



(11) **EP 1 476 648 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
26.12.2007 Patentblatt 2007/52

(51) Int Cl.:
F02D 41/34^(2006.01) F02P 17/12^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **02796519.3**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2002/004729

(22) Anmeldetag: **23.12.2002**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2003/060307 (24.07.2003 Gazette 2003/30)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ERKENNUNG EINER PHASE EINES 4−TAKT−OTTOMOTORS**

METHOD AND DEVICE FOR IDENTIFYING A PHASE OF A FOUR-STROKE SPARK IGNITION ENGINE

PROCEDE ET DISPOSITIF DE RECONNAISSANCE D'UNE PHASE D'UN MOTEUR A ALLUMAGE COMMANDE A 4 TEMPS

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

• **BINDER, Helmut**
74172 Neckarsulm (DE)

(30) Priorität: **15.01.2002 DE 10201164**

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 979 941 US-A- 5 174 267
US-A- 5 370 099 US-A- 6 029 631
US-B1- 6 453 733

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.11.2004 Patentblatt 2004/47

(73) Patentinhaber: **ROBERT BOSCH GMBH**
70442 Stuttgart (DE)

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 003, no. 088
(M-067), 27. Juli 1979 (1979-07-27) & JP 54 065223
A (HITACHI LTD), 25. Mai 1979 (1979-05-25)

(72) Erfinder:
• **OTT, Karl**
71706 Markgroeningen (DE)

EP 1 476 648 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erkennung einer Phase eines 4-Takt-Ottomotors.

[0002] Bei Motoren, deren Einspritzventile elektronisch durch eine ECU (electronic control unit) gesteuert werden, ist es notwendig, die Phasenlage beim Start des Verbrennungsmotors zu bestimmen. Da sich ein Verbrennungszyklus über zwei 360°-Umdrehungen der Kurbelwelle erstreckt, wird erst durch die Phasenlage festgelegt, ob sich der Kolben bei der Aufwärtsbewegung im Verdichtungsstakt oder im Ausstoßstakt befindet.

[0003] Hierzu sind verschiedene Systeme bekannt. Zum einen kann auf der Nockenwelle ein zusätzliches Geberrad vorgesehen sein oder eine Auslauferkennung vorgenommen werden. Derartige Systeme erfordern aufwendige zusätzliche Mittel.

[0004] Bei Motoren mit Saugrohreinspritzung kann weiterhin eine Bestimmung der Phase in einem sogenannten Doppelzündungsverfahren durch Brennstoffeinspritzung und Zündung in den aufeinanderfolgenden oberen Totpunkten erfolgen.

[0005] Jede zweite Zündung findet hierbei ein zündfähiges Brennstoffgemisch vor. Je nach Phasenlage erfolgt die Einspritzung als Vorlagerung vor das geschlossene Einlaßventil oder bei offenem Einlaßventil im Ansaugtakt. Bei Motoren mit Saugrohreinspritzung wird jedoch niemals unverbranntes Gemisch in den Katalysator geschoben. Nach erfolgtem Motorstart kann anschließend mit anderen OT-Erkennungsverfahren auf die Einzelzündung im Z-OT umgeschaltet werden.

[0006] Ein derartiges Doppelzündungsverfahren mit Zündung und Einspritzung bei jeder Kurbelwellenumdrehung kann jedoch nicht bei einem Motor mit Benzin-Direkt-Einspritzung (BDE) vorgenommen werden, da bei diesen Motoren die Einspritzung genau in dem Ansaugtakt oder dem Anfangsbereich des Verdichtungsstaktes erfolgen muß, eine Einspritzung im Ausstoßstakt hingegen nicht erlaubt ist, da ansonsten unverbrannter Brennstoff in den Katalysator ausgeschoben werden kann.

[0007] Die DE 198 17 447 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung, bei denen in einer Startphase die Kurbelwelle von einem Anlasser gedreht wird und ohne eine Einspritzung bei jeder Kurbelwellendrehung im Bereich des jeweiligen oberen Totpunktes eine Spannung an die Zündkerze angelegt wird. Für die Erkennung der Phase wird das Paschengesetz herangezogen, gemäß dem die Zündspannung um so höher ist, je größer der Druck zwischen den Elektroden ist. Wird der Motor vom Anlasser gedreht, erfolgt eine Verdichtung des Gases im Verbrennungsraum jeweils nur in den Kompressionstakten, wobei der höchste Druck in den um 720° KW versetzten Zündungs-Oberen-Totpunkten (Z-OT) erreicht wird. In den um 360° hierzu versetzten Ladungswechsel-Oberen-Totpunkten (LW-OT) zwischen Ausstoßtakt und Ansaugtakt liegt hingegen ein deutlich niedriger Gasdruck vor. Zur Unterscheidung des Z-OT vom LW-OT

wird eine Zündspannung eingestellt, die lediglich bei dem niedrigen Druck des LW-OT zur Zündung ausreicht, beim hohen Druck des Z-OT jedoch nicht. Zur Einstellung der Zündspannung wird der Zündspule lediglich eine entsprechende Zündenergie zugeführt. Die Unterscheidung, ob im jeweiligen oberen Totpunkt eine Zündung stattgefunden hat oder nicht, wird durch eine Analyse des Ionenstroms vorgenommen. Falls keine Zündung vorgelegen hat, wird hierbei im Primärstromkreis und Sekundärstromkreis wegen der Bauelementekapazitäten und der Induktivität der jeweiligen Zündspulenwicklung nur eine kurze Halbschwingung gemessen, die durch die Freilaufdiode unterbrochen wird. Im Falle einer Zündung wird hingegen ein im wesentlichen dreieckförmiger Sekundärstrom als Funkenstrom gemessen.

[0008] Das Verfahren und die Vorrichtung der DE 198 17 447 A1 kann auch bei einem BDE-Motor angewendet werden, da die Zündungen im LW-OT ohne Einspritzung erfolgen. Hierbei muß jedoch zunächst eine genaue Ansteuerung der Zündspule erfolgen, um genau die gewünschte Zündenergie zur Verfügung zu stellen. Der erforderliche Schwellenwert der Zündenergie zur Unterscheidung der oberen Totpunkte kann insbesondere bei verschiedenen Motoren unterschiedlich ausfallen, so daß eine genaue Einstellung erschwert ist. Weiterhin ist die Auswertung des gemessenen Ionenstroms für eine genaue Unterscheidung zwischen Z-OT und LW-OT relativ aufwendig.

[0009] Das erfindungsgemäße Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und die erfindungsgemäße Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 12 bieten demgegenüber den Vorteil, daß sie mit relativ geringem Aufwand verwirklicht werden können, eine genaue Erkennung der Phase ermöglichen und insbesondere auch bei einem Benzin-Direkt-Einspritzungs-Motor verwendet werden können. Hierbei kann vorteilhafterweise im Anschluß an die Phasenerkennung bei sich bereits drehender Kurbelwelle der Motor durch phasenrichtige Einspritzung und Zündung gestartet werden.

[0010] Erfindungsgemäß wird somit - anders als bei den oben genannten Doppelzündungsverfahren - der Motor mit Zündung und ohne Einspritzung gedreht. Anders als in der DE 198 17 447 A1 wird eine hinreichend hohe Zündenergie zugeführt, die bei jeder Kurbelwellenumdrehung zu einer Zündung führt, ohne einen genauen Schwellenwert einstellen zu müssen.

[0011] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß eine Unterscheidung des Z-OT von dem LW-OT auch bei Durchführung einer Zündung in beiden oberen Totpunkten möglich ist, da das Zündverhalten in beiden Stellungen unterschiedlich ist. Im Z-OT ist aufgrund des hohen Druckes die Zündspannung hoch und die Brenndauer kurz; im LW-OT ist hingegen die Zündspannung klein und die Brenndauer lang. Eine Unterscheidung zwischen den beiden Stellungen kann somit bei erfolgten Zündungen durch einen Vergleich der Brenndauern, des Zündstroms oder der an der Zündkerze anliegenden Zündspannung erfolgen..

[0012] Gemäß einer Ausführungsform kann der Sekundärstrom gemessen werden, z. B. als Spannungsabfall über einen mit der Sekundärwicklung der Zündspule und der Zündkerze in Reihe geschalteten Meßwiderstandes gegenüber Masse. In diesem Fall wird die Meßeinrichtung auf einfache Weise durch den Meßwiderstand im Sekundärstromkreis gebildet. Die am Meßwiderstand abfallende Spannung wird als Meßsignal von einer Auswerteeinrichtung aufgenommen.

[0013] Eine Messung im Primärstromkreis kann insbesondere über die an den Primärwicklungsklemmen der Zündspule abgenommene Primärspannung erfolgen. Als Meßeinrichtung kann in diesem Fall eine geeignete Meßschaltung mit einem Operationsverstärker oder Komparator dienen, wobei die Primärspannung z. B. über eine Spannungsteilerschaltung einem Eingang des Operationsverstärkers zum Vergleich mit einer Referenzspannung am anderen Eingang des Operationsverstärkers zugeführt werden kann. Der Operationsverstärker gibt wiederum ein Meßsignal an eine Auswerteeinrichtung ab.

[0014] Die Auswerteeinrichtung kann in beiden Ausführungsformen vorteilhafterweise zusätzlich zu dem jeweiligen Meßsignal das Ansteuersignal des Zündtransistors aufnehmen, um für die Auswertung des Meßsignals den Zündzeitpunkt bestimmen zu können.

[0015] Die Auswerteeinrichtung gibt ein Brenndauersignal an eine Vergleichseinrichtung aus, die die Brenndauersignale miteinander oder mit vorgespeicherten Werten vergleicht und hierbei eine kürzere Brenndauer der Zündung im Z-OT zuordnet.

[0016] Die erfindungsgemäße Phasenerkennung kann an einem oder mehreren Kolben gleichzeitig durchgeführt werden. Nach erfolgter Phasenerkennung kann die Drehung der Kurbelwelle bereits für den Startvorgang ausgenutzt werden, indem phasenrichtig im nächsten Z-OT Einspritzung und Zündung erfolgen.

[0017] Erfindungsgemäß sind somit - anders als bei z. B. Phasenerkennungen über Auslauferkennung oder ein zusätzliches Geberrad auf der Nockenwelle - keine zusätzlichen Sensoren, sondern lediglich ein relativ geringer Schaltungsaufwand erforderlich. Hierdurch wird ein Motorstart auch mit defektem Phasengeber möglich. Die Erfindung kann vorteilhafterweise insbesondere bei Benzin-Direkt-Einspritzungs-Motoren verwendet werden, da während der Phasenerkennung eine Einspritzung ganz vermieden wird und somit kein Brennstoff zum Katalysator gelangen kann. Sie kann weiterhin auch bei Motoren mit Saugrohr-Einspritzung angewendet werden; eine derartige Verwendung ist insbesondere bei Saugrohr-Einspritz-Motoren vorteilhaft, bei denen das herkömmlich verwendete Doppelzündungsverfahren unter Zündung und Einspritzung bei jedem oberen Totpunkt problematisch ist.

[0018] Die erfindungsgemäß verwendete Meßeinrichtung und Auswerteeinrichtung kann integriert ausgebildet werden. Insbesondere bei einer Messung der an der Primärwicklung induzierten Primärspannung liegt keine

weitere Beeinflussung des Primär- und Sekundärstromkreises vor, so daß eine kostengünstige Lösung mit sicherer Phasenerkennung ohne weitere Beeinflussung des Zündvorganges möglich ist.

[0019] Die Erfindung wird im folgenden anhand der beiliegenden Zeichnungen an einigen Ausführungsformen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Schaltbild einer Zündanlage mit zwei alternativ verwendbaren Vorrichtungen zur Phasenerkennung gemäß der Erfindung;

Fig. 2a, b Diagramme mit dem zeitlichen Verlauf der Spannungen U_{R1} , U_2 von Fig. 1 bei den oberen Totpunkten.

[0020] Gemäß Fig. 1 ist in einem Primärstromkreis 4 zwischen einem Batterieanschluß der Bordspannung UB und Masse eine Primärwicklung einer Zündspule 2 und ein Zündtransistor 3 vorgesehen. Der Zündtransistor 3 wird von einem Ansteuersignal a angesteuert und läßt in seinem niederohmigen Zustand - bei hohem Spannungspegel des Ansteuersignals a - einen Primärstrom in dem Primärstromkreis 4 zu, durch den in der Zündspule 2 ein Magnetfeld aufgebaut wird. Beim nachfolgenden Sperren des Zündtransistors 3 in seinem hochohmigen Zustand - bei niedrigem Spannungspegel des Ansteuersignals a - induziert das zusammenbrechende Magnetfeld der Zündspule 2 in deren Sekundärwicklung einen Spannungsstoß, der zu einer Funkenentladung an einer Zündkerze 8 führt. Hierbei fällt an dem in Reihe geschalteten Meßwiderstand RM entsprechend dem jeweiligen Sekundärstrom eine Spannung U_2 gegenüber dem auf Masse gelegten Anschluß der Zündspule 8 ab.

[0021] Erfindungsgemäß ist die gezeigte Zündanlage mit Zündspule 2, Bordspannung UB und Ansteuersignal a so gewählt, daß die in der Zündspule 2 gespeicherte Zündenergie vor dem Ausschalten des Primärstroms für eine Zündung eines Gases sowohl im Ladungswechsel-Oberen-Totpunkt (LW-OT) als auch im Zündungs-Oberen-Totpunkt (Z-OT) für den Aufbau einer hinreichend hohen Zündspannung an der Zündkerze 8 ausreicht.

[0022] Die am Kollektor des Zündtransistors 3 bzw. dem entsprechenden Anschluß der Primärwicklung der Zündspule 2 anliegende Spannung U_1 wird von einer Spannungsteilerschaltung mit Widerständen R1, R2 abgenommen. Ein Eingang eines Operationsverstärkers 12 oder Komparators ist mit der Spannungsteilerschaltung zwischen den Widerständen R1 und R2 verbunden und nimmt somit eine Primärvergleichsspannung $U_{R1} = R1/(R1 + R2)U_1$ auf. Zur Spannungsbegrenzung kann die gezeigte Zener-Diode ZD parallel zu R1 geschaltet sein. Hierbei werden die Widerstände R1, R2 derartig hoch gewählt, daß sie den Primärstrom nicht nennenswert beeinflussen und insbesondere im hochohmigen Zustand des Zündtransistors 3 kein nennenswerter, für das magnetische Feld der Zündspule 2 relevanter Primärstrom durch sie fließt. Indem nicht U_1 , sondern die Primärvergleichsspannung U_{R1} dem Operationsverstärker 12 zu-

geführt wird, liegt zum Zündzeitpunkt anstelle des hohen Spannungswertes von U_1 ein begrenzter Spannungswert an. Hierbei kann z. B. $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$ und $R_1 = 11 \text{ k}\Omega$ gewählt werden, so daß durch R_2 ein Strom von ca. 2 mA fließt, die Brennschaltung von U_1 zwischen 20 V und 40 V und die Brennschaltung von U_{R1} zwischen 2 V und 4 V liegt.

[0023] Der andere Eingang des Operationsverstärkers 12 ist über eine zweite Spannungsteilerschaltung 13 bzw. eine andere geeignete Einrichtung zur Einstellung einer Referenzspannung U_{Ref} an die Bordspannung U_B angeschlossen. Durch Verwendung der Spannungsteilerschaltung 13 wird eine von der Bordspannung U_B abhängige Referenzspannung U_{Ref} erzeugt, so daß eine vorteilhafte automatische Anpassung an Änderungen von U_B (z. B. bei Betätigung des Anlassers) erfolgt. In Abhängigkeit von U_1 liefert der Operationsverstärker 12 ein hohes oder niedriges Ausgangssignal. Hierbei sind U_{Ref} und R_1 , R_2 so gewählt, daß eine durch den Sekundärstrom bei einer Zündung induzierte Primärspannung erfaßt und von einem zündstromfreien Zustand unterscheiden werden kann. Das Ausgangssignal des Operationsverstärkers 12 wird einer ersten Auswerteeinrichtung 16 zugeführt, die weiterhin das Ansteuersignal a aufnimmt und ein Brenndauersignal $t-BR1$ ausgibt.

[0024] Die von der ersten Auswerteeinrichtung 16 und zweiten Auswerteeinrichtung 18 ausgegebenen Brenndauersignale können anschließend mit entsprechenden Signalen der beim nachfolgenden oberen Totpunkt erfolgten Messung in einer nicht gezeigten Vergleichseinrichtung verglichen werden.

[0025] Erfindungsgemäß kann alternativ die erste Meßeinrichtung im Primärstromkreis oder die zweite Meßeinrichtung im Sekundärstromkreis verwendet werden; es ist jedoch grundsätzlich auch die Verwendung beider Meß- und Auswerteeinrichtungen möglich.

[0026] Bei den Zündungen in den um 360° versetzten oberen Totpunkten wird jeweils das gleiche Ansteuersignal a an den Zündtransistor ausgegeben, so daß dem Magnetfeld der Zündspule 2 die gleiche Zündenergie zugeführt wird. Nach dem Paschengesetz erfolgt nach der Zündung jedoch ein unterschiedliches Brennverhalten bei dem Z-OT mit komprimiertem Gas hohen Druckes zwischen den Elektroden der Zündkerze 8 und dem LW-OT mit Gas niedrigen Druckes zwischen den Elektroden der Zündkerze 8, so daß sich unterschiedliche Verläufe der Spannungen U_{R1} und U_2 ergeben, wie aus Fig. 2a, b ersichtlich ist:

[0027] Bei Messung und Auswertung am Primärstromkreis 4 der Zündspule 2 wird in beiden Stellungen der Kurbelwelle vor der Zündung - d. h. bei niederohmigem Zustand des Zündtransistors 3 - zunächst ein niedriger Spannungswert U_1 und somit auch U_{R1} vorliegen. Die anschließender Zündung mit einem Zündspannungstoß SP erfolgt beim Ladungswechsel-OT bei einer niedrigeren Zündspannung, wodurch die Spannung U_1 im Primärstromkreis einen niedrigeren Wert einnimmt und

somit auch U_{R1} gemäß der Kurve LW einen niedrigeren Wert einnimmt als beim Zündungs-OT gemäß der Kurve Z . Der jeweilige Brennvorgang erfolgt mit unterschiedlichen Brenndauern $t-BR-Z-OT$ und $t-BR-LW-OT$. Die jeweils gemessene Spannung U_{R1} ist proportional zu der aus dem sich abbauenden Magnetfeld der Zündspule 2 induzierten Spannung U_1 . Im Zündungs-OT baut sich das Magnetfeld der Zündspule 2 mit einem größeren Sekundärstrom im Sekundärstromkreis 6 schneller ab, so daß eine größere Spannung U_1 im Primärstromkreis mit kürzerer zeitlicher Erstreckung induziert wird. Im Ladungswechsel-OT der Kurve LW baut sich das Magnetfeld der Zündspule 2 langsamer ab unter Bildung eines geringeren Sekundärstroms, so daß die im Primärstromkreis induzierte Spannung U_1 und folglich auch U_{R1} geringer ist und sich über die längere Brenndauer $t-Br-LW-OT$ erstreckt. Eine Referenzspannung U_{Ref1} liegt zwischen dem Wert von U_{R1} während der längeren Brenndauer $t-Br-LW-OT$ und einem Ruhewert U_N nach den Brenndauern $t-Br-Z-OT$ und $t-Br-LW-OT$. Durch einen Vergleich von U_{R1} mit der Referenzspannung U_{Ref1} in dem Operationsverstärker 12 kann somit die Brenndauer ermittelt werden, wobei das Ausgangssignal des Operationsverstärkers 12 oder Komparators nach der jeweiligen Brenndauer den Wert ändert. Dieses Ausgangssignal des Operationsverstärkers 12 wird an die Auswerteeinrichtung 16 ausgegeben, die weiterhin das Ansteuersignal a zur Festlegung des Zündzeitpunktes aufnimmt und ein Brenndauersignal $t-BR1$ ausgibt.

[0028] Bei hierzu alternativer Verwendung der zweiten Meß- und Auswerteeinrichtung wird gemäß Kurve 2b eine dem induzierten Sekundärstrom proportionale Spannung U_2 direkt von der zweiten Auswerteeinrichtung 18 aufgenommen. Die in Fig. 2b gezeigten Meßkurven Z des Zündungs-OT und LW des Ladungswechsel-OT sind hierbei nicht unbedingt streng linear. Der in der Sekundärwicklung der Zündspule 2 induzierte Sekundärstrom fällt von einem hohen Anfangswert innerhalb der Brenndauer $t-BR-Z-OT$ relativ schnell auf Null ab. Der beim Ladungswechsel-OT induzierte Sekundärstrom fällt von einem kleineren Wert über die längere Brenndauer $t-BR-LW-OT$ auf Null ab. Diese Meßkurven können z. B. unterschieden werden, indem die gezeigten Spannungen U_2 mit der gestrichelt eingezeichneten Referenzspannung U_{Ref2} in z. B. einem Operationsverstärker oder Komparator der Auswerteeinrichtung 18 verglichen wird. Hierbei ist U_{Ref2} hinreichend niedrig anzusetzen, um einen deutlichen Unterschied der Meßkurven zu erhalten.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erkennen einer Phase eines 4-Takt-Ottomotors, bei dem in einer Startphase eine Kurbelwelle mit mindestens einem Kolben gedreht wird, bei mindestens zwei aufeinanderfolgenden oberen

- Totpunkten (Z-OT, LW-OT) des Kolbens ohne Zuführung von Brennstoff eine Zündung mittels einer Zündspule ausgelöst wird, ein Primärstrom oder eine Primärspannung eines Primärstromkreises oder ein Sekundärstrom oder eine Sekundärspannung eines Sekundärstromkreises in einem Meßzeitraum, der sich jeweils zumindest über eine Brenndauer (t-BR-Z-OT, t-BR-LW-OT) nach der Zündung erstreckt, gemessen wird, und aus einem Vergleich der Messungen der aufeinanderfolgenden oberen Totpunkte geschlossen wird, welcher der aufeinanderfolgenden oberen Totpunkte ein Zündungs-Oberer-Totpunkt (Z-OT) zwischen Kompressions- und Arbeitstakt und welcher ein Ladungswechsel-Oberer-Totpunkt (LW-OT) zwischen Ausstoßtakt und Ansaugtakt ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Messung, bei der eine kürzere Brenndauer (t-BR-Z-OT) erkannt wird, dem Zündungs-Oberer-Totpunkt (Z-OT) zugeordnet wird.
 3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Brenndauer als die Zeitdauer nach der Zündung erkannt wird, in der ein Primär- oder Sekundärspannungsmesswert oder ein Primär- oder Sekundärstrommesswert einen Referenzwert überschreitet.
 4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** in dem Meßzeitraum eine an der Primärwicklung der Zündspule induzierte Primärspannung (U_1) oder eine aus der Primärspannung (U_1) über eine Spannungsteilerschaltung (R_1 , R_2) gebildete Primärvergleichsspannung (U_{R1}) mit einer ersten Referenzspannung (U_{Ref1}) verglichen wird und in Abhängigkeit von diesem Vergleich ein Brenndauersignal (t-BR1) ausgegeben wird.
 5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die erste Referenzspannung (U_{Ref1}) zwischen den Spannungswerten der Primärvergleichsspannung (U_{R1}) während der Brenndauer eines Ladungswechsel-Oberer-Totpunktes (t-BR-LW-OT) und einer Ruhespannung (U_N) nach den Brenndauern (t-BR-Z-OT, t-BR-LW-OT) liegt.
 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein Sekundärstrom ermittelt wird, vorzugsweise durch Messung einer an einem mit der Sekundärwicklung und der Zündkerze (8) in Reihe geschalteten Meßwiderstand (RM) abfallenden Sekundärspannung (U_2).
 7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die in den oberen Totpunkten (Z-OT, LW-OT) gemessenen Sekundärspannungen (U_2) mit einer zweiten Referenzspannung (U_{Ref2}) verglichen werden, und in Abhängigkeit von diesem Vergleich ein Brenndauersignal (t-BR2) ausgegeben wird.
 8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Brenndauersignal (t-BR-1, t-BR-2) in Abhängigkeit von dem Meßwert und einem Ansteuersignal (a) des Zündtransistors ausgegeben wird.
 9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Phase eines Benzin-Direkt-Einspritzungs-Motors ermittelt wird.
 10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein Zündungs-Oberer-Totpunkt (Z-OT) bei mehreren Zylindern ermittelt wird.
 11. Verfahren zur Zündung eines 4-Takt-Otto-Motors, insbesondere eines Benzin-Direkt-Einspritzungs-Motors, bei dem eine Phase des Motors und der Drehung der Kurbelwelle mit einem Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche ermittelt wird und ohne Unterbrechung der Kurbelwellendrehung nachfolgend phasenrichtig eine Einspritzung und Zündung erfolgen.
 12. Vorrichtung zum Erkennen einer Phase eines 4-Takt-Otto-Motors mit einem Primärstromkreislauf, Sekundärstromkreislauf, Zündspule, Zündkerze und Zündtransistor, wobei die Vorrichtung aufweist:

eine Meßeinrichtung (12, 13, R_1 , R_2 ; RM) zum Messen einer Primär- oder Sekundärspannung oder eines Primär- oder Sekundärstroms bei Drehung der Kurbelwelle ohne Zuführung von Brennstoff im Bereich von aufeinanderfolgenden oberen Totpunkten eines Kolbens in jeweils einem Meßzeitraum, der sich zumindest über eine Brenndauer (t-BR-Z-OT, t-BR-LW-OT) nach der Zündung erstreckt, und zur Ausgabe eines Meßsignals, mit Mittel zur Unterdrückung der Kraftstoffzufuhr in den Brennkraftmaschinen-Takten vor und während der Messung der Primär- oder Sekundär-Spannung bzw des Primär- oder Sekundär-Stroms,

eine Auswerteeinrichtung (16; 18) zur Aufnahme des Meßsignals der Meßeinrichtung und Ausgabe eines Signals welches anzeigt welcher der aufeinanderfolgenden oberen Totpunkte ein Zündungs-Oberer-Totpunkt (Z-OT) zwischen Kompressions- und Arbeitstakt und welcher ein Ladungswechsel-Oberer-Totpunkt (LW-OT) zwischen Ausstoßtakt und Ansaugtakt ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Meßeinrichtung eine Primärspannungs-Meßeinrichtung (12, 13, R1, R2) zur Messung einer durch den Sekundärstrom induzierten Primärspannung (U1) ist. 5
14. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Meßeinrichtung ein Vergleichsmittel, vorzugsweise einen Operationsverstärker (12) oder Komparator, aufweist, dessen Eingänge über spannungseinstellende Mittel, vorzugsweise eine Referenzspannungsschaltung (13) und eine Spannungsteilerschaltung (R1, R2), mit den Primärwicklungsanschlüssen der Zündspule (2) verbunden sind. 10
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Meßeinrichtung eine Sekundärstrom-Meßeinrichtung ist, die einen Widerstand (RM) aufweist, der im Sekundärstromkreis (6) mit der Sekundärwicklung der Zündspule (2) und der Zündkerze (8) in Reihe geschaltet ist, wobei die Auswerteeinrichtung (18) eine an dem Meßwiderstand (RM) abfallende Sekundärspannung (U2) als Meßsignal aufnimmt. 15
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12-15, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Auswerteeinrichtung (16, 18) das Meßsignal der Meßeinrichtung (12, 13, R1, R2; RM) und ein Ansteuersignal (a) des Zündtransistors (3) aufnimmt und in Abhängigkeit hiervon das Brenndauersignal (t-BR1, t-BR2) an die Vergleichseinrichtung ausgibt. 20
17. Vorrichtung nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Vergleichseinrichtung eine Speichereinrichtung zum Zwischenspeichern zumindest eines Brenndauersignals (t-BR1, t-BR2) einer Messung für einen Vergleich mit dem Brenndauersignal der nachfolgenden Messung aufweist. 25

Claims

1. Method for identifying a phase of a 4-stroke spark ignition engine, in which in a starting phase a crankshaft is rotated with at least one piston, an ignition is triggered by means of an ignition coil at at least two successive top dead-centres (Z-OT, LW-OT) of the piston without supplying fuel, a primary current or a primary voltage of a primary circuit or a secondary current or a secondary voltage of a secondary circuit is measured in a measuring time period which extends respectively at least over a combustion period (t-ER-Z-OT, t-BR-LW-OT) after the ignition, and from a comparison of the measurements of the successive top dead-centres it is concluded which of the 45

successive top dead-centres is an ignition top dead-centre (Z-OT) between compression and working cycles and which is a charge change top dead-centre (LW-OT) between expulsion and intake cycles.

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the measurement during which a relatively short combustion period (t-BR-Z-OT) is identified is assigned to the ignition top dead-centre (Z-OT). 50
3. The method as claimed in one of the preceding claims, **characterized in that** the combustion period is identified as the time period after the ignition, in which time period a primary or a secondary voltage measured value or a primary current or secondary current measured value exceeds a reference value. 55
4. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** in a measuring time period a primary voltage (U1) which is induced at the primary winding of the ignition coil or a primary comparison voltage (U_{R1}) which is formed from the primary voltage (U1) by means of a voltage divider circuit (R1, R2) is compared with a first reference voltage (URef1) and a combustion period signal (T-BR1) is output as a function of this comparison.
5. Method according to Claim 4, **characterized in that** the first reference voltage (URef1) lies between the voltage values of the primary comparison voltage (U_{R1}) during the combustion period of a charge change top dead-centre (t-BR-LW-OT) and a quiescent voltage (U_N) after the combustion periods (t-BR-Z-OT, t-BR-LW-OT).
6. Method according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** a secondary current is determined, preferably by measuring a secondary voltage (U2) which drops at a measuring resistor (RM) which is connected in series with the secondary winding and the spark-plug (8).
7. Method according to Claim 6, **characterized in that** the secondary voltages (U2) which are measured at the top dead-centres (Z-OT, LW-OT) are compared with a second reference voltage (URef2) and a combustionary period signal (t-BR2) is output as a function of this comparison.
8. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the combustion period signal (t-BR-1, t-BR-2) is output as a function of the measured value and an actuation signal (a) of the ignition transistor.
9. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the phase of a petrol direct injection engine is determined.

10. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** an ignition top dead-centre (Z-OT) is determined at a plurality of cylinders.

11. Method for igniting a 4-stroke spark ignition engine, in particular a petrol direct injection engine, in which a phase of the engine and of the rotation of the crankshaft is determined using a method according to one of the preceding claims and injection and ignition are carried out successively and correctly phased without interrupting the rotation of the crankshaft.

12. Device for detecting a phase of a 4-stroke spark ignition engine having a primary circuit profile, secondary circuit profile, ignition coil, spark-plug and ignition transistor, wherein the device has:

a measuring device (12, 13, R1, R2; RM) for measuring a primary or secondary voltage or primary or secondary current when the crankshaft rotates without supplying fuel in the region of successive top dead-centres of a piston, in each case, a measuring time period which extends at least over a combustion period (t-BR-Z-OT, t-BR-LW-OT) after the ignition, and for outputting a measurement signal, having means for suppressing the fuel supply in the cycles of the internal combustion engine before and during the measurement of the primary or secondary voltage or of the primary or secondary current, an evaluation device (16; 18) for picking up the measurement signal of the measuring device and outputting a signal which indicates which of the successive top dead-centres is an ignition top dead-centre (Z-OT) between compression and working cycles and which is a charge change top dead-centre (LW-OT) between expulsion and intake cycles.

13. Device according to Claim 12, **characterized in that** the measuring device is a primary voltage measuring device (12, 13, R1, R2) for measuring a primary voltage (U1) which is induced by the secondary current.

14. Device according to Claim 14, **characterized in that** the measuring device has a comparison means, preferably an operation amplifier (12) or comparator whose inputs or voltage-setting means, preferably a reference voltage circuit (13) and a voltage divider circuit (R1, R2), are connected to the primary winding terminals of the ignition coil (2).

15. Device according to Claim 14, **characterized in that** the measuring device is a secondary current measuring device which has a resistor (RM) which, in the secondary circuit (6) is connected in series with the

secondary winding of the ignition coil (2) and the spark-plug (8), wherein the evaluation device (18) picks up a secondary voltage (U2) which drops at the measuring resistor (RM) as a measurement signal.

16. Device according to one of Claims 12 - 15, **characterized in that** the evaluation device (16, 18) picks up the measurement signal of the measuring device (12, 13, R1, R2; RM) and an actuation signal (a) of the ignition transistor (3) and outputs the combustion period signal (t-BR1, t-BR2) to the comparison device as a function thereof.

17. Device according to Claim 16, **characterized in that** the comparison device has a storage device for buffering at least one combustion period signal (t-BR1, t-BR2) of a measurement for comparison with the combustion period signal of the following measurement.

Revendications

1. Procédé d'identification de la phase d'un moteur à allumage commandé à 4 temps, selon lequel dans une phase de démarrage un vilebrequin est mis en rotation par au moins un piston, pour au moins deux points morts hauts successifs (Z-OT, LW-OT) du piston sans apport de carburant, on déclenche un allumage au moyen d'une bobine d'allumage, on mesure le courant primaire ou la tension primaire d'un circuit primaire ou le courant secondaire ou la tension secondaire d'un circuit secondaire pendant un intervalle de temps de mesure dont la durée respective correspond à au moins une durée de combustion (t-BR-Z-OT, t-BR-LW-OT) succédant à l'allumage, et par une comparaison des mesures des points morts hauts successifs, on détermine lequel des points morts hauts successifs est un point mort haut d'allumage (Z-OT) entre temps de compression et temps moteur, et lequel est un point mort haut de changement de charge (LW-OT) entre temps de d'échappement et temps d'admission.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la mesure identifiant une plus courte durée de combustion (t-BR-Z-OT) est associée au point mort haut d'allumage (Z-OT).
3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la durée de combustion est identifiée comme étant la période faisant suite à l'allumage durant laquelle

une valeur de tension primaire ou de tension secondaire ou une valeur de courant primaire ou de courant secondaire dépasse une valeur de référence.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
durant l'intervalle de temps de mesure, une tension primaire (U_1) induite aux bornes de l'enroulement primaire de la bobine d'allumage ou une tension de comparaison primaire (U_{R1}) formée à partir de la tension primaire (U_1) par un circuit diviseur de tension (R_1 , R_2), est comparée à une première tension de référence (U_{ref1}), et un signal de durée de combustion (t_{BR1}) est émis en fonction de cette comparaison.
5. Procédé selon la revendication 4,
caractérisé en ce que
la première tension de référence (U_{ref1}) se situe entre la valeur de la tension de comparaison primaire (U_{R1}) pendant la durée de combustion d'un point mort haut de changement de charge ($t_{BR-LW-OT}$) et la valeur d'une tension au repos (U_N) au terme des durées de combustion ($t_{BR-Z-OT}$, $t_{BR-LW-OT}$).
6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3,
caractérisé en ce qu'
on identifie un courant secondaire, de préférence par mesure d'une chute de tension secondaire (U_2) aux bornes d'une résistance de mesure (R_M) montée en série avec l'enroulement secondaire et la bougie d'allumage (8).
7. Procédé selon la revendication 6,
caractérisé en ce que
les tensions secondaires (U_2) mesurées aux points morts hauts ($Z-OT$, $LW-OT$) sont comparées à une deuxième tension de référence (U_{ref2}), et un signal de durée de combustion (t_{BR2}) est émis en fonction de cette comparaison.
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
le signal de durée de combustion (t_{BR-1} , t_{BR-2}) est émis en fonction de la valeur de mesure et d'un signal de commande (a) du transistor d'allumage.
9. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce qu'
on détermine la phase d'un moteur à injection directe d'essence.
10. Procédé selon l'une des revendications précédentes,

caractérisé en ce qu'

un point mort haut d'allumage ($Z-OT$) est déterminé sur plusieurs cylindres.

11. Procédé d'allumage d'un moteur à allumage commandé à 4 temps, notamment d'un moteur à injection directe d'essence, selon lequel la phase du moteur et de la rotation du vilebrequin est déterminée en mettant en oeuvre le procédé selon l'une des revendications précédentes, et on produit ensuite une injection et un allumage durant la phase appropriée sans interruption de la rotation du vilebrequin.
12. Dispositif d'identification de la phase d'un moteur à allumage commandé à 4 temps comprenant un circuit primaire, un circuit secondaire, une bobine d'allumage, une bougie d'allumage et un transistor d'allumage, et
un dispositif de mesure (12, 13, R_1 , R_2 ; R_M) pour mesurer une tension primaire ou secondaire ou un courant primaire ou secondaire lors de la rotation du vilebrequin au moment des points morts hauts successifs d'un piston sans apport de carburant, pendant un intervalle de temps de mesure respectif dont la durée correspond à au moins une durée de combustion ($t_{BR-Z-OT}$, $t_{BR-LW-OT}$) succédant à l'allumage, et pour émettre un signal de mesure, avec un moyen pour empêcher l'apport de carburant lors des temps du moteur à combustion interne avant lesquels ou lors desquels s'effectue la mesure de la tension primaire ou secondaire ou du courant primaire ou secondaire, et
un dispositif d'exploitation (16; 18) captant le signal de mesures du dispositif de mesure et émettant un signal indiquant lequel des points morts hauts successifs est un point mort haut d'allumage ($Z-OT$) entre temps de compression et temps moteur, et lequel est un point mort haut de changement de charge ($LW-OT$) entre temps de d'échappement et temps d'admission.
13. Dispositif selon la revendication 12,
caractérisé en ce que
le dispositif de mesure (12, 13, R_1 , R_2) permet de mesurer la tension primaire (U_1) induite par le courant secondaire.
14. Dispositif selon la revendication 12,
caractérisé en ce que
le dispositif de mesure présente un moyen de comparaison, de préférence un amplificateur opérationnel (12) ou un comparateur, dont les entrées sont reliées aux raccords d'enroulement primaire de la bobine d'allumage (2) par des moyens de réglage de tension, de préférence un circuit de tension de référence (13) et un circuit de tension de commande (R_1 , R_2).

15. Dispositif selon la revendication 12,**caractérisé en ce que**

le dispositif de mesure est un dispositif de mesure du courant secondaire présentant une résistance (RM) montée en série dans le circuit secondaire (6) avec l'enroulement secondaire de la bobine d'allumage (2) et la bougie d'allumage (8), le dispositif d'exploitation (18) captant comme signal de mesure une chute de tension secondaire (U2) aux bornes de la résistance de mesure (RM).

5

10

16. Dispositif selon l'une des revendications 12 à 15,**caractérisé en ce que**

le dispositif d'exploitation (16, 18) capte le signal de mesure du dispositif de mesure (12, 13, R1, R2 ; RM) et un signal de commande (a) du transistor d'allumage (3) et émet en conséquence le signal de durée de combustion (t-BR1, t-BR2) destiné au dispositif de comparaison.

15

20

17. Dispositif selon la revendication 16,**caractérisé en ce que**

le dispositif de comparaison présente un système de mémoire destiné à la mémorisation intermédiaire d'au moins un signal de durée de combustion (t-BR1, t-BR2) d'une mesure à comparer au signal de durée de combustion de la mesure subséquente.

25

30

35

40

45

50

55

FIG. 1

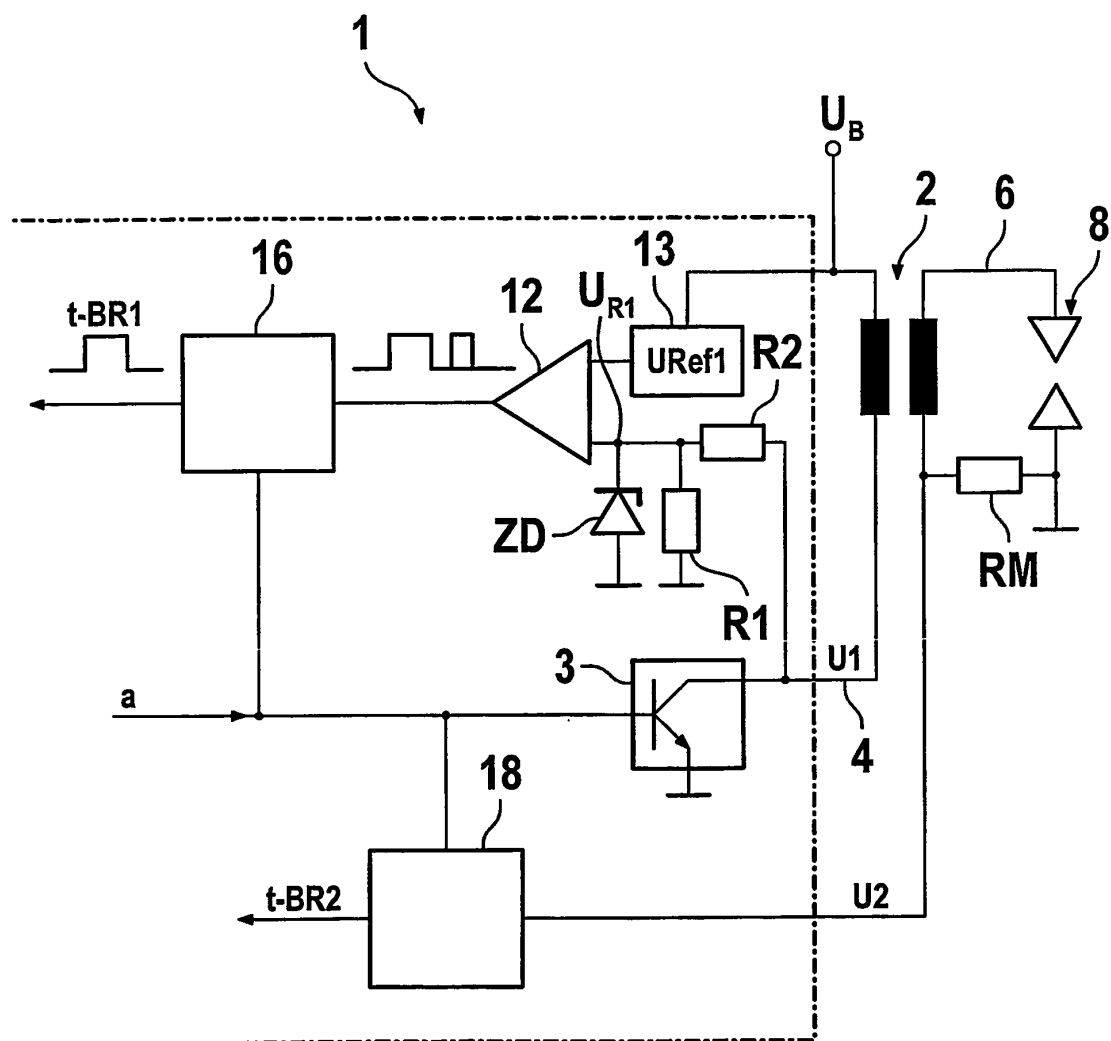


FIG. 2a

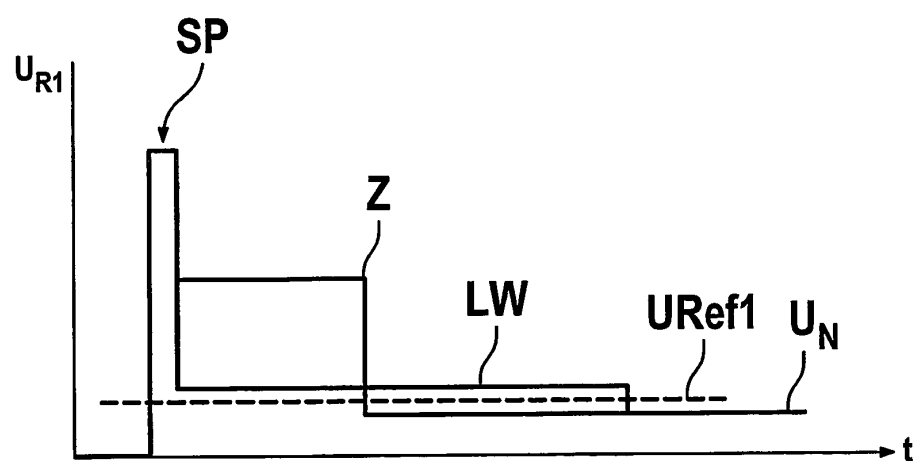
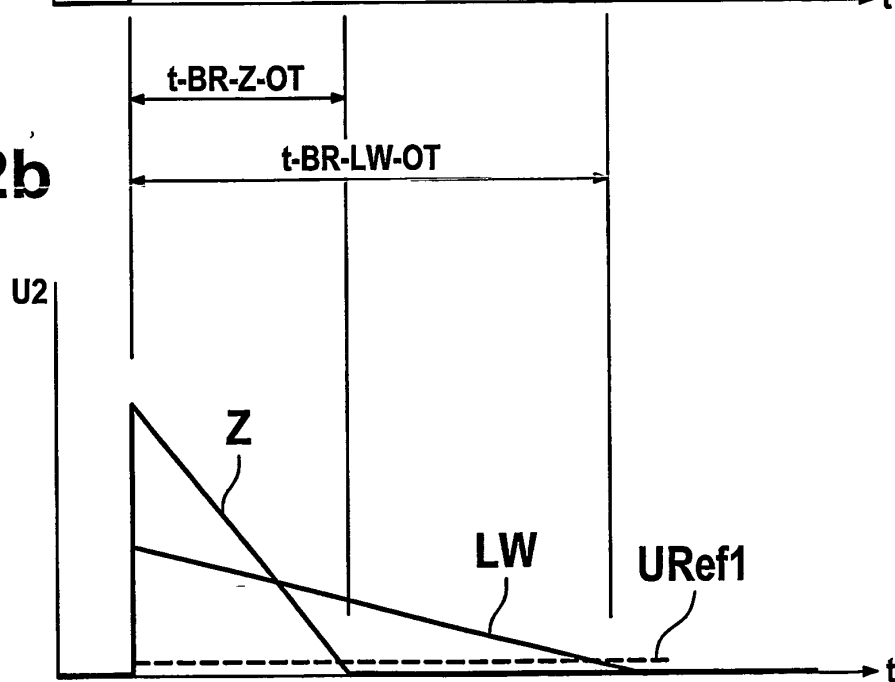


FIG. 2b



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 19817447 [0007]
- DE 19817447 A1 [0008] [0010]