



(11) **EP 3 069 014 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
16.09.2020 Patentblatt 2020/38

(51) Int Cl.:
F02P 11/02 ^(2006.01) **F02P 15/08** ^(2006.01)
F02P 17/12 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14786676.8**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2014/072533

(22) Anmeldetag: **21.10.2014**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2015/071055 (21.05.2015 Gazette 2015/20)

(54) **VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES ZÜNDSYSTEMS**

METHOD FOR OPERATING AN IGNITION SYSTEM

PROCÉDÉ POUR FAIRE FONCTIONNER UN SYSTÈME D'ALLUMAGE

(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: **14.11.2013 DE 102013223182**
13.08.2014 DE 102014216024

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
21.09.2016 Patentblatt 2016/38

(73) Patentinhaber: **Robert Bosch GmbH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **SKOWRONEK, Tim**
87547 Missen-Wilhams (DE)
• **PAWLAK, Thomas**
87509 Immenstadt (DE)
• **SINZ, Wolfgang**
88145 Hergatz (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 10 250 736 DE-A1-102009 046 397
DE-A1-102010 010 465 JP-A- S60 156 977
JP-A- S60 178 967 US-A- 4 462 380

EP 3 069 014 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

Stand der Technik

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Zündsystem für eine Brennkraftmaschine sowie ein Verfahren zum Betreiben eines Zündsystems. Dabei soll insbesondere eine Zündfunkenentladung an einer Funkenstrecke zu einem ungeeigneten Zeitpunkt unterdrückt werden. Im Stand der Technik sind Zündsysteme für fremdzündende Verbrennungsmotoren bekannt, bei welchen beispielsweise ein Stromfluss durch die Primärseite eines induktiven Systems unterbrochen wird, der sekundärseitig einen Funken über eine eigens dafür vorgesehene Funkenstrecke im Brennraum des Verbrennungsmotors veranlasst. Sofern zum Zündzeitpunkt zündfähiges Gemisch vom Funken durchgeschlagen wird, verbrennt das Gemisch und treibt den Motor dabei an. Aufgrund unterschiedlicher Umstände kann es jedoch dazu kommen, dass der Zündfunke vorzeitig erlischt oder gar nicht erst zu Stande kommt. Dabei kann Restenergie in den Kapazitäten des Zündsystems, welche auch beispielsweise parasitäre Kapazitäten der Sekundärwicklung oder parasitäre Kapazitäten anderer diskreter Bauelemente, wie EFU-Dioden (Einschaltfunkenunterdrückung), sein können, verbleiben. Somit liegt über der Funkenstrecke weiterhin eine Spannung an. Diese kann dazu führen, dass zu einem späteren, ungeeigneten Zeitpunkt eine unerwünschte Entladung und damit Zündfunkenbildung im Brennraum erfolgt, da beispielsweise zu diesem Zeitpunkt ein geringerer Gemischdruck und/oder eine geringere Turbulenz des Gemischs im Brennraum vorherrschen. Führt der durch Restladung erzeugte Funke zu einer Verbrennung, können schwerwiegende Schäden im Aggregat die Folge sein. DE 102 50 736 A1 beschreibt, dass bei einem fremdgezündeten Verbrennungsmotor, bei dem ein zündfähiges Kraftstoff-Luft-Gemisch durch einen Zündvorgang gezündet wird, indem ein Entladen einer zuvor geladenen Zündeinrichtung ausgelöst wird, motorbetriebspunktabhängig bei Vorliegen eines Vollast- oder Aufladungs-Betriebszustands mindestens ein zusätzlicher Zündvorgang durch Laden und anschließendes Entladen der Zündeinrichtung in einem Arbeitstaktbereich des Verbrennungsmotors durchgeführt wird, in welchem kein zündfähiges Gemisch vorliegt.

[0002] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Zündfunkenentladung an einer Funkenstrecke zu einem ungeeigneten Zeitpunkt zu unterdrücken bzw. zu verhindern, wobei Energie gespart und die Belastung für die Komponenten des Zündsystems verringert werden.

Offenbarung der Erfindung

[0003] Die vorstehend genannte Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren nach einem der unabhängigen Ansprüche 1-3 gelöst.

[0004] Das Verfahren umfasst ein Erzeugen einer leit-

fähigen Strecke durch einen Zündfunken an der Funkenstrecke zu einem Zeitpunkt, der vor dem fiktiven ungeeigneten Zeitpunkt liegt. Zumindest dann, wenn eine Zündfunkenentladung zu einem ungeeigneten Zeitpunkt zu unterdrücken ist, wird daher durch das rechtzeitige Erzeugen eines Zündfunken die verbliebene Ladung abgebaut, indem eine leitfähige Strecke im Brennraum an der Funkenstrecke erzeugt wird. Der Zeitpunkt wird dabei so gewählt, dass eine Beschädigung des Verbrennungsmotors nicht erfolgen kann.

[0005] Die Unteransprüche zeigen bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung.

[0006] Bevorzugt wird der Zeitpunkt für die Erzeugung der leitfähigen Strecke so gewählt, dass in einem die Funkenstrecke umspülenden Gemisch eine vergleichsweise geringe Turbulenz herrscht. Auf diese Weise wird verhindert, dass durch Fluidbewegungen im Brennraum auch die kontrollierte Entladungszündung zur Unterdrückung der Zündfunkenentladung nicht erfolgreich ist.

[0007] Weiter bevorzugt liegt der Zeitpunkt für die Erzeugung der leitfähigen Strecke in einem Arbeitstakt, in welchem ein Arbeiten und/oder ein Ausstoßen von Fluid aus einem die Funkenstrecke enthaltenden Brennraum erfolgt. Da die Arbeitstakte Arbeiten und Ausstoßen vor den Arbeitstakten Ansaugen und Verdichten (also hinsichtlich eines unkontrollierten Zündens des Gemisches die wesentlich kritischeren Arbeitstakte) erfolgen, kann so eine das Aggregat gegebenenfalls schädigende unkontrollierte Zündung vermieden werden. Alternativ oder zusätzlich kann der Zeitpunkt für die Erzeugung der leitfähigen Strecke so gewählt werden, dass die Entladungszündung zu einem geeigneten Zeitpunkt in den Arbeitstakten "Ansaugen" und "Verdichten" liegt, wenn die in einem oder mehreren elektrischen Energiespeichern des Zündsystems gespeicherte Restenergie unter einem vorbestimmten Schwellwert liegt. Die Entladungszündung darf also nur eine Restenergiemenge aufweisen, welche zur Entflammung des Kraftstoffgemischs im Brennraum nicht ausreicht. Auf diese Weise kann durch ein zusätzliches Zünden eine spätere unkontrollierte Zündung verhindert und die Brennkraftmaschine hierdurch geschützt werden.

[0008] Weiter bevorzugt wird die zu unterdrückende Zündfunkenentladung durch einen Funkenabriss bedingt. Mit anderen Worten führt zunächst eine Zündung zur Gefahr einer zu unterdrückenden Zündfunkenentladung. Anschließend wird erfindungsgemäß zum geeigneten Zeitpunkt die leitfähige Strecke zur Entladung des Zündsystems hergestellt. Auf diese Weise ist eine sichere Vermeidung von Zündfunkenentladungen zu ungeeigneten Zeitpunkten sichergestellt.

[0009] Die erfindungsgemäßen Verfahren umfassen jeweils ein Erkennen eines Funkenabrisses und/oder ein Erkennen einer Fehlzündung. Im Ansprechen darauf wird eine leitfähige Strecke durch den Zündfunken an der Zündfunkenstrecke erzeugt. Zur Realisierung dieser Verfahrensschritte können die Zündfunkenspannungen oder -ströme ausgewertet werden. Die Messung von

Zündfunkenströmen kann beispielsweise auf der Sekundärseite des Zündsystems und durch eine elektronische Auswertung erfolgen, welche insbesondere einer jeweiligen Zündfunkenstrecke (Zündkerze) zugeordnet ist. Auf diese Weise wird bei ausbleibendem Funkenabriss eine standardmäßige Entladungszündung zu einem geeigneten Zeitpunkt erübrigt, wodurch Energie gespart und die Belastung für die Komponenten des Zündsystems verringert werden.

[0010] Sehr vorteilhaft ist, wenn zeitlich vor dem Erzeugen der leitfähigen Strecke ermittelt wird, ob Restenergie in einer elektrischen Kapazität des Zündsystems vorhanden ist, da auf diese Weise erkannt werden kann, ob eine unerwünschte Zündfunkenentladung droht.

[0011] Darüber hinaus wird erfindungsgemäß zeitlich vor dem Erzeugen der leitfähigen Strecke geprüft, ob kein zündfähiges Gemisch in einem Brennraum einer Brennkraftmaschine vorliegt. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass die definierte Entladung der Restenergie, die nach einem Funkenabriss in den Kapazität verblieben ist, nicht zu einer Zündung im Brennraum der Brennkraftmaschine führt. Zur Entladung der Restenergie wird also lediglich eine elektrisch leitfähige Funkenstrecke erzeugt in einer nicht zündfähigen Umgebung.

[0012] Vorteilhaft ist, wenn das Erzeugen eines Zündfunkens gemäß einer ersten Alternative intern im Zündsystem, beispielsweise in einem internen Steuergerät oder in internen Elektronikbausteinen, ausgelöst wird, da auf diese Weise das Zündsystem autark erkennt, ob eine definierte Entladung notwendig ist und somit der Kommunikationsaufwand mit einem externen Steuergerät reduziert werden kann. Auch vorteilhaft ist, wenn das Erzeugen eines Zündfunkens gemäß einer zweiten Alternative auch durch ein externes Steuergerät, beispielsweise Motorsteuergerät, ausgelöst wird, da auf diese Weise der Aufwand innerhalb des Zündsystems reduziert werden kann und in Abhängigkeit der im Steuergerät erfassten Betriebszustände der Brennraumbedingungen die definierte Entladung gesteuert werden kann.

[0013] Das Zündsystem für eine Brennkraftmaschine, mit dem das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt wird, umfasst eine erste Elektrode und eine zweite Elektrode einer Funkenstrecke, an der ein Zündfunke erzeugt wird und der zur Entzündung brennfähigen Gemisches in einem Brennraum der Brennkraftmaschine dient. Weiter umfasst das Zündsystem einen Spannungserzeuger zur Erzeugung eines Zündfunkens. Der Spannungserzeuger kann beispielsweise induktiv ausgestaltet sein, mittels welchem beim Abschalten eines primärseitigen Stroms eine sekundärseitige Zündspannung erzeugt wird. Grundsätzlich kann der erste Spannungserzeuger auch durch weitere Spannungserzeuger bei der Zündung oder der Aufrechterhaltung eines bestehenden Zündfunkens unterstützt werden. Zusätzlich umfasst das Zündsystem eine Steuereinheit bzw. Regeleinheit zur Steuerung des Spannungserzeugers. Durch die Steuereinheit wird beispielsweise ein Zündzeitpunkt bzw. eine Erzeugung eines Zündfunkens an einem geeigneten

Zeitpunkt (siehe oben) gesteuert und veranlasst. Die Ansteuerung zum Löschfunken kann intern vom Zündsystem oder extern durch das Steuergerät (Parametrierung des Zündungskennfeldes) realisiert werden, wobei hier auch eine Ansteuerung in Abhängigkeit von weiteren Betriebsparametern möglich ist (z.B. Löschfunke nur dann, wenn A) Vollast oder B) Hochlast-AGR).

[0014] Bevorzugt umfasst das Zündsystem einen Spannungssensor, welcher eingerichtet ist, nach einem regelmäßigen Zündzeitpunkt zur Gemischentzündung eine im Zündsystem verbliebene elektrische Spannung zu detektieren und im Ansprechen auf ein Überschreiten eines vordefinierten Schwellenwertes der Spannung das Erzeugen der leitfähigen Strecke durch den Zündfunken an der Funkenstrecke zu veranlassen. Mit anderen Worten wird Sensorik verwendet, um ein Erfordernis für ein erfindungsgemäßes Entladen des Zündsystems zu erkennen und zu veranlassen. Auf diese Weise erübrigt sich eine standardmäßige Entladung des Zündsystems beispielsweise nach einem vordefinierten Zeitfenster, welches sich an einen jeden regelmäßigen Zündzeitpunkt anschließt.

[0015] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird eine Zündung als erfolgreich angesehen, wenn es zum Funkenüberschlag kommt und sich die elektrisch gespeicherte Energie auf einen Wert unterhalb eines vordefinierten Schwellenwertes abbaut.

[0016] Bei einer nicht erfolgreichen Zündung ist zwischen zwei Fällen zu unterscheiden. Im ersten Fall führt der Funke nicht zur Gemischentflammung, was als Fehlzündung zu bezeichnen ist. Die verbliebene Restenergie im Zündsystem kann im weiteren Verlauf zu Fehlfunktionen führen. In einem zweiten Fall führt der Funke zwar zur Gemischentflammung, was nicht einer klassischen Fehlzündung entspricht und als Funkenabriss zu bezeichnen ist, da der Funke vorzeitig abreißt, wodurch elektrische Restenergie im Zündsystem verbleibt. Eine im Sinne der vorliegenden Erfindung nicht erfolgreiche Zündung ist daher dann der Fall, wenn die verbliebene elektrische Restenergie im Zündsystem einen vordefinierten Schwellenwert überschreitet.

[0017] Ein Zündsystem, mit dem das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt wird, umfasst eine (diskrete oder parasitäre) Kapazität, welche im Falle einer nicht erfolgreichen Zündung bei zu hohem Restenergiegehalt durch Funkenabriss eine Spannung speichert, welche wiederum durch einen Zündfunken an der Funkenstrecke zu einem geeigneten Zeitpunkt zumindest anteilig entladen wird. Die Kapazität kann beispielsweise in einer sekundärseitigen Masche des Zündsystems gemeinsam mit der Funkenstrecke enthalten sein, um Energie zu speichern, welche zur Aufrechterhaltung des Zündfunkens nach dem Zünden verwendet wird. Da diese Kapazität im Falle einer nicht erfolgreichen Zündung Energie bereithält, welche zu einem ungeeigneten Zündzeitpunkt eine problematische unkontrollierte und unerwünschte Zündung im Brennraum veranlassen könnte, kann erfindungsgemäß Abhilfe geschaffen werden.

[0018] Weiter bevorzugt erfolgt das Erzeugen der leitfähigen Strecke durch den Zündfunken, mit anderen Worten also die Entladungszündung, an der Funkenstrecke durch denselben Spannungserzeuger, welcher die zu unterdrückende Zündfunkenentladung vorbereitet hat. Mit anderen Worten ist lediglich eine zusätzliche Ansteuerung des Spannungserzeugers erforderlich, um die vorstehende Erfindung in einem bekannten Zündsystem zu implementieren. Es erübrigt sich daher ein zusätzlicher Hardwareaufwand.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0019] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen im Detail beschrieben. In den Zeichnungen ist:

- Figur 1 ein schematisches Schaltbild eines Teils eines Zündsystems;
- Figur 2 ein schematisches Schaltbild eines Teils eines alternativen Zündsystems;
- Figur 3 ein Druck-Kurbelwellenwinkel-Diagramm veranschaulichend prinzipielle Druckverhältnisse während unterschiedlicher Arbeitstakte einer Brennkraftmaschine; und
- Figur 4 ein Flussdiagramm veranschaulichend Schritte eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

Ausführungsformen der Erfindung

[0020] Figur 1 zeigt ein Zündsystem 1, welches einen Transformator 2 mit einer Primärseite 3 und einer Sekundärseite 4 als Spannungserzeuger aufweist. Die Primärseite 3 und die Sekundärseite 4 sind magnetisch gekoppelt. Parallel zur Sekundärseite 4 liegen sowohl eine Kapazität C als auch eine Funkenstrecke F. Die Sekundärseite 4 ist durch einen elektrischen Kontakt mit der elektrischen Masse 5 geerdet.

[0021] Figur 2 zeigt ein alternatives Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Zündsystems 1. Im Gegensatz zur in Figur 1 dargestellten Anordnung ist die Kapazität C in Reihe zur Sekundärseite 4 des Transformators 2 angeordnet. Die Sekundärseite 4, die Kapazität C und die Funkenstrecke F liegen somit in einer einzigen gemeinsamen Masche.

[0022] Figur 3 zeigt einen exemplarischen schematischen Druckverlauf im Brennraum einer Brennkraftmaschine über dem Kurbelwinkel (gemessen in "Grad Kurbelwinkel"). Darin sind die vier Arbeitstakte eines Otto-Motors Ansaugen I, Verdichten II, Verbrennen III und Ausstoßen IV dargestellt. Die Arbeitstakte Ansaugen I und Verdichten II einen kritischen Bereich X für die Entladung eines unkontrollierten Funkens dar. Während ei-

ne kontrollierte Zündung im Bereich eines Übergangs vom zweiten Arbeitstakt Verdichten II zum dritten Arbeitstakt Verbrennen III erfolgt, sollte eine erfindungsgemäße Entladung des erfindungsgemäßen Zündsystems in den Bereichen Verbrennen III und Ausstoßen IV (als der anspruchsgemäße geeignete Zeitpunkt) erfolgen. Auf diese Weise findet eine Entladung statt, bevor durch die verbliebene Ladung in einem nächsten Arbeitszyklus der mit X gekennzeichnete kritische Bereich eine schädigende, unkontrollierte Verbrennung ermöglicht. Auch in den Bereichen I und II kann ein Löschfunke provoziert werden, wobei dafür Sorge zu tragen ist, dass die Entladung zur Gemischentflammung nicht genügend Energie freisetzt. Figur 4 zeigt ein Flussdiagramm, veranschaulichend Schritte eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0023] Im Schritt 100 wird ein Zündversuch eines Gemisches im Brennraum unternommen. Der Zündversuch kann misslingen, was einer Fehlzündung, einem kritischen Funkenstromabriss oder einer verbleibenden, zu hohen kapazitiv gespeicherten Restenergie entspricht. Dies wird im Schritt 200 durch Ermittlung und Auswertung einer sekundärseitigen Spannung und/oder eines sekundärseitigen Stromes erkannt. Im Fall der Auswertung des sekundärseitigen Stroms wird geprüft, ob dieser einen vorbestimmten Schwellwert überschreitet. Wenn dieser Schwellwert überschritten ist, wird geprüft, ob ein geeigneter Zeitpunkt zum Abbau der Restenergie vorliegt, indem ermittelt wird, ob kein zündfähiges Gemisch in einem Brennraum einer Brennkraftmaschine vorliegt. Wenn kein zündfähiges Gemisch im Brennraum vorhanden ist, erfolgt in Schritt 300 eine zweite Zündung, also zu einem geeigneten Zeitpunkt, der vorzugsweise in den Arbeitstakten III, IV (siehe Figur 3) erfolgt.

[0024] Es ist ein Kerngedanke der vorliegenden Erfindung, dass nach dem Verbrennungsvorgang in einem unkritischen Zustand ein Entladungsfunke an den Kerzenelektroden im Brennraum erzeugt wird, wie dies beispielsweise durch das entsprechende Bestromen und ein Abschalten der Primärspule der Zündspule erfolgen kann. Durch den hierbei entstehenden Entladungsfunken entsteht eine leitfähige Strecke, über welche sich die verbleibende Energie der Kapazitäten der Sekundärseite des Zündsystems entladen kann. Dieser Vorgang wird vorzugsweise bei geringer Turbulenz im Brennraum durchgeführt. Durch die geringe Turbulenz reißt der Funke bei einem unkritisch geringen Spannungswert bzw. Stromwert ab. Somit wird die gespeicherte Energie nahezu vollständig im Funken umgesetzt. Die dem geringen Wert des Funkenstroms entsprechende Restenergie liegt unterhalb der notwendigen Energie für eine unkontrollierte Zündung. Das erfindungsgemäße Verfahren kann wahlweise bei jeder Zündung, nach einem detektierten Funkenabriss oder bei einer detektierten Fehlzündung (z.B. durch Ausbleiben einer Hauptzündung im Bereich des oberen Totpunktes bzw. eines Funkenabrisse) ausgelöst werden.

Das Erzeugen eines Zündfunkens im Schritt 300 kann

gemäß einer ersten Alternative intern im Zündsystem, beispielsweise in einem internen Steuergerät oder in internen Elektronikbausteinen, ausgelöst werden. Gemäß einer zweiten Alternative kann das Erzeugen eines Zündfunken auch durch ein externes Steuergerät, beispielsweise Motorsteuergerät, ausgelöst werden.

Bei den Ausführungsbeispielen nach Fig.1 und Fig.2 können die Schritte 200,300 die folgenden Schritte umfassen: Es wird der sekundärseitige Strom ermittelt und ein Funkenabriss und/oder eine Fehlzündung an einer sprunghaften Änderung des sekundärseitigen Stroms erkannt. Dies geschieht, indem geprüft wird, ob der Betrag der Änderung des sekundärseitigen Stroms einen vorbestimmten ersten Schwellenwert überschreitet. Wenn dies der Fall ist, ist eine Überschreitungsbedingung erfüllt.

Anstatt des sekundärseitigen Stroms kann auch eine sekundärseitige Spannung erfasst werden, die vorzugsweise erst nach einer vorbestimmten zeitlichen Verzögerung nach einem Startzeitpunkt des Verfahrens ermittelt wird, um einen stationären Zustand im Zündsystem zu haben. Die zeitliche Verzögerung ist beispielsweise drehzahlabhängig und/oder abhängig von einem Kurbelwellenwinkel. Ein Funkenabriss und/oder eine Fehlzündung wird daran erkannt, dass die erfasste sekundärseitige Spannung einen vorbestimmten zweiten Schwellenwert überschreitet. Wenn dies der Fall ist, ist die Überschreitungsbedingung erfüllt.

Daraufhin wird ermittelt, ob eine Zündungsbedingung erfüllt ist, indem geprüft wird, ob kein zündfähiges Gemisch in einem Brennraum einer Brennkraftmaschine vorliegt. Wenn die Überschreitungsbedingung und die Zündungsbedingung erfüllt sind, wird im Schritt 300 eine leitfähige Strecke durch einen Zündfunken erzeugt.

Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel umfasst das Zündsystem zusätzlich einen Hochsetzsteller zur Aufrechterhaltung eines Zündfunken. Ein solches Zündsystem mit einem Hochsetzsteller ist beispielsweise in der DE 10 2013 218227 A1 offenbart, deren Inhalt ausdrücklich zum Offenbarungsgehalt dieser Anmeldung gehören soll.

[0025] Der Hochsetzsteller umfasst wie in der in der DE 10 2013 218227 A1 eine Induktivität, einen Schalter, eine Kapazität C und eine Diode. Die Induktivität des Hochsetzstellers ist in Form eines Transformators mit einer Primärseite und einer Sekundärseite ausgebildet. Die Induktivität dient hierbei als Energiespeicher, um den Kondensator aufzuladen. Die Kapazität C des Hochsetzstellers ist wie in Fig.2 in Reihe zur Sekundärseite 4 des Transformators 2 angeordnet. Die Ausgangsleistung des Hochsetzstellers wird bezüglich Fig.2 über einen zwischen der Sekundärseite 4 des Transformators 2 und der Kapazität C liegenden Knotenpunkt in die Sekundärseite 4 des Zündsystems 1 eingespeist und der Funkenstrecke F zur Verfügung gestellt. Die Ausgangsspannung des Hochsetzstellers liegt entsprechend an dem erwähnten Knotenpunkt an.

[0026] Erfindungsgemäß wird auch bei dem weiteren

Ausführungsbeispiel erkannt, dass Restenergie in einer elektrischen Kapazität C des Zündsystems vorhanden ist. Daraufhin wird zu einem geeigneten Zeitpunkt ein Zündfunken erzeugt. Die elektrische Kapazität C kann ein Kondensator des Hochsetzstellers oder eine parasitäre Kapazität im Zündsystem sein.

[0027] Bei dem Ausführungsbeispiel mit dem Hochsetzsteller umfasst der Schritt 200 die folgenden Schritte: Zunächst wird ermittelt, ob der Hochsetzsteller des Zündsystems ausgeschaltet ist. Wenn dies der Fall ist, wird eine Ausgangsspannung des Hochsetzstellers gemessen, insbesondere nach Ablauf einer vorbestimmten Zeit nach dem Abschalten des Hochsetzstellers, um einen stationären Zustand im Zündsystem zu haben. Anschließend wird ermittelt, ob die gemessene Ausgangsspannung einen vorbestimmten zweiten Schwellenwert überschreitet. Wenn der zweite Schwellenwert überschritten wird, kann man auf eine nicht erfolgreiche Zündung schließen, da zu viel Restenergie auf der Kapazität des Hochsetzstellers gespeichert ist und somit eine unbeabsichtigte Zündung zu einem ungeeigneten Zeitpunkt droht. Daraufhin wird geprüft, ob ein geeigneter Zeitpunkt zum Abbau der Restenergie vorliegt, indem ermittelt wird, ob kein zündfähiges Gemisch in einem Brennraum einer Brennkraftmaschine vorliegt. Wenn kein zündfähiges Gemisch im Brennraum vorhanden ist, liegt ein geeigneter Zeitpunkt vor und es wird eine Zündung gemäß dem Schritt 300 veranlasst.

[0028] Alternativ kann bei dem weiteren Ausführungsbeispiel die nicht erfolgreiche Zündung durch das Messen eines Zündfunkenstroms festgestellt werden. In diesem Fall umfasst der Schritt 200 die folgenden Schritte: Zunächst wird der Zündfunkenstrom gemessen. Daraufhin wird ermittelt, ob der gemessene Zündfunkenstrom einen vorbestimmten dritten Schwellenwert unterschreitet. Wenn der dritte Schwellenwert unterschritten wird, kann auf eine nicht erfolgreiche Zündung geschlossen werden. Durch den weiteren Betrieb des Hochsetzstellers nach der nicht erfolgreichen Zündung steigt die Spannung über der Ausgangskapazität des Hochsetzstellers weiter an, was die Gefahr einer ungewollten Funkenentladung erhöht. Deshalb wird ermittelt, ob die nicht erfolgreiche Zündung bei eingeschaltetem oder ausgeschaltetem Hochsetzsteller erfolgt. Wenn der Hochsetzsteller eingeschaltet ist, wird zusätzlich ermittelt, ob eine Zeitdifferenz zwischen dem Zeitpunkt der erstmaligen Unterschreitung des zweiten Schwellenwertes und einem bekannten Ende des Betriebs des Hochsetzstellers einen vorbestimmten vierten Schwellenwert überschreitet. Wenn der vierte Schwellenwert überschritten ist, ist zu viel Restenergie in der Kapazität des Hochsetzstellers gespeichert, so dass eine unbeabsichtigte Zündung droht. Daraufhin wird geprüft, ob ein geeigneter Zeitpunkt zum Abbau der Restenergie vorliegt, indem ermittelt wird, ob kein zündfähiges Gemisch in einem Brennraum der Brennkraftmaschine vorhanden ist. Wenn kein zündfähiges Gemisch im Brennraum vorliegt und die vorstehenden Bedingungen erfüllt sind, wird die Zündung ge-

mäß dem Schritt 300 veranlasst.

[0029] Auch wenn die erfindungsgemäßen Aspekte und vorteilhaften Ausführungsformen anhand der in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungsfisuren erläuterten Ausführungsbeispiele im Detail beschrieben worden sind, sind für den Fachmann Modifikationen und Kombinationen von Merkmalen der dargestellten Ausführungsbeispiele möglich, ohne den Bereich der vorliegenden Erfindung zu verlassen, deren Schutzbereich durch die beigefügten Ansprüche definiert wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Zündsystems für eine Brennkraftmaschine, umfassend einen Spannungserzeuger und eine Funkenstrecke (F) zur Erzeugung eines Zündfunken, **gekennzeichnet durch** die Schritte:

- Erkennen (200) eines Funkenabrisses und/oder einer Fehlzündung durch die Schritte

- Ermitteln eines sekundärseitigen Stroms oder einer sekundärseitigen Spannung,

- Ermitteln, ob eine Überschreitungsbedingung erfüllt ist, wobei die Überschreitungsbedingung erfüllt ist, wenn eine Änderung des sekundärseitigen Stroms einen vorbestimmten ersten Schwellenwert überschreitet, oder wenn die sekundärseitige Spannung einen vorbestimmten zweiten Schwellenwert überschreitet,

- Ermitteln, ob eine Zündungsbedingung erfüllt ist, indem ermittelt wird, ob kein zündfähiges Gemisch in einem Brennraum einer Brennkraftmaschine vorliegt, wobei die Zündungsbedingung erfüllt ist, wenn kein zündfähiges Gemisch in dem Brennraum der Brennkraftmaschine vorliegt,

- im Ansprechen darauf Erzeugen (300) einer leitfähigen Strecke durch einen Zündfunken an der Funkenstrecke (F) in einem geeigneten Arbeitstakt der Brennkraftmaschine, wenn die Überschreitungsbedingung und die Zündungsbedingung erfüllt sind, wobei der geeignete Arbeitstakt ein Arbeitstakt (I, II, III, IV) ist,

- in welchem ein Arbeiten (III) und/oder ein Ausstoßen (IV) von Fluid aus einem die Funkenstrecke (F) enthaltenden Brennraum stattfindet, und/oder

- in welchem ein Ansaugen (I) und/oder Verdichten (II) stattfindet und in welchem die in einem oder mehreren elektrischen Energiespeichern des Zündsystems gespeicherte Restenergie unter einem vorbestimmten

Schwellenwert liegt.

2. Verfahren zum Betreiben eines Zündsystems für eine Brennkraftmaschine, umfassend einen Spannungserzeuger und eine Funkenstrecke (F) zur Erzeugung eines Zündfunken, wobei das Zündsystem zusätzlich einen Hochsetzsteller zur Aufrechterhaltung eines Zündfunken aufweist, der eine elektrische Kapazität (C) zur Zwischenspeicherung von Zündenergie umfasst, **gekennzeichnet durch** die Schritte:

- Erkennen (200) eines Funkenabrisses und/oder einer Fehlzündung durch die Schritte

- Ermitteln, ob eine Zustandsbedingung erfüllt ist, indem ermittelt wird, ob der Hochsetzsteller des Zündsystems ausgeschaltet ist,

- Messen einer Ausgangsspannung des Hochsetzstellers, wenn der Hochsetzsteller ausgeschaltet ist,

- Ermitteln, ob eine Überschreitungsbedingung erfüllt ist, wobei die Überschreitungsbedingung erfüllt ist, wenn die gemessene Ausgangsspannung einen vorbestimmten zweiten Schwellenwert überschreitet,

- Ermitteln, ob eine Zündungsbedingung erfüllt ist, indem ermittelt wird, ob kein zündfähiges Gemisch in einem Brennraum einer Brennkraftmaschine vorliegt,

- im Ansprechen darauf Erzeugen (300) einer leitfähigen Strecke durch einen Zündfunken an der Funkenstrecke (F) in einem geeigneten Arbeitstakt der Brennkraftmaschine, wenn die Zustandsbedingung, die Überschreitungsbedingung und die Zündungsbedingung erfüllt sind, wobei der geeignete Arbeitstakt ein Arbeitstakt (I, II, III, IV) ist,

- in welchem ein Arbeiten (III) und/oder ein Ausstoßen (IV) von Fluid aus einem die Funkenstrecke (F) enthaltenden Brennraum stattfindet, und/oder

- in welchem ein Ansaugen (I) und/oder Verdichten (II) stattfindet und in welchem die in einem oder mehreren elektrischen Energiespeichern des Zündsystems gespeicherte Restenergie unter einem vorbestimmten Schwellenwert liegt.

3. Verfahren zum Betreiben eines Zündsystems für eine Brennkraftmaschine, umfassend einen Spannungserzeuger und eine Funkenstrecke (F) zur Erzeugung eines Zündfunken, wobei das Zündsystem zusätzlich einen Hochsetzsteller zur Aufrechterhaltung eines Zündfunken aufweist, der eine

elektrische Kapazität (C) zur Zwischenspeicherung von Zündenergie umfasst, **gekennzeichnet durch** die Schritte:

- Erkennen (200) eines Funkenabrisses und/oder einer Fehlzündung durch die Schritte 5
 - Ermitteln, ob eine Zustandsbedingung erfüllt ist, indem ermittelt wird, ob der Hochsetzsteller des Zündsystems eingeschaltet ist, 10
 - Messen eines Zündfunkenstroms,
 - Ermitteln, ob eine Unterschreitungsbedingung erfüllt ist, wobei die Unterschreitungsbedingung erfüllt ist, wenn der gemessene Zündfunkenstrom einen vorbestimmten dritten Schwellenwert unterschreitet, 15
 - Wenn der Hochsetzsteller eingeschaltet ist, ermitteln, ob eine Überschreitungsbedingung erfüllt ist, wobei die Überschreitungsbedingung erfüllt ist, wenn eine Zeitdifferenz zwischen dem Zeitpunkt der erstmaligen Unterschreitung des dritten Schwellenwertes und einem Ende des Betriebs des Hochsetzstellers einen vorbestimmten vierten Schwellenwert überschreitet, 20
 - Ermitteln, ob eine Zündungsbedingung erfüllt ist, indem ermittelt wird, ob kein zündfähiges Gemisch in einem Brennraum einer Brennkraftmaschine vorliegt, 25
- im Ansprechen darauf Erzeugen (300) einer leitfähigen Strecke durch einen Zündfunken an der Funkenstrecke (F) in einem geeigneten Arbeitstakt der Brennkraftmaschine, wenn die Unterschreitungsbedingung, die Zustandsbedingung, die Überschreitungsbedingung und die Zündungsbedingung erfüllt sind, wobei der geeignete Arbeitstakt ein Arbeitstakt (I, II, III, IV) ist, 30
 - in welchem ein Arbeiten (III) und/oder ein Ausstoßen (IV) von Fluid aus einem die Funkenstrecke (F) enthaltenden Brennraum stattfindet, und/oder 35
 - in welchem ein Ansaugen (I) und/oder Verdichten (II) stattfindet und in welchem die in einem oder mehreren elektrischen Energiespeichern des Zündsystems gespeicherte Restenergie unter einem vorbestimmten Schwellenwert liegt. 40

Claims

1. Method for operating an ignition system for an internal combustion engine, comprising a voltage generator and a spark gap (F) for generating an ignition

spark, **characterized by** the steps of:

- identifying (200) a spark break and/or a misfire by the steps of
 - ascertaining a secondary-side current or a secondary-side voltage,
 - ascertaining whether an overshooting condition is satisfied, wherein the overshooting condition is satisfied when a change in the secondary-side current overshoots a predetermined first threshold value, or when the secondary-side voltage overshoots a predetermined second threshold value,
 - ascertaining whether an ignition condition is satisfied by way of ascertaining whether there is no ignitable mixture in a combustion space of an internal combustion engine, wherein the ignition condition is satisfied when there is no ignitable mixture in the combustion chamber of the internal combustion engine,
- in response to this generating (300) a conductive path by an ignition spark at the spark gap (F) in a suitable working cycle of the internal combustion engine when the overshooting condition and the ignition condition are satisfied, wherein the suitable working cycle is a working cycle (I, II, III, IV),
 - in which working (III) and/or expulsion (IV) of liquid from a combustion chamber which contains the spark gap (F) take/takes place, and/or
 - in which intake (I) and/or compression (II) take/takes place and in which the residual energy which is stored in one or more electrical energy stores of the ignition system lies below a predetermined threshold value.

2. Method for operating an ignition system for an internal combustion engine, comprising a voltage generator and a spark gap (F) for generating an ignition spark, wherein the ignition system additionally has a step-up converter for maintaining an ignition spark, which step-up converter comprises an electrical capacitor (C) for temporarily storing ignition energy, **characterized by** the steps of:

- identifying (200) a spark break and/or a misfire by the steps of
 - ascertaining whether a state condition is satisfied by way of ascertaining whether the step-up converter of the ignition system is switched off,
 - measuring an output voltage of the step-

- up converter when the step-up converter is switched off,
- ascertaining whether an overshooting condition is satisfied, wherein the overshooting condition is satisfied when the measured output voltage overshoots a predetermined second threshold value,
 - ascertaining whether an ignition condition is satisfied by way of ascertaining whether there is no ignitable mixture in a combustion space of an internal combustion engine,
- in response to this generating (300) a conductive path by an ignition spark at the spark gap (F) in a suitable working cycle of the internal combustion engine when the state condition, the overshooting condition and the ignition condition are satisfied, wherein the suitable working cycle is a working cycle (I, II, III, IV)
- in which working (III) and/or expulsion (IV) of fluid from a combustion chamber which contains the spark gap (F) take/takes place, and/or
 - in which intake (I) and/or compression (II) take/takes place and in which the residual energy which is stored in one or more electrical energy stores of the ignition system lies below a predetermined threshold value.
3. Method for operating an ignition system for an internal combustion engine, comprising a voltage generator and a spark gap (F) for generating an ignition spark, wherein the ignition system additionally has a step-up converter for maintaining an ignition spark, which step-up converter comprises an electrical capacitor (C) for temporarily storing ignition energy, **characterized by** the steps of:
- identifying (200) a spark break and/or a misfire by the steps of
 - ascertaining whether a state condition is satisfied by way of ascertaining whether the step-up converter of the ignition system is switched on,
 - measuring an ignition spark current,
 - ascertaining whether an undershooting condition is satisfied, wherein the undershooting condition is satisfied when the measured ignition spark current undershoots a predetermined third threshold value,
 - when the step-up converter is switched on, ascertaining whether an overshooting condition is satisfied, wherein the overshooting condition is satisfied when a time difference between the time of first undershooting of

- the third threshold value and an end of operation of the step-up converter overshoots a predetermined fourth threshold value,
- ascertaining whether an ignition condition is satisfied by way of ascertaining whether there is no ignitable mixture in a combustion space of an internal combustion engine,
- in response to this generating (300) a conductive path by an ignition spark at the spark gap (F) in a suitable working cycle of the internal combustion engine when the undershooting condition, the state condition, the overshooting condition and the ignition condition are satisfied, wherein the suitable working cycle is a working cycle (I, II, III, IV)
- in which working (III) and/or expulsion (IV) of fluid from a combustion chamber which contains the spark gap (F) take/takes place, and/or
 - in which intake (I) and/or compression (II) take/takes place and in which the residual energy which is stored in one or more electrical energy stores of the ignition system lies below a predetermined threshold value.

Revendications

1. Procédé pour faire fonctionner un système d'allumage pour moteur à combustion interne, comprenant un générateur de tension et un éclateur (F) destiné à générer une étincelle d'allumage, **caractérisé par** les étapes consistant à :
- détecter (200) une rupture d'étincelle et/ou un défaut d'allumage au moyen des étapes consistant à :
 - déterminer un courant ou une tension côté secondaire,
 - déterminer si une condition de franchissement en sens croissant est satisfaite, dans lequel la condition de franchissement en sens croissant est satisfaite lorsqu'une variation du courant côté secondaire franchit en sens croissant une première valeur de seuil prédéterminée, ou lorsque la tension côté secondaire franchit en sens croissant une deuxième valeur de seuil prédéterminée,
 - déterminer si une condition d'allumage est satisfaite en déterminant s'il n'y a pas de mélange inflammable dans une chambre de combustion d'un moteur à combustion interne, dans lequel la condition d'allumage est satisfaite lorsqu'il n'y a pas de mélange inflammable dans la chambre de combustion du moteur à combustion interne,
 - en réponse à cela, générer (300) une voie con-

- ductrice au moyen d'une étincelle d'allumage sur l'éclateur (F) au cours d'un cycle de fonctionnement approprié du moteur à combustion interne lorsque la condition de franchissement en sens croissant et la condition d'allumage sont satisfaites, dans lequel le cycle de fonctionnement approprié est un cycle de fonctionnement (I, II, III, IV)
- lors duquel il se produit un fonctionnement (III) et/ou une éjection (IV) de fluide à partir d'une chambre de combustion contenant l'éclateur (F), et/ou
- lors duquel il se produit une aspiration (I) et/ou une compression (II) et lors duquel l'énergie résiduelle accumulée dans un ou plusieurs accumulateurs d'énergie électrique du système d'allumage est inférieure à une valeur de seuil prédéterminée.
2. Procédé pour faire fonctionner un système d'allumage pour moteur à combustion interne, comprenant un générateur de tension et un éclateur (F) destiné à générer une étincelle d'allumage, dans lequel le système d'allumage comporte en outre un convertisseur élévateur de tension destiné à entretenir une étincelle d'allumage, qui comprend une capacité électrique (C) destinée à l'accumulation intermédiaire d'énergie d'allumage, **caractérisé par** les étapes consistant à :
- détecter (200) une rupture d'étincelle et/ou un allumage défectueux au moyen des étapes consistant à
 - déterminer si une condition est satisfaite en déterminant si le convertisseur élévateur du système d'allumage est désactivé,
 - mesurer une tension de sortie du convertisseur élévateur lorsque le convertisseur élévateur est désactivé,
 - déterminer si une condition de franchissement en sens croissant est satisfaite, dans lequel la condition de franchissement en sens croissant est satisfaite lorsque la tension de sortie mesurée franchit en sens croissant une deuxième valeur de seuil prédéterminée,
 - déterminer si une condition d'allumage est satisfaite en déterminant s'il n'y a pas de mélange inflammable dans une chambre de combustion d'un moteur à combustion interne,
 - en réponse à cela, générer (300) une voie conductrice au moyen d'une étincelle d'allumage sur l'éclateur (F) au cours d'un cycle de fonctionnement approprié du moteur à combustion interne lorsque la condition d'état, la condition de franchissement en sens croissant et la condition d'allumage sont satisfaites, dans lequel le cycle de fonctionnement approprié est un cycle
- de fonctionnement (I, II, III, IV)
- lors duquel il se produit un fonctionnement (III) et/ou une éjection (IV) de fluide à partir d'une chambre de combustion contenant l'éclateur (F), et/ou
 - lors duquel il se produit une aspiration (I) et/ou une compression (II) et lors duquel l'énergie résiduelle accumulée dans un ou plusieurs accumulateurs d'énergie électrique du système d'allumage est inférieure à une valeur de seuil prédéterminée.
3. Procédé pour faire fonctionner un système d'allumage pour moteur à combustion interne, comprenant un générateur de tension et un éclateur (F) destiné à générer une étincelle d'allumage, dans lequel le système d'allumage comporte en outre un convertisseur élévateur de tension destiné à entretenir une étincelle d'allumage, qui comprend une capacité électrique (C) destinée à l'accumulation intermédiaire d'énergie d'allumage, **caractérisé par** les étapes consistant à :
- détecter (200) une rupture d'étincelle et/ou un allumage défectueux au moyen des étapes consistant à
 - déterminer si une condition est satisfaite en déterminant si le convertisseur élévateur du système d'allumage est activé,
 - mesurer un courant d'étincelle d'allumage,
 - déterminer si une condition de franchissement en sens décroissant est satisfaite, dans lequel la condition de franchissement en sens décroissant est satisfaite lorsque le courant d'étincelle d'allumage mesuré franchit en sens décroissant une troisième valeur de seuil prédéterminée,
 - lorsque le convertisseur élévateur est activé, déterminer si une condition de franchissement en sens croissant est satisfaite, dans lequel la condition de franchissement en sens croissant est satisfaite lorsqu'une différence de temps entre l'instant où la troisième valeur de seuil a été franchie en sens décroissant la première fois et une fin du fonctionnement du convertisseur élévateur franchit en sens croissant une quatrième valeur de seuil prédéterminée,
 - déterminer si une condition d'allumage est satisfaite en déterminant s'il n'y a pas de mélange inflammable dans la chambre de combustion d'un moteur à combustion interne,
 - en réponse à cela, générer (300) une voie conductrice au moyen d'une étincelle d'allumage sur l'éclateur (F) au cours d'un cycle de fonctionnement approprié du moteur à combustion interne lorsque la condition de franchissement en sens décroissant, la condition d'état, la condition de franchissement en sens croissant et la condition d'allumage sont satisfaites, dans le-

quel le cycle de fonctionnement approprié est un cycle de fonctionnement (I, II, III, IV) - au cours duquel il se produit un fonctionnement (III) et/ou une éjection (IV) de fluide à partir d'une chambre de combustion contenant l'éclateur (F), et/ou - lors duquel il se produit une aspiration (I) et/ou une compression (II) et lors duquel l'énergie résiduelle accumulée dans un ou plusieurs accumulateurs d'énergie électrique du système d'allumage est inférieure à une valeur de seuil prédéterminée.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

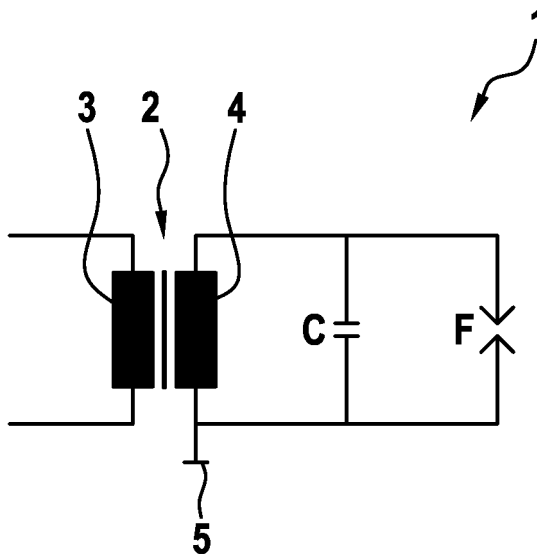


Fig. 2

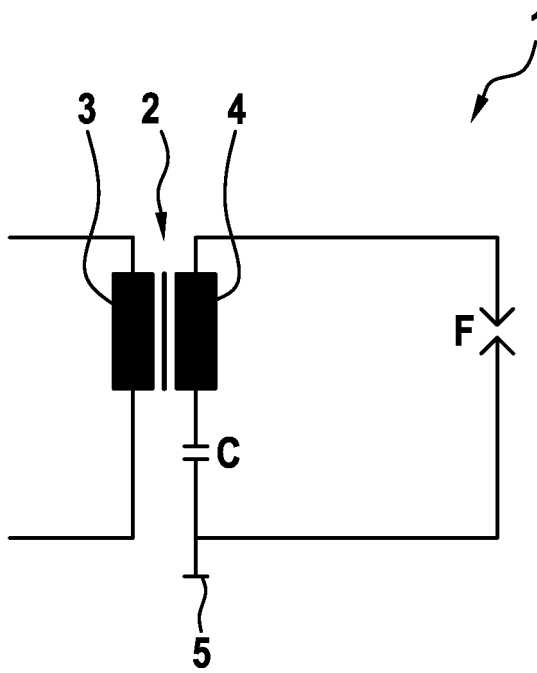


Fig. 3

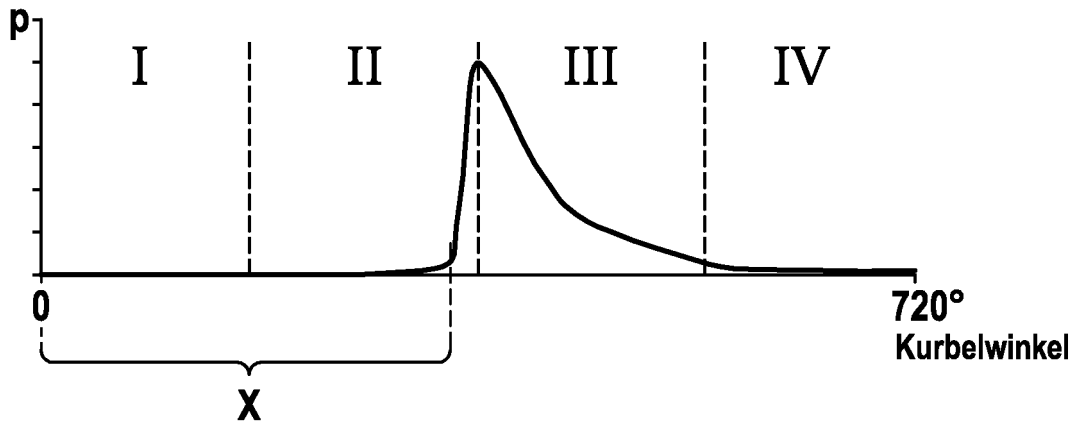
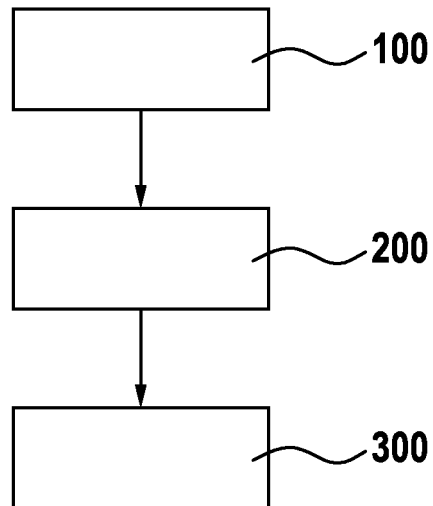


Fig. 4



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 10250736 A1 [0001]
- DE 102013218227 A1 [0024] [0025]