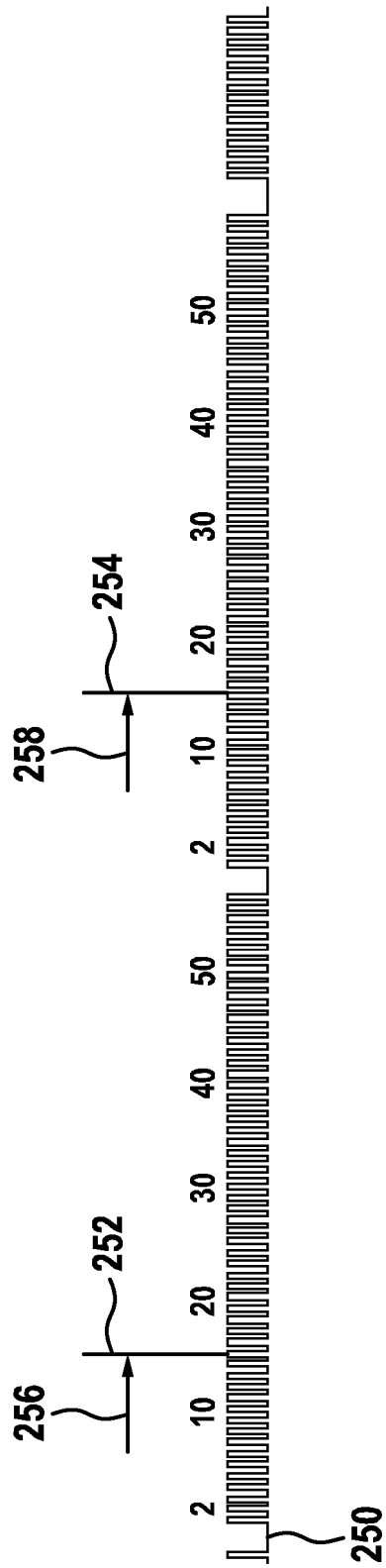


Fig. 7

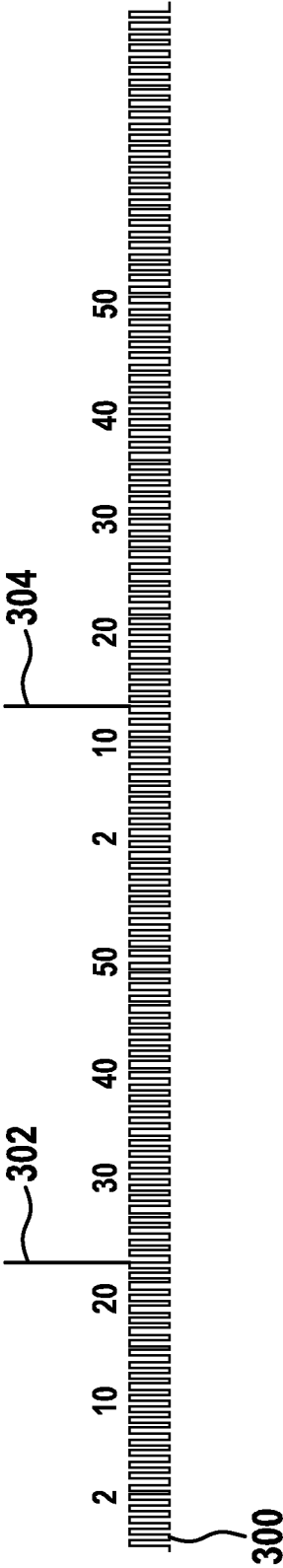


Fig. 8

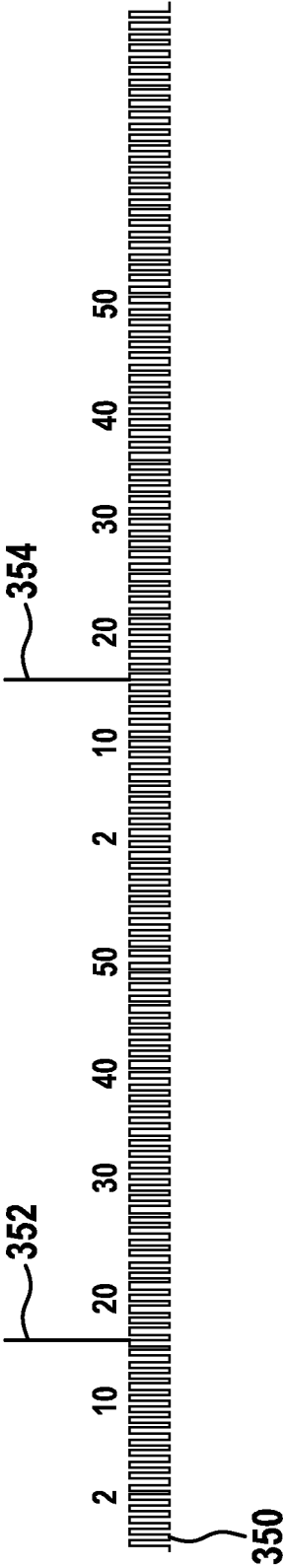


Fig. 9

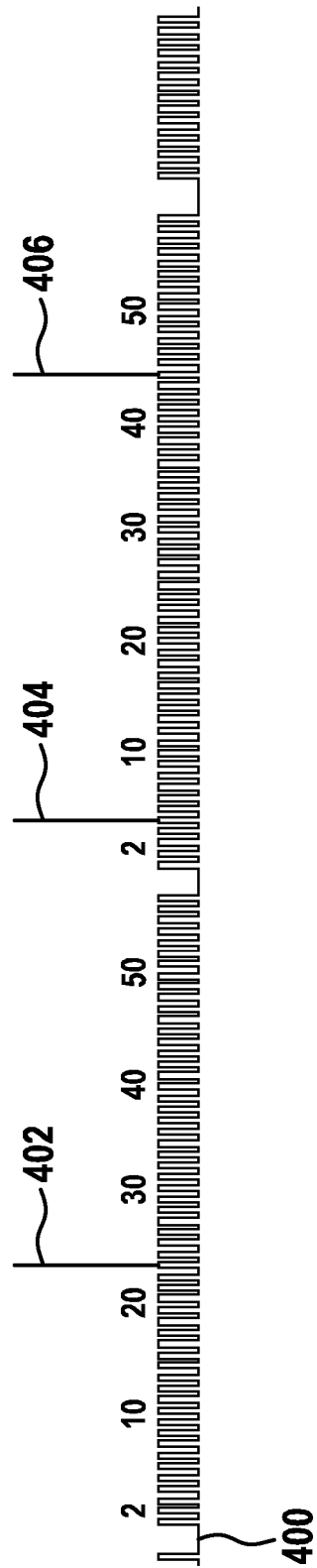


Fig. 10

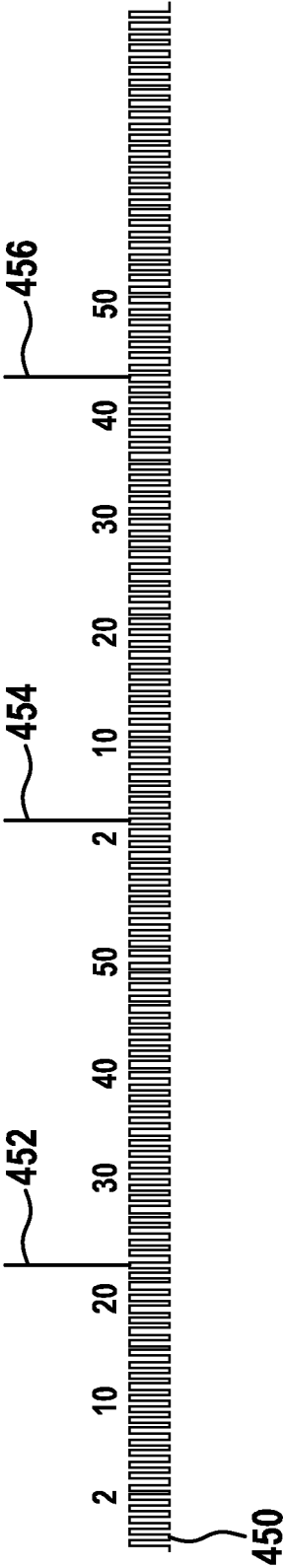
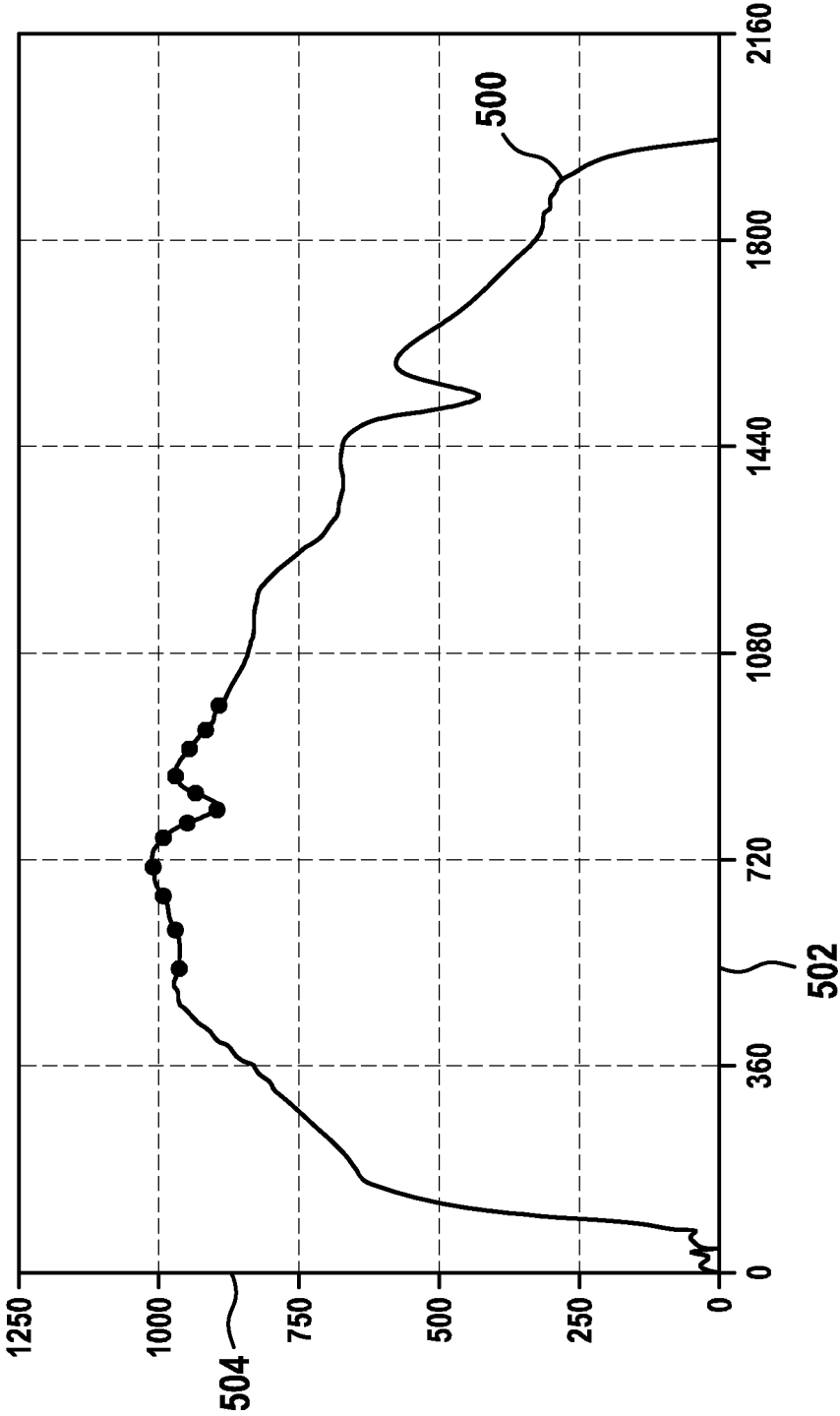


Fig. 11



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102014206182 A1 [0010]
- EP 1507077 A2 [0010]