



(11) **EP 1 854 997 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**02.02.2011 Patentblatt 2011/05**

(51) Int Cl.:  
**F02P 3/045<sup>(2006.01)</sup>** **F02P 9/00<sup>(2006.01)</sup>**  
**F02P 3/05<sup>(2006.01)</sup>** **F02P 3/055<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **07006780.6**

(22) Anmeldetag: **31.03.2007**

(54) **Zündeinrichtung für eine Brennkraftmaschine**

Ignition device for a combustion engine

Dispositif d'allumage pour moteur à combustion interne

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorität: **12.05.2006 AT 8192006**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**14.11.2007 Patentblatt 2007/46**

(73) Patentinhaber: **GE Jenbacher GmbH & Co OHG 6200 Jenbach (AT)**

(72) Erfinder:  
• **Kraus, Markus 6200 Wiesing (AT)**  
• **Gschirr, Arno 6020 Innsbruck (AT)**

• **Kröll, Markus 6295 Ginzling (AT)**

(74) Vertreter: **Hofinger, Stephan et al Wilhelm-Greil-Strasse 16 6020 Innsbruck (AT)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 1 199 470 WO-A-90/13742**  
**DE-A1- 4 303 030 DE-A1- 10 034 725**  
**DE-B- 1 173 288 US-B1- 6 283 104**

• **ANONYMOUS: "Capacitor discharge ignition system having extended burn time" RESEARCH DISCLOSURE, MASON PUBLICATIONS, HAMPSHIRE, GB, Bd. 333, Nr. a, Januar 1992 (1992-01), XP007117219 ISSN: 0374-4353**

**EP 1 854 997 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 vorliegende Erfindung betrifft eine Zündeinrichtung für eine Brennkraftmaschine, insbesondere für einen Gasmotor, mit einer Regeleinrichtung und mit einer Zündspule, die auf ihrer Primärseite von einer Spannungsquelle speisbar ist.

**[0002]** Die Zündspulen der gattungsgemäßen Zündeinrichtungen sind Transformatoren, auf deren Sekundärseite die Hochspannung an die Zündkerze angelegt werden. Beim Betrieb dieser Zündspulen wird Leistung von der Primärseite auf die Sekundärseite transferiert.

**[0003]** Aufgabe der Erfindung ist es, dies möglichst effektiv zu gestalten und auch bei großen Leistungsanforderungen eine Zerstörung oder Beeinträchtigung der Komponenten der Zündeinrichtung zu vermeiden.

**[0004]** Dies wird erfindungsgemäß erreicht, indem die Regeleinrichtung dazu vorgesehen ist, die an der Primärseite der Zündspule angelegte Spannung zu unterbrechen oder zu reduzieren, wenn ein Betrag einer magnetischen Induktion  $B$  auf der Primärseite der Zündspule einen vorgebbaren Maximalwert überschreitet siehe z.B. DE 1173288.

**[0005]** Durch diese erfindungsgemäße Maßnahme der Begrenzung des Betrages der magnetischen Induktion auf der Primärseite wird einerseits verhindert, dass zu hohe Ströme primärseitig fließen, welche zu einer Beeinträchtigung oder Zerstörung der primärseitigen Komponenten der Zündeinrichtung führen könnten. Andererseits wird durch diese Art der Begrenzung aber auch eine effektive Leistungsübertragung über die Zündspule hinweg gewährleistet, da weit unterhalb der Sättigung der Zündspule relativ geringe Änderungen des primärseitigen Stromes relativ große Änderungen im Betrag der magnetischen Induktion  $B$  hervorrufen.

**[0006]** Dabei ist vorzugsweise vorgesehen, dass der vorgebbare Maximalwert des Betrages der magnetischen Induktion  $B$  eine Obergrenze eines Arbeitsbereiches ist, in dem ein zumindest annähernd linearer Zusammenhang zwischen dem Betrag der magnetischen Induktion  $B$  und dem primärseitigen Strom besteht. Vorteilhafte Ausführungsformen sehen eine indirekte Bestimmung bzw. Bewertung der magnetischen Induktion  $B$  auf der Primärseite der Zündspule vor. Eine erste Variante ist dabei dadurch gekennzeichnet, dass die Regeleinrichtung den Betrag der magnetischen Induktion  $B$  auf der Primärseite der Zündspule indirekt über eine Bewertung einer Dauer von Einschaltzeit(en) und Ausschaltzeit(en) bestimmt, wobei während der Einschaltzeit(en) die Spannung der Spannungsquelle an der Primärseite der Zündspule anliegt und während der Ausschaltzeit(en) die Spannung der Spannungsquelle nicht an der Primärseite der Zündspule anliegt.

**[0007]** Eine andere Variante sieht vor, dass die Zündeinrichtung eine Primärstrommesseinrichtung aufweist und die Regeleinrichtung den Betrag der magnetischen Induktion  $B$  auf der Primärseite der Zündspule indirekt über eine Bewertung des Betrages des primärseitigen

Stromes bestimmt.

**[0008]** Weitere Merkmale und Einzelheiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Figurenbeschreibung. Dabei zeigen:

Fig. 1 einen schematischen Schaltplan zu einem erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel einer Zündeinrichtung,

Fig. 2 den Verlauf verschiedener Parameter zur Darstellung eines Zündvorgangs und

Fig.3 eine schematische Darstellung zum Zusammenhang zwischen Primärstrom und magnetischer Induktion auf der Primärseite der Zündspule.

**[0009]** Das nachstehend beschriebene Regelprinzip kann zur Ansteuerung einer modulierten Hochspannungskondensatorzündung (HKZ) verwendet werden. Die modulierte HKZ basiert auf der Idee, die Zündenergie des Kondensators schrittweise der Zündspule zuzuführen. Dies kann grundsätzlich gesteuert oder geregelt erfolgen. Gemäß der vorliegenden Erfindung wird die geregelte Variante realisiert und im Folgenden beschrieben. In der geregelten Version wird die primäre Seite der Zündspule in Abhängigkeit vom Zustand des Zündfunken auf der Sekundärseite an die Versorgungsspannung geschaltet. Ein Vorteil dieses Systems liegt in der zeitlichen Verlängerung des Zündfunken bei gleichzeitiger Steuerung der Zündfunkencharakteristik. Brenndauern, vorzugsweise bis 5.000 Mikrosekunden sind mit diesem System problemlos zu erreichen. Insbesondere bei Gasmotoren wird häufig ein Hochspannungsangebot bis 40 kV (Kilovolt) benötigt. Dies kann beim Erregen eines erfindungsgemäßen Systems in weniger als 100 Mikrosekunden erreicht werden. Die Brenndauer wird von der Regeleinrichtung typischerweise zwischen 100 und 1.200 Mikrosekunden vorgegeben. Während dieser Zeit wird der Zündfunke durch eine verstellbare Vorgabe des Brennstromsollwertes  $I_{rated}$  (siehe Fig. 2) charakterisiert. Die Regeleinrichtung muss dabei die primärseitige Spannungsversorgung der Zündspule so ansteuern, dass die vorgegebene Charakteristik des Zündfunken bzw. der Sollverlauf des sekundärseitigen Stromes  $I_{rated}$  möglichst gut erreicht wird.

**[0010]** Verbrennungskonzepte bzw. Brennkraftmaschinen mit hohem Wirkungsgrad weisen auch sehr hohe Turbulenzen im Verbrennungsraum auf. Durch diese Turbulenzen wird der Zündfunke einer sekundärseitig von einer Zündeinrichtung angesteuerten Zündkerze räumlich verlängert und es kann zum vorzeitigen Erlöschen kommen. Um einen Verbrennungsaussetzer im Brennraum aufgrund von zu geringer Brenndauer zu verhindern, muss der Zündfunke in möglichst kurzer Zeit wieder hergestellt werden. Die notwendige Zündspannung kann dabei durchaus nahe dem Hochspannungsangebot der Zündspule liegen. Um möglichst schnell einen neuen Zündfunken zu erzeugen, sollte berücksichtigt werden, dass beim Erlöschen des Zündfunken noch

Restenergie im Schwingkreis des Hochspannungskreises, also auf der Sekundärseite der Zündspule vorhanden ist. Zum Wederherstellen des Zündfunken muss daher ein Zeitpunkt gewählt werden, der die vorhandene Energie im System positiv nutzt. Dies kann erreicht werden, indem die Regeleinrichtung 12 im Anschluss an eine Unterbrechung der primärseitigen Spannungs- und/oder Stromversorgung der Zündspule während eines Zündvorgangs oder im Anschluss an das Abfallen der primärseitigen Spannung und/oder des primärseitigen Stromes  $I_{pri}$  durch die Zündspule 3 unter einen vorgebbaren Schwellwert während des Zündvorgangs die primärseitige Spannungs- und/oder Stromversorgung der Zündspule 3 erst dann wieder einschaltet oder über den Schwellwert regelt, wenn der dadurch induzierte sekundärseitige Strom  $I_{sek}$  in Richtung des, vorzugsweise unmitttelbar, vorab bestimmten Verlaufs des sekundärseitigen Stromes  $I_{sek}$  wirkt.

**[0011]** Fig. 1 zeigt schematisch ein Regelungsprinzip für eine erfindungsgemäß modulierte Zündeinrichtung, hier in Form einer Hochspannungskondensatorzündung, bei der Zündspule 3 handelt es sich um einen allgemein bekannten Transformator, auf dessen Primärseite 15 eine Spannungsversorgung vorgesehen ist und auf dessen Sekundärseite 16 die Zündkerze 5 zur Erzeugung eines Zündfunken mit Hochspannung versorgt wird. Beim vorliegenden Ausführungsbeispiel handelt es sich primärseitig um eine Gleichstromspannungsquelle, die hier aus dem DC-DC-Konverter 1 und einem dazu parallel geschalteten Kondensator 2 besteht. Darüber hinaus ist auf der Primärseite der von der Regeleinrichtung 12 über die Ansteuerung 13 angesteuerte Schalter 4 vorgesehen. Dieser kann als Halbleiterschalter ausgebildet sein. Der Schalter 4 weist zumindest einen ersten Schaltzustand, bei dem die Spannung der Spannungsquelle an der Zündspule 3 anliegt, und zumindest einen zweiten Schaltzustand, bei dem die Spannung der Spannungsquelle nicht an der Zündspule 3 anliegt, auf. Darüber hinaus ist zur primärseitigen Wicklung der Zündspule 3 eine Freilaufdiode 18 parallel geschaltet. Diese dient der weiter unten beschriebenen Entregung der Primärseite 15 im abgeschalteten Zustand der Spannungsquelle bei geöffnetem Schalter 4. Durch die Verwendung der Freilaufdiode 18 wird bei der Entregung die Energie maximal im primärseitigen Kreis gehalten. Optional kann in Reihe zur Freilaufdiode 18 aber auch ein zusätzlicher ohmscher Widerstand 19 geschaltet werden. Dieser bedeutet zwar einen Energieverlust. Durch den Widerstand 19 und die dadurch erreichte Dämpfung der Primärseite 15 bei der Entregung ist aber andererseits ein schnelleres Wiedereinschalten nach dem Erlöschen eines Zündfunken möglich.

**[0012]** Das An- und Abschalten der Spannungsquelle 1, 2 erfolgt in diesem Ausführungsbeispiel also ausschließlich über den Schalter 4. Auf der Primärseite 15 gestrichelt dargestellt, ist eine im bevorzugten Ausführungsbeispiel vorgesehene Primärstrommesseinrichtung 14, die zur Bestimmung des im Primärkreis fließen-

den Stromes  $I_{pri}$  dient. Dieser Wert  $I_{pri}$  wird an die Regeleinrichtung 12 weitergegeben. Darüber hinaus kann optional, anstelle und/oder zusätzlich primärseitig auch noch eine Spannungsmesseinrichtung vorgesehen sein. Diese ist hier aber explizit nicht dargestellt. Ist sie vorhanden, so gibt sie den an der Primärseite der Zündspule 3 gemessenen Spannungswert ebenfalls an die Regeleinrichtung 12 weiter.

**[0013]** Auf der Sekundärseite 16 ist mit der entsprechenden Wicklung der Zündspule 3 ein Shunt 6 für den Strom im Zündfunken in Reihe geschaltet. Darüber hinaus ist eine Sekundärstrommesseinrichtung 7 sowie eine Sekundärspannungsmesseinrichtung 8 vorgesehen. Der mittels der Sekundärstrommesseinrichtung 7 gemessene sekundärseitige Strom  $I_{sek}$  wird in diesem Ausführungsbeispiel mittels der Polaritätsauswerteeinrichtung 9 bezüglich seiner Polarität und mittels der Stromstärkenauswerteeinrichtung 10 bezüglich seiner Amplitude bzw. Stromstärke ausgewertet. Dabei ist im gezeigten Ausführungsbeispiel vorgesehen, dass sich die Auswertung des Betrages, also der Stromstärke des sekundärseitigen Stromes  $I_{sek}$  darauf beschränkt, ob dieser größer oder gleich eines vorgebbaren Mindestwertes ist oder nicht. Dies wird weiter unten anhand von Fig. 2 im Detail weiter erläutert. Als vorgebbarer Mindestwert wird dabei in der Regel der Brennstromsollwertverlauf  $I_{rated}$  herangezogen werden.

**[0014]** Die von der Polaritätsauswerteeinrichtung 9 und der Stromstärkenauswerteeinrichtung 10 bestimmten Werte geben jedenfalls nicht singuläre Einzelwerte sondern den Verlauf des sekundärseitigen Stromes  $I_{sek}$  wieder und diesen an die Regeleinrichtung 12 weiter. Das gleiche kann auch für die mittels der Sekundärspannungsmesseinrichtung 8 gemessene sekundärseitige Spannung  $U_{sek}$  gelten. Diese wird mit der Hochspannungsauswerteeinrichtung 11 ausgewertet, wobei diese die Spannungsinformation wiederum an die Regeleinrichtung 12 weitergibt. In Abhängigkeit der genannten Eingabeparameter steuert die Regeleinrichtung 12 den primärseitigen Schalter 4 an und regelt damit die Strom- und Spannungsversorgung der Primärseite 15 der Zündspule 3.

**[0015]** In Fig. 2 ist anhand von verschiedenen Parametern ein Verlauf eines Zündvorgangs dargestellt, währenddessen der Zündfunke abreißt und wieder aufgebaut wird. Die Funktionsweise der Regeleinrichtung wird anhand der einzelnen Phasen dieses Zündvorgangs im folgenden dann näher erläutert. Die Regelung durchläuft dabei die Phasen Ionisation Ph1, Stromregelung Ph2, Entregung Ph3 und Synchronisation. Letztere ist am Übergang zwischen Ph3 und nachfolgender Ph1 realisiert.  $U_{sek}$  zeigt den sekundärseitigen Spannungsverlauf.  $I_{sek}$  zeigt den Verlauf des gemessenen sekundärseitigen Stromes.  $I_{rated}$  zeigt den Sollwertverlauf des sekundärseitigen Stromes und bevorzugt damit auch den Verlauf des Mindestwertes anhand dessen die Stromstärkenauswerteeinrichtung 10 entscheidet, ob der gemessene sekundärseitige Strom  $I_{sek}$  den Sollstromwert

erreicht bzw. überschreitet oder darunter liegt. FB1 zeigt dabei das Auswertergebnis der Stromstärkeauswerteeinrichtung 10. FB1 nimmt den Wert 1 an, wenn  $I_{\text{sek}}$  größer oder gleich  $I_{\text{rated}}$  ist. In den anderen Fällen nimmt FB1 den Wert 0 an. FB2 zeigt das Ergebnis der Polaritätsauswerteeinrichtung 9. Liegt der gemessene sekundärseitige Strom  $I_{\text{sek}}$  im positiven Bereich, so nimmt FB2 den Wert 1 an. Ist der sekundärseitige Strom negativ, so nimmt FB2 den Wert 0 an.  $T_{\text{Switch}}$  zeigt den Verlauf des Ansteuersignals der Regeleinrichtung 12 an den Schalter 4. Ist dieses 1, so ist der Schalter 4 geschlossen und die Spannungs- bzw. Stromversorgung liegt an der Primärseite der Zündspule 3 an. Ist das Ansteuersignal gleich 0, so ist der Schalter 4 geöffnet, womit die Spannungs- und Stromversorgung von der Primärseite 15 der Zündspule 3 getrennt ist. Der Graph  $I_{\text{pri}}$  zeigt den Verlauf des primärseitigen Stromes während des Zündvorgangs. Alle Graphen stellen somit den zeitlichen Verlauf der Parameter dar.

**[0016]** Der Stromsollwert des sekundärseitigen Stromes  $I_{\text{rated}}$  ist über die Regeleinrichtung 12 einstellbar und wird der Stromstärkeauswerteeinrichtung 10 in diesem Ausführungsbeispiel zur Bestimmung von FB1 zugeführt. Die Stromstärkeauswerteeinrichtung 10 kann hierfür als Komparator ausgebildet sein. Der Sollwertverlauf des sekundärseitigen Stromes  $I_{\text{rated}}$  kann von der Regeleinrichtung 12 bevorzugt sowohl bezüglich der Brenndauer als auch bezüglich der Stromstärke auf verschiedene Werte eingestellt werden. Optional ist es auch möglich, die Spannung an der Zündkerze zu messen und dieses Signal in die Regelung einzubinden.

**[0017]** Zu Beginn des Zündvorgangs zum Zündzeitpunkt  $t_0$  wird die Regeleinrichtung 12 zunächst in die Ionisationsphase Ph1 geschaltet. Diese ist ein Anschaltintervall  $\Delta t_{\text{an1}}$  in der die Hochspannung aufgebaut wird, die für die Erzeugung des Zündfunken benötigt wird. Während des gesamten Anschaltintervalls  $\Delta t_{\text{an1}}$  ist bevorzugt vorgesehen, dass bei geschlossenem Schalter 4 auf der Primärseite 15 der Zündspule 3 die Spannung der Spannungsquelle 1, 2 in voller Höhe und zumindest für die vorgebbare Zeitdauer  $\Delta t_{\text{an1}}$  permanent anliegt. Die Zündspule 3 ist primärseitig somit während der gesamten Ionisationsphase bzw. während des gesamten Anschaltzeitintervalls primärseitig an die Versorgungsspannung geschaltet. Im einfachsten Fall wird die Ionisationsphase für eine fix eingestellte Zeit, welche zur Erzeugung der Hochspannung und damit des sekundärseitigen Zündfunken notwendig ist, angeschlossen. Um Beschädigungen des Systems durch zu hohe Spannungen zu vermeiden, kann die Ionisationsphase optional auch beim Überschreiten der von der Zündspule ausgehenden Hochspannung im Vergleich mit einem Grenzwert abgeschaltet werden. Hierzu ist vorgesehen, dass die Regeleinrichtung 12 während des Anschaltzeitintervalls  $\Delta t_{\text{an1}}$ ,  $\Delta t_{\text{an2}}$  den sekundärseitigen Strom  $I_{\text{sek}}$  über die Sekundärstrommesseinrichtung 7 und/oder die sekundärseitig von der Zündspule 3 abgegebene Spannung  $U_{\text{sek}}$  über die Sekundärspannungsmesseinrich-

5 tung 8 überwacht und die primärseitige Spannungsversorgung der Zündspule 3 unterbricht, wenn der sekundärseitige Strom  $I_{\text{sek}}$  und/oder die sekundärseitig von der Zündspule abgegebene Spannung  $U_{\text{sek}}$  (einen) vorgebbare(n) Grenzwert(e) überschreitet (überschreiten). Diese Option schützt das System bei einer schadhafte Zündkerze, fehlendem Zündkerzenstecker oder einer anderen Fehlfunktion vor Zerstörung. Beim gezeigten Ausführungsbeispiel ist also vorgesehen, dass während des Ionisationsphase Ph1 bzw. dem Anschaltzeitintervall  $\Delta t_{\text{an1}}$  keine Regelung in Abhängigkeit des sekundärseitigen Stromes vorgenommen wird. Diese setzt bei dieser Variante erst nach Abschluss der Ionisationsphase Ph1 und bei Eintritt in die Stromregelungsphase Ph2 ein. In dieser Phase Ph2 wird der sekundärseitige Strom  $I_{\text{sek}}$  (im Zündfunken) mittels des Komparators der Stromstärkeauswerteeinrichtung 10 mit dem Verlauf des Sollwertes  $I_{\text{rated}}$  verglichen. Aus diesem Vergleich ergibt sich - wie bereits geschildert - das Signal FB1. Nimmt dieses den Wert 1 an und ist damit der Istwert des sekundärseitigen Stromes  $I_{\text{sek}}$  höher als oder gleich dem Sollwert  $I_{\text{rated}}$  wird die Energiezufuhr auf der Primärseite 15 der Zündspule 3 durch Öffnen des Schalters 4 unterbrochen. Im umgekehrten Fall wird die Zündspule 3 an die Spannungsversorgung 1, 2 geschaltet. Mit dieser Regelung kann der Strom im Zündfunken eingestellt werden und im Idealfall kann die Phase Ph2 der Brennstromregelung bis zum Ende der eingestellten Brenndauer beibehalten werden.

**[0018]** Durch die Turbulenzen im Brennraum wird in der Praxis der Funken jedoch räumlich verlängert, wodurch die Spannung an der Zündkerze steigt und der Zündkerze mehr Energie zugeführt werden muss. In diesem Fall kann der Stromsollwert  $I_{\text{rated}}$  nicht mehr erreicht werden und der Zündfunken muss bewusst zum Erlöschen gebracht werden, indem die Phase der Entregung Ph3 eingeleitet wird. Die Anforderungen der Brennkraftmaschine können besonders gut dann erfüllt werden, wenn die Brennstromvorgabe  $I_{\text{rated}}$  während des Zündfunken verändert werden kann.

**[0019]** Die Phase der Entregung Ph3 wird in zwei Fällen benötigt. Zum einen kann dies sein, wenn während des vorgesehenen Zündvorgangs unbeabsichtigt der Zündfunke abreißt und neu aufgebaut werden muss. Zum anderen kann eine Entregung notwendig werden, wenn der Magnetismuslevel bzw. die magnetische Induktion  $B$  auf der Primärseite 15 der Zündspule 12 zu groß wird. Zur Erläuterung des zuletzt genannten Ereignisses wird auf Fig. 3 verwiesen. Diese zeigt den Zusammenhang zwischen der Stromstärke des primärseitigen Stromes  $I_{\text{pri}}$  und dem Betrag der magnetischen Induktion  $B$  auf der Primärseite 15 der Zündspule 3. Hier ist zu sehen, dass - wie allgemein bekannt - der Betrag der magnetischen Induktion  $B$  mit zunehmendem Strom  $I_{\text{pri}}$  in den Bereich einer Sättigung gelangt. In diesem Bereich müssen sehr große Änderungen der Stromstärke  $I_{\text{pri}}$  vorgenommen werden, um vergleichsweise geringe Änderungen der magnetischen Induktion  $B$  zu bewirken. Dies

ist bei Zündsystemen mit Zündspule 3 nicht wünschenswert. Um dies zu verhindern, ist vorgesehen, dass die Regeleinrichtung 12, die an der Primärseite 15 der Zündspule 12 angelegte Spannung unterbricht oder reduziert, wenn der Betrag der magnetischen Induktion B auf der Primärseite 15 der Zündspule 12 einen vorgebbaren Maximalwert  $B_{\max}$  überschreitet. Dabei ist günstigerweise vorgesehen, dass der vorgebbare Maximalwert  $B_{\max}$  des Betrages der magnetischen Induktion B die Obergrenze eines Arbeitsbereiches 17 ist, in dem ein zumindest annähernd linearer Zusammenhang zwischen dem Betrag der magnetischen Induktion B und dem primärseitigen Strom  $I_{\text{pri}}$  vorliegt. Der vorgebbare Maximalwert  $B_{\max}$  ist dabei günstigerweise weit unterhalb des gesättigten Bereiches der Zündspule 3 angeordnet. Zum Vergleich sind zwei Stromänderungen  $\Delta I_1$  und  $\Delta I_2$  des primärseitigen Stromes in Fig. 3 eingezeichnet, die dazu benötigt werden dieselbe Änderung des Betrages der magnetischen Induktion B (Betrag von  $\Delta B_1$  ist gleich Betrag von  $\Delta B_2$ ) hervorzurufen. Innerhalb des Arbeitsbereiches 17 reicht aufgrund des mehr oder weniger linearen Zusammenhangs zwischen Primärstrom  $I_{\text{pri}}$  und dem Betrag der magnetischen Induktion B die vergleichsweise geringe Stromänderung  $\Delta I_1$ . Oberhalb des Arbeitsbereiches 17 muss, um dieselbe Änderung des Betrages der magnetischen Induktion B hervorzurufen, eine wesentlich größere Stromänderung  $\Delta I_2$  aufgewendet werden.

**[0020]** Aufgrund des geschilderten und in Fig. 3 dargestellten Zusammenhangs ist es also sinnvoll, den Betrag der magnetischen Induktion B auf der Primärseite 15 der Zündspule 12 im Arbeitsbereich 17 zu halten. Dabei ergibt sich aus Fig. 3, dass der Magnetismuslevel bzw. die magnetische Induktion B ein Abbild der Höhe des primärseitigen Stromes  $I_{\text{pri}}$  ist. Umso höher der Magnetismuslevel bzw. der Betrag der magnetischen Induktion B ist, desto höher ist auch der primärseitige Strom  $I_{\text{pri}}$  durch die Zündspule 3 und den Schalter 4. Eine Begrenzung des Betrages der magnetischen Induktion B vermeidet somit auch eine Zerstörung der primärseitigen Bauteile durch zu hohe Stromstärken. Daher ist vorzugsweise vorgesehen, dass beim Überschreiten des Maximalwertes  $B_{\max}$  die Zündspule 3 entregt wird, um den Magnetismuslevel bzw. den Betrag der magnetischen Induktion B zu verringern.

**[0021]** Der Magnetismuslevel kann über die Bewertung der Ein- und Ausschaltzeiten des Schalters 3 ermittelt werden. In dieser Variante ist somit vorgesehen, dass die Regeleinrichtung 12 den Betrag der magnetischen Induktion B auf der Primärseite 15 der Zündspule 3 indirekt über eine Bewertung einer Dauer von Einschaltzeit(en) und Ausschaltzeit(en) bestimmt, wobei während der Einschaltzeit(en) Spannung der Spannungsquelle an der Primärseite 15 der Zündspule 3 anliegt und während der Ausschaltzeit(en) die Spannung der Spannungsquelle nicht an der Primärseite 15 der Zündspule 3 anliegt. Eine sinnvolle Variante sieht dabei vor, dass der Maximalwert eine vorgebbare Zeitspanne ist und die Regeleinrichtung

diese Zeitspanne mit der Summe der Einschaltzeiten, vorzugsweise ab Beginn eines Zündvorgangs, abzüglich der Summe der Ausschaltzeiten, vorzugsweise ab Beginn des Zündvorgangs, vergleicht.

**[0022]** Als Alternative zur Bewertung der Ein- und Ausschaltzeiten kann aber auch vorgesehen sein, dass die Zündeinrichtung eine Primärstrommesseinrichtung 14 aufweist und die Regeleinrichtung 12 den Betrag der magnetischen Induktion B auf der Primärseite 15 der Zündspule 3 indirekt über eine Bewertung des primärseitigen Stromes  $I_{\text{pri}}$  bestimmt. Hierbei wird der Maximalwert  $B_{\max}$  durch einen vorgebbaren maximalen Stromwert substituiert, wobei die Regeleinrichtung 12 diesen mit dem Betrag des primärseitigen Stromes  $I_{\text{pri}}$  vergleicht.

**[0023]** Sowohl bei der Bewertung der Ein- und Ausschaltzeiten, als auch bei der Bewertung des primärseitigen Stromes handelt es sich somit um indirekte Vorgehensweisen, um den Betrag der magnetischen Induktion B auf der Primärseite 15 der Zündspule 12 zu überwachen. In weiteren Varianten ist es aber auch möglich, den Betrag der magnetischen Induktion B direkt oder indirekt über andere - an sich bekannte Methoden - zu bestimmen.

**[0024]** Ist der ermittelte Wert des Magnetismuslevel bzw. des Betrages der magnetischen Induktion B zu hoch, so wird die primärseitige Spannungsversorgung durch Öffnen des Schalters 4 solange abgeschaltet, bis der Magnetismuslevel auf einem akzeptablen Wert abgesenkt wurde. Hierbei kann vorgesehen sein, dass die Regeleinrichtung 12 im Anschluss an eine Unterbrechung oder eine Reduktion der an der Primärseite 15 der Zündspule 12 angelegten Spannung ein Wiedereinschalten bzw. Erhöhen der Spannung erst dann wieder zulässt oder einleitet, wenn der Betrag der magnetischen Induktion B auf der Primärseite 15 der Zündspule 12 den vorgebbaren Maximalwert  $B_{\max}$  bzw. entsprechende Maximalwerte der oben genannten Ersatzparameter oder einen vorgebbaren Wiedereinschaltswert unterschreitet. Der Wiedereinschaltswert kann also zum Beispiel auch niedriger als der je nach Ausführungsvariante zur Bewertung verwendete Maximalwert gewählt werden.

**[0025]** Während der Zeit der Entregung wird die Polarität des sekundärseitigen Stromes  $I_{\text{sek}}$  beobachtet. Wird die Polarität negativ, so ist der Zündfunken erloschen und muss wieder aufgebaut werden. Günstigerweise ist dabei vorgesehen, dass die Regeleinrichtung 12 im Anschluss an eine Unterbrechung oder Reduktion der an der Primärseite 15 der Zündspule 12 angelegten Spannung ein Wiederanschalten bzw. Erhöhen der primärseitigen Spannung erst dann wieder zulässt, wenn eine Polarität des sekundärseitigen Stromes  $I_{\text{sek}}$  wechselt. In Fig. 2 ist am beispielhaften Verlauf des sekundärseitigen Stromes  $I_{\text{sek}}$  eine Phase der Entregung Ph3 gezeichnet, in der der sekundärseitige Strom zunächst stark abfällt, woraufhin die Polarität des sekundärseitigen Stromes negativ wird und anschließend zum Zeitpunkt  $t_n$  bei ei-

nem Nulldurchgang wieder in den positiven Bereich wechselt. Als unterster Graph ist dabei der Verlauf des primärseitigen Stromes  $I_{pri}$  dargestellt. Dieser zeigt die generelle Tendenz der Zunahme des primärseitigen Stromes, während in der Phase der Entregung Ph3 eine Abnahme des primärseitigen Stromes  $I_{pri}$  zu sehen ist.

**[0026]** Erlischt der Zündfunke während der geforderten Brenndauer, muss dieser wieder in möglichst kurzer Zeit hergestellt werden. Hierzu kann eine Spannung, welche nahe des Hochspannungsangebotes des Systems liegt, notwendig sein. Um diese Anforderung zu erreichen, sollten die Energieverhältnisse im System berücksichtigt werden. Hierzu kann vorgesehen sein, dass die Regeleinrichtung 12 im Anschluss an eine Unterbrechung der primärseitigen Spannungs- und/oder Stromversorgung der Zündspule 3 während eines Zündvorgangs oder im Anschluss an das Abfallen der primärseitigen Spannung und/oder des primärseitigen Stromes  $I_{pri}$  durch die Zündspule 3 unter einen vorgebbaren Schwellwert während des Zündvorgangs die primärseitige Spannungs- und/oder Stromversorgung der Zündspule 3 erst dann wieder einschaltet oder über den Schwellwert regelt, wenn der dadurch induzierte sekundärseitige Strom  $I_{sek}$  in Richtung des, vorzugsweise unmittelbar, vorab bestimmten Verlaufs des sekundärseitigen Stromes  $I_{sek}$  wirkt. Der Schalter 4 sollte also nicht eingeschaltet werden, wenn der sekundäre Strom  $I_{sek}$  negativ ist. Ein Einschalten erfolgt günstigerweise erst im oder nach dem Zeitpunkt  $t_n$ , bei dem die Polarität des sekundärseitigen Stromes wechselt und damit der über das Anschalten der primärseitigen Spannungsversorgung sekundärseitig induzierte Strom in Richtung des vorab bestimmten Verlaufes des sekundärseitigen Stromes  $I_{sek}$  wirkt. Der Start der nun folgenden Ionisierungsphase Ph1 bzw. des Einschaltzeitintervalls  $\Delta t_{an2}$  wird somit mit dem sekundärseitigen Verlauf des Stromes synchronisiert. In der nun folgenden Ionisierungsphase bleibt der Schalter 4 solange geschlossen, bis das gewünschte Hochspannungsangebot erreicht wird. Es herrschen ähnliche Verhältnisse zum ersten Einschaltzeitintervall  $\Delta t_{an1}$ , wenn die sekundäre Spannung  $U_{sek}$  aus der positiven Halbwelle durch den Nulldurchgang geht. Der Startzeitpunkt  $t_n$  der Ionisierungsphase wird aus der Überwachung der Polarität des sekundärseitigen Stromes  $I_{sek}$  bestimmt (siehe auch FB2 aus Fig. 2). Da die Eigenfrequenz der Zündeinrichtung durch ihre Komponenten bestimmt wird, ist diese bekannt. Günstigerweise kann daher vorgesehen sein, dass die Regeleinrichtung 12 die primärseitige Spannungs- und/oder Stromversorgung der Zündspule 3, vorzugsweise unmittelbar, nach einem vorgebbaren Zeitversatz im Anschluss an einen Polaritätswechsel bzw. Nulldurchgang des sekundärseitigen Stromes  $I_{sek}$  wiedereinschaltet oder über den vorab bestimmbar Schwellwert regelt, wobei vorzugsweise der vorgebbare Zeitversatz im Wesentlichen ein Viertel der Eigenperiode, vorzugsweise der Sekundärseite 16, der Zündeinrichtung entspricht. Die Ionisierungsphase beginnt demnach mit einer Verzögerung um ein Viertel der Eigenpe-

riode des Systems, nachdem der sekundäre Strom  $I_{sek}$  in den positiven Bereich kommt.

**[0027]** In einer bevorzugten Ausgestaltungsform wird verhindert, dass die Ionisierungsphase durch das Erreichen des Maximalwertes des Betrages der magnetischen Induktion B unterbrochen wird. Dabei ist vorgesehen, dass die Ionisierungsphase nur dann gestartet werden kann, wenn der Magnetisierungslevel bzw. der Betrag der magnetischen Induktion B auf der Primärseite 15 der Zündspule zu Beginn gering genug ist. Ist dies nicht der Fall, muss das System solange entregt werden (Phase Ph3), bis der benötigte niedrige Magnetisierungslevel erreicht ist. Die Ionisierungsphase zum Wiederaufbau des Zündfunkens kann also bevorzugt nur dann gestartet werden, wenn der Magnetisierungslevel und die Synchronisationsbedingung im Schwingkreis erfüllt sind.

**[0028]** Darüber hinaus können weitere Überwachungen des Systems bezüglich negativer Beeinträchtigungen oder Zerstörungen vorgesehen sein. Um die Spannungsversorgung nicht zu überlasten, werden die Einschaltzeiten des Schalters 4 während der vorgegebenen Brenndauer summiert. Überschreitet die summierte Einschaltzeit des Schalters 4 einen vorgegebenen Grenzwert, wird der Zündvorgang abgebrochen. Diese Überwachung erfolgt günstigerweise unabhängig vom Magnetisierungslevel.

**[0029]** Die Qualität des Zündvorgangs wird in der Regel auf Grundlage der tatsächlichen Brenndauer des Zündfunkens beurteilt. Die Brenndauer wird zwischen dem Erreichen des vorgegebenen Brennstromsollwertes  $I_{rated}$  bis zum Nullwert des sekundären Stroms  $I_{sek}$  gemessen. Erlischt der Zündfunke während der vorgegebenen Brenndauer und wird dieser wieder aufgebaut, so wird die Messung mit dem Erreichen des vorgegebenen Stromsollwertes wieder gestartet und beim Nullwert des sekundären Stroms  $I_{sek}$  wieder gestoppt. Die Messwerte der einzelnen Messvorgänge werden summiert. Nach Abschluss des Zündvorgangs wird die Brenndauermessung gestoppt und der gemessene Wert ausgewertet. Zur Messung bzw. Erkennung von Zündaussetzern wird die Brenndauermessung zurückgesetzt, wenn die Messung vom Erreichen des Brennstromsollwertes bis zum Nullwert des sekundärseitigen Stroms  $I_{sek}$  kürzer als die Ionisationsphase ist. In diesem Fall ist in der ersten Ionisationsphase kein Zündfunke entstanden. Dieser Umstand wird als Fehler bzw. als Aussetzer gewertet.

**[0030]** Durch Hardwareprobleme kann sich im sekundärseitigen Kreis durch die kapazitive Belastung der Hochspannungsverkabelung und der Zündkerze ein kapazitiver Strom aufbauen. Dieser Strom fließt unabhängig ob ein Zündfunke an der Zündkerze 5 entsteht oder nicht. Um dies zu erkennen, wird der Brennstromsollwert  $I_{rated}$  in der Ionisationsphase so gewählt, dass der Wert sicher überschritten werden muss. Das Erreichen des Brennstromsollwertes wird kurz vor Ende der Ionisationsphase abgefragt. Ist der sekundäre Strom  $I_{sek}$  zu diesem Zeitpunkt nicht hoch genug, dann liegt ein Hard-

warefehler im System vor.

### Patentansprüche

1. Zündeinrichtung für eine Brennkraftmaschine mit einer Regeleinrichtung (12) und mit einer Zündspule (3), die auf ihrer Primärseite (15) von einer Spannungsquelle speisbar ist, wobei die Spannungsquelle zumindest eine Gleichstromspannungsquelle (1) und zumindest einen dazu parallel geschalteten Kondensator (2) aufweist, wobei die Regeleinrichtung (12) dazu vorgesehen ist, die an der Primärseite (15) der Zündspule (3) angelegte Spannung zu unterbrechen oder zu reduzieren, wenn ein Betrag einer magnetischen Induktion B auf der Primärseite (15) der Zündspule (3) einen vorgebbaren Maximalwert ( $B_{max}$ ) während eines Zündvorgangs überschreitet, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regeleinrichtung (12) im Anschluss an eine Unterbrechung oder Reduktion der an der Primärseite (15) der Zündspule (3) angelegten Spannung ein Wiedereinschalten bzw. Erhöhen der Spannung erst dann wieder zulässt oder einleitet, wenn der Betrag der magnetischen Induktion B auf der Primärseite (15) der Zündspule (3) den vorgebbaren Maximalwert ( $B_{max}$ ) oder einen vorgebbaren Wiedereinschaltswert unterschreitet.
2. Zündeinrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der vorgebbare Maximalwert ( $B_{max}$ ) des Betrages der magnetischen Induktion B eine Obergrenze eines Arbeitsbereiches (17) ist, in dem ein zumindest annähernd linearer Zusammenhang zwischen dem Betrag der magnetischen Induktion B und einem primärseitigen Stromes ( $I_{pri}$ ) besteht.
3. Zündeinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der vorgebbare Maximalwert ( $B_{max}$ ) des Betrages der magnetischen Induktion B unterhalb des gesättigten Bereiches der Zündspule liegt.
4. Zündeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regeleinrichtung (12) den Betrag der magnetischen Induktion B auf der Primärseite (15) der Zündspule (3) indirekt über eine Bewertung einer Dauer von Einschaltzeit(en) und Ausschaltzeit(en) bestimmt, wobei während der Einschaltzeit(en) die Spannung der Spannungsquelle an der Primärseite (15) der Zündspule (3) anliegt und während der Ausschaltzeit(en) die Spannung der Spannungsquelle nicht an der Primärseite (15) der Zündspule (3) anliegt.
5. Zündeinrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Maximalwert eine vorgebbare Zeitspanne ist und die Regeleinrichtung (12) diese Zeitspanne mit der Summe der Einschaltzeiten abzüglich der Summe der Ausschaltzeiten vergleicht.
6. Zündeinrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regeleinrichtung (12) die Zeitspanne mit der Summe der Einschaltzeiten ab Beginn des Zündvorgangs abzüglich der Summe der Ausschaltzeiten ab Beginn des Zündvorgangs vergleicht.
7. Zündeinrichtung nach Anspruch 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zündeinrichtung eine Primärstrommesseinrichtung (14) aufweist und die Regeleinrichtung (12) den Betrag der magnetischen Induktion B auf der Primärseite (15) der Zündspule (3) indirekt über eine Bewertung des primärseitigen Stromes bestimmt.
8. Zündeinrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Maximalwert ein vorgebbarer maximaler Stromwert ist und die Regeleinrichtung (12) diesen mit dem Betrag des primärseitigen Stromes ( $I_{pri}$ ) vergleicht.
9. Zündeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zündeinrichtung eine auf der Sekundärseite (16) der Zündspule (3) angeordnete Sekundärstrommesseinrichtung (7) zur Messung des Verlaufs des sekundärseitigen Stromes ( $I_{sek}$ ) aufweist.
10. Zündeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regeleinrichtung (12) im Anschluss an eine Unterbrechung oder Reduktion der an der Primärseite (15) der Zündspule (3) angelegten Spannung ein Wiederanschalten bzw. Erhöhen der Spannung erst dann wieder zulässt, wenn eine Polarität des sekundärseitigen Stromes ( $I_{sek}$ ) wechselt.
11. Zündeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regeleinrichtung (12) die primärseitige Spannung und/oder den primärseitigen Strom ( $I_{pri}$ ) zumindest zeitweilig in Abhängigkeit eines mittels einer auf der Sekundärseite (16) der Zündspule (3) angeordneten Sekundärstrommesseinrichtung (7) gemessenen Verlaufs des sekundärseitigen Stromes ( $I_{sek}$ ) regelt.
12. Zündeinrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regeleinrichtung (12) im Anschluss an eine Unterbrechung der primärseitigen Spannungs- und/oder Stromversorgung der Zündspule während eines Zündvorgangs oder im Anschluss an das Abfallen der primärseitigen Spannung und/oder des primärseitigen Stromes ( $I_{pri}$ )

- durch die Zündspule (3) unter einen vorgebbaren Schwellwert während des Zündvorgangs die primärseitige Spannungs- und/oder Stromversorgung der Zündspule (3) erst dann wieder einschaltet oder über den Schwellwert regelt, wenn der **dadurch** induzierte sekundärseitige Strom ( $I_{\text{sek}}$ ) in Richtung des, vorzugsweise unmittelbar vorab bestimmten Verlaufs des sekundärseitigen Stromes ( $I_{\text{sek}}$ ) wirkt.
13. Zündeinrichtung nach Anspruch 12 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regeleinrichtung die primärseitige Spannungs- und/oder Stromversorgung der Zündspule nach einem Polaritätswechsel bzw. Nulldurchgang des sekundärseitigen Stromes wieder einschaltet oder über den vorab bestimmbaren Sollwert regelt.
14. Zündeinrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regeleinrichtung (12) die primärseitige Spannungs- und/oder Stromversorgung der Zündspule (3) nach einem vorgebbaren Zeitversatz im Anschluss an einen Polaritätswechsel bzw. Nulldurchgang des sekundärseitigen Stromes ( $I_{\text{sek}}$ ) wiedereinschaltet oder über den vorab bestimmbaren Schwellwert regelt.
15. Zündeinrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der vorgebbare Zeitversatz im Wesentlichen ein Viertel der Eigenperiode der Zündeinrichtung entspricht.
16. Zündeinrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regeleinrichtung (12) beim Einschalten der Zündeinrichtung zu Beginn eines Zündvorgangs und/oder im Anschluss an eine Unterbrechung der primärseitigen Spannungs- und/oder Stromversorgung der Zündspule (3) oder im Anschluss an das Abfallen der primärseitigen Spannung und/oder des primärseitigen Stromes ( $I_{\text{pri}}$ ) durch die Zündspule (3) unter den vorab vorgebbaren Schwellwert während eines Zündvorgangs ein Anschaltzeitintervall ( $\Delta t_{\text{an1}}, \Delta t_{\text{an2}}$ ) vorsieht, bei dem auf der Primärseite (16) der Zündspule (3) die Spannung der Spannungsquelle in voller Höhe und/oder für eine vorgebbare Zeitdauer permanent anliegt.
17. Zündeinrichtung nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regeleinrichtung (12) während des Anschaltzeitintervalls ( $\Delta t_{\text{an1}}, \Delta t_{\text{an2}}$ ) den sekundärseitigen Strom ( $I_{\text{sek}}$ ) über die Sekundärstrommesseinrichtung (7) und/oder eine sekundärseitige von der Zündspule abgegebene Spannung ( $U_{\text{sek}}$ ) über eine Sekundärspannungsmesseinrichtung (8) überwacht und die primärseitige Spannungsversorgung der Zündspule (3) unterbricht, wenn der sekundärseitige Strom ( $I_{\text{sek}}$ ) und/oder die sekundärseitige von der Zündspule abgegebene Spannung ( $U_{\text{sek}}$ )
- (einen) vorgebbare(n) Grenzwert(e) überschreitet (überschreiten).
18. Zündeinrichtung nach Anspruch 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regeleinrichtung (12) die primärseitige Spannung und/oder den primärseitigen Strom ( $I_{\text{pri}}$ ) erst im Anschluss an das Anschaltzeitintervall ( $\Delta t_{\text{an1}}, \Delta t_{\text{an2}}$ ) in Abhängigkeit des Verlaufs des sekundärseitigen Stromes ( $I_{\text{sek}}$ ) regelt.
19. Zündeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf der Primärseite (15) der Zündspule (3) ein von der Regeleinrichtung (12) angesteuerter Schalter (4) vorgesehen ist, der zumindest einen ersten Schaltzustand, bei dem die Spannung der Spannungsquelle an der Zündspule (3) anliegt, und zumindest einen zweiten Schaltzustand, bei dem die Spannung der Spannungsquelle nicht an der Zündspule (3) anliegt, aufweist.
20. Zündeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regeleinrichtung (12) mit Hilfe der Sekundärstrommesseinrichtung (8) den Verlauf des sekundärseitigen Stromes ( $I_{\text{sek}}$ ) hinsichtlich seiner Polarität und/oder seines Betrages auswertet.
21. Zündeinrichtung nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regeleinrichtung (12) mit Hilfe der Sekundärstrommesseinrichtung (7) auswertet, ob der Betrag des sekundärseitigen Stromes ( $I_{\text{sek}}$ ) größer oder gleich eines vorgebbaren Mindestwertes ist oder nicht.

#### Claims

1. An ignition device for an internal combustion engine comprising a regulating device (12) and an ignition coil (3) which can be fed on its primary side (15) by a voltage source, wherein the voltage source has at least one dc voltage source (1) and at least one capacitor (2) connected parallel thereto, wherein the regulating device (12) is provided to interrupt or reduce the voltage applied at the primary side (15) of the ignition coil (3) when a magnitude of a magnetic induction B on the primary side (15) of the ignition coil (3) exceeds a predeterminable maximum value ( $B_{\text{max}}$ ) during an ignition process, **characterised in that** subsequently to an interruption or reduction in the voltage applied at the primary side (15) of the ignition coil (3) the regulating device (12) allows or causes the voltage to be switched on again or increased only when the magnitude of the magnetic induction B on the primary side (15) of the ignition coil (3) falls below the predeterminable maximum

value ( $B_{\max}$ ) or a predeterminable threshold value in respect of switching on again.

2. An ignition device according to claim 1 **characterised in that** the predeterminable maximum value ( $B_{\max}$ ) of the magnitude of the magnetic induction B is an upper limit of a working range (17) in which there is an at least approximately linear relationship between the magnitude of the magnetic induction B and a primary-side current ( $I_{\text{pri}}$ ).
3. An ignition device according to claim 1 or claim 2 **characterised in that** the predeterminable maximum value ( $B_{\max}$ ) of the magnitude of the magnetic induction B is below the saturated range of the ignition coil.
4. An ignition device according to one of claims 1 to 3 **characterised in that** the regulating device (12) determines the magnitude of the magnetic induction B on the primary side (15) of the ignition coil (3) indirectly by way of an evaluation of a duration of switch-on time or times and switch-off time or times, wherein during the switch-on time or times the voltage of the voltage source is applied at the primary side (15) of the ignition coil (3) and during the switch-off time or times the voltage of the voltage source is not applied at the primary side (15) of the ignition coil.
5. An ignition device according to claim 4 **characterised in that** the maximum value is a predeterminable period of time and the regulating device (12) compares that period of time to the sum of the switch-on times less the sum of the switch-off times.
6. An ignition device according to claim 5 **characterised in that** the regulating device (12) compares the period of time to the sum of the switch-on times from the beginning of the ignition process less the sum of the switch-off times from the beginning of the ignition process.
7. An ignition device according to claims 1 to 3 **characterised in that** the ignition device has a primary current measuring device (14) and the regulating device (12) determines the magnitude of the magnetic induction B on the primary side (15) of the ignition coil (3) indirectly by way of an evaluation of the primary-side current.
8. An ignition device according to claim 7 **characterised in that** the maximum value is a predeterminable maximum current value and the regulating device (12) compares same to the magnitude of the primary-side current ( $I_{\text{pri}}$ ).
9. An ignition device according to one of claims 1 to 8 **characterised in that** the ignition device has a sec-

ondary current measuring device (7) for measuring the variation in the secondary-side current ( $I_{\text{sek}}$ ), arranged on the secondary side (16) of the ignition coil (3).

10. An ignition device according to one of claims 1 to 9 **characterised in that** subsequently to an interruption or reduction in the voltage applied at the primary side (15) of the ignition coil (3) the regulating device (12) allows the voltage to be switched on again or increased only when a polarity of the secondary-side current ( $I_{\text{sek}}$ ) changes.
11. An ignition device according to one of claims 1 to 10 **characterised in that** the regulating device (12) at least temporarily regulates the primary-side voltage and/or the primary-side current ( $I_{\text{pri}}$ ) in dependence on a variation in the secondary-side current ( $I_{\text{sek}}$ ) measured by means of a secondary current measuring device (7) arranged on the secondary side (16) of the ignition coil (3).
12. An ignition device according to claim 11 **characterised in that** subsequently to an interruption in the primary-side voltage and/or current supply of the ignition coil during an ignition process or subsequently to the drop in the primary-side voltage and/or the primary-side current ( $I_{\text{pri}}$ ) through the ignition coil (3) below a predeterminable threshold value during the ignition process the regulating device (12) switches the primary-side voltage and/or current supply to the ignition coil (3) on again or regulates it above the threshold value only when the secondary-side current ( $I_{\text{sek}}$ ) induced thereby acts in the direction of the preferably immediately previously determined variation in the secondary-side current ( $I_{\text{sek}}$ ).
13. An ignition device according to claim 12 **characterised in that** the regulating device switches the primary-side voltage and/or current supply to the ignition coil on again or regulates it above the previously determinable threshold value after a change in polarity or a zero crossing of the secondary-side current.
14. An ignition device according to claim 13 **characterised in that** the regulating device (12) switches the primary-side voltage and/or current supply to the ignition coil (3) on again or regulates it above the previously determinable threshold value after a predeterminable time delay following a change in polarity or zero crossing of the secondary-side current ( $I_{\text{sek}}$ ).
15. An ignition device according to claim 14 **characterised in that** the predeterminable time delay substantially corresponds to a quarter of the characteristic period of the ignition device.

16. An ignition device according to one of claims 12 to 15 **characterised in that** when the ignition device is switched on at the beginning of an ignition process and/or subsequently to an interruption in the primary-side voltage and/or current supply to the ignition coil (3) or subsequently to the drop in the primary-side voltage and/or the primary-side current ( $I_{pri}$ ) through the ignition coil (3) below the previously predeterminable threshold value during an ignition process the regulating device (12) provides an activation time interval ( $\Delta t_{an1}$ ,  $\Delta t_{an2}$ ), in which on the primary side (15) of the ignition coil (3) the voltage of the voltage source is applied permanently at its full height or for a predeterminable period of time.
17. An ignition device according to claim 16 **characterised in that** during the activation time interval ( $\Delta t_{an1}$ ,  $\Delta t_{an2}$ ) the regulating device (12) monitors the secondary-side current ( $I_{sek}$ ) by way of the secondary current measuring device (7) and/or a secondary-side voltage ( $U_{sek}$ ) delivered by the ignition coil (3) by way of a secondary voltage measuring device (8) and interrupts the primary-side voltage supply to the ignition coil (3) when the secondary-side current ( $I_{sek}$ ) and/or the voltage ( $U_{sek}$ ) delivered by the ignition coil on the secondary side exceeds or exceed a predeterminable limit value or values.
18. An ignition device according to claim 16 or claim 17 **characterised in that** the regulating device (12) regulates the primary-side voltage and/or the primary-side current ( $I_{pri}$ ) only subsequently to the activation time interval ( $\Delta t_{an1}$ ,  $\Delta t_{an2}$ ) in dependence on the variation in the secondary-side current ( $I_{sek}$ ).
19. An ignition device according to one of claims 1 to 18 **characterised in that** provided on the primary side (15) of the ignition coil is a switch (4) which is actuated by the regulating device (12) and which has at least a first switching state in which the voltage of the voltage source is applied to the ignition coil (3) and at least one second switching state in which the voltage of the voltage source is not applied to the ignition coil (3).
20. An ignition device according to one of claims 1 to 19 **characterised in that** the regulating device (12) by means of the secondary current measuring device (8) evaluates the variation in the secondary-side current ( $I_{sek}$ ) in respect of its polarity and/or its magnitude.
21. An ignition device according to claim 20 **characterised in that** the regulating device (12) by means of the secondary current measuring device (7) evaluates whether the magnitude of the secondary-side current ( $I_{sek}$ ) is greater than or equal to a predeterminable minimum value or not.

## Revendications

- Dispositif d'allumage pour un moteur à combustion interne, comportant un dispositif de régulation (12) et une bobine d'allumage (3) qui peut être alimentée par une source de tension sur son côté primaire (15), ladite source de tension comportant au moins une source de tension du courant continu (1) et au moins un condensateur (2) monté en parallèle à celle-ci, ledit dispositif de régulation (12) étant prévu pour couper ou réduire la tension appliquée sur le côté primaire (15) de la bobine d'allumage (3) lorsque, pendant un processus d'allumage, une grandeur d'une induction magnétique B sur le côté primaire (15) de la bobine d'allumage (3) est supérieure à une valeur maximale ( $B_{max}$ ) spécifiée, **caractérisé en ce que** à la suite d'une coupure ou d'une diminution de la tension appliquée sur le côté primaire (15) de la bobine d'allumage (3), le dispositif de régulation (12) autorise ou déclenche à nouveau un rétablissement ou une augmentation de la tension uniquement lorsque la grandeur de l'induction magnétique B sur le côté primaire (15) de la bobine d'allumage (3) devient inférieure à la valeur maximale ( $B_{max}$ ) spécifiée ou à une valeur de consigne spécifiée de rétablissement de la tension.
- Dispositif d'allumage selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la valeur maximale ( $B_{max}$ ) spécifiée de la grandeur de l'induction magnétique B est une limite supérieure d'une zone de travail (17), dans laquelle une relation au moins approximativement linéaire existe entre la grandeur de l'induction magnétique B et un courant ( $I_{pri}$ ) du côté primaire.
- Dispositif d'allumage selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la valeur maximale ( $B_{max}$ ) spécifiée de la grandeur de l'induction magnétique B se situe en dessous de la zone saturée de la bobine d'allumage.
- Dispositif d'allumage selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le dispositif de régulation (12) détermine indirectement la grandeur de l'induction magnétique B sur le côté primaire (15) de la bobine d'allumage (3), par l'intermédiaire d'une évaluation d'une durée du/des temps de connexion et du/des temps de déconnexion, sachant que pendant le/les temps de connexion, sachant que pendant le/les temps de connexion la tension de la source de tension est appliquée sur le côté primaire (15) de la bobine d'allumage (3) et pendant le/les temps de déconnexion la tension de la source de tension n'est pas appliquée sur le côté primaire (15) de la bobine d'allumage (3).
- Dispositif d'allumage selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la valeur maximale est un in-

- tervalle de temps spécifié et le dispositif de régulation (12) compare cet intervalle de temps à la somme des temps de connexion moins la somme des temps de déconnexion.
6. Dispositif d'allumage selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** le dispositif de régulation (12) compare l'intervalle de temps à la somme des temps de connexion depuis le début du processus d'allumage moins la somme des temps de déconnexion depuis le début du processus d'allumage.
7. Dispositif d'allumage selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le dispositif d'allumage comporte un dispositif de mesure du courant primaire (14) et le dispositif de régulation (12) détermine indirectement la grandeur de l'induction magnétique B sur le côté primaire (15) de la bobine d'allumage (3) par l'intermédiaire d'une évaluation du courant du côté primaire.
8. Dispositif d'allumage selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** la valeur maximale est une valeur de courant maximale spécifiée et le dispositif de régulation (12) compare celle-ci à la grandeur du courant ( $I_{pri}$ ) du côté primaire.
9. Dispositif d'allumage selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** le dispositif d'allumage comporte un dispositif de mesure du courant secondaire (7), disposé sur le côté secondaire (16) de la bobine d'allumage (3) et destiné à mesurer l'évolution du courant secondaire ( $I_{sek}$ ) du côté secondaire.
10. Dispositif d'allumage selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** le dispositif de régulation (12), à la suite d'une coupure ou d'une diminution de la tension appliquée sur le côté primaire (15) de la bobine d'allumage (3), autorise à nouveau un rétablissement ou une augmentation de la tension uniquement en cas de changement d'une polarité du courant ( $I_{sek}$ ) du côté secondaire.
11. Dispositif d'allumage selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** le dispositif de régulation (12) régule la tension du côté primaire et/ou le courant ( $I_{pri}$ ) du côté primaire au moins temporairement en fonction d'une évolution du courant ( $I_{sek}$ ) du côté secondaire, mesurée au moyen d'un dispositif de mesure du courant secondaire (7) agencé sur le côté secondaire (16) de la bobine d'allumage (3).
12. Dispositif d'allumage selon la revendication 11, **caractérisé en ce que**, à la suite d'une coupure de l'alimentation en tension et/ou en courant de la bobine d'allumage du côté primaire pendant un processus d'allumage ou à la suite de la chute de la tension du côté primaire ou du courant ( $I_{pri}$ ) du côté primaire à travers la bobine d'allumage (3) en dessous d'une valeur seuil spécifiée pendant le processus d'allumage, le dispositif de régulation (12) rétablit l'alimentation en tension et/ou en courant de la bobine d'allumage (3) du côté primaire ou la régule au-dessus de la valeur seuil uniquement lorsque le courant ( $I_{sek}$ ) du côté secondaire, induit de ce fait, agit dans le sens de l'évolution du courant ( $I_{sek}$ ) du côté secondaire, déterminée au préalable, de préférence directement.
13. Dispositif d'allumage selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** le dispositif de régulation rétablit l'alimentation en tension et/ou en courant de la bobine d'allumage du côté primaire après un changement de polarité ou un passage par zéro du courant du côté secondaire ou la régule au-dessus de la valeur de consigne pouvant être déterminée au préalable.
14. Dispositif d'allumage selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** le dispositif de régulation (12) rétablit l'alimentation en tension et/ou en courant de la bobine d'allumage (3) du côté primaire après un décalage de temps spécifié à la suite d'un changement de polarité ou d'un passage par zéro du courant ( $I_{sek}$ ) du côté secondaire ou la régule au-dessus de la valeur seuil pouvant être déterminée au préalable.
15. Dispositif d'allumage selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** le décalage de temps spécifié correspond sensiblement à un quart de la période spécifique du dispositif d'allumage.
16. Dispositif d'allumage selon l'une quelconque des revendications 12 à 15, **caractérisé en ce que**, au moment du branchement du dispositif d'allumage au début d'un processus d'allumage et/ou à la suite d'une coupure de l'alimentation en tension et/ou en courant de la bobine d'allumage (3) du côté primaire ou à la suite de la chute de la tension du côté primaire et/ou du courant ( $I_{pri}$ ) du côté primaire à travers la bobine d'allumage (3) en dessous de la valeur seuil spécifiée au préalable pendant un processus d'allumage, le dispositif de régulation (12) prévoit un intervalle de temps de connexion ( $\Delta t_{an1}$ ,  $\Delta t_{an2}$ ), dans lequel la tension de la source de tension est appliquée à la pleine valeur sur le côté primaire (15) de la bobine d'allumage (3) et/ou est appliquée en permanence pendant une durée spécifiée.
17. Dispositif d'allumage selon la revendication 16, **caractérisé en ce que**, pendant l'intervalle de temps de connexion ( $\Delta t_{an1}$ ,  $\Delta t_{an2}$ ), le dispositif de régulation (12) surveille, par l'intermédiaire d'un dispositif de mesure de la tension secondaire (8), le courant ( $I_{sek}$ )

du côté secondaire par l'intermédiaire du dispositif de mesure du courant secondaire (7) et/ou une tension ( $U_{sek}$ ) du côté secondaire, délivrée par la bobine d'allumage, et coupe l'alimentation en tension de la bobine d'allumage (3) du côté primaire lorsque le courant ( $I_{sek}$ ) du côté secondaire et/ou la tension ( $U_{sek}$ ) du côté secondaire, délivrée par la bobine d'allumage, dépasse (dépassent) une/des valeur(s) limite(s) spécifiée(s).

5

10

18. Dispositif d'allumage selon la revendication 16 ou 17, **caractérisé en ce que** le dispositif de régulation (12) régule la tension du côté primaire et/ou le courant ( $I_{pri}$ ) du côté primaire uniquement à la suite de l'intervalle de temps de connexion ( $\Delta t_{an1}$ ,  $\Delta t_{an2}$ ) en fonction de l'évolution du courant ( $I_{sek}$ ) du côté secondaire.

15

19. Dispositif d'allumage selon l'une quelconque des revendications 1 à 18, **caractérisé en ce que** sur le côté primaire (15) de la bobine d'allumage (3) est prévu un commutateur (4) commandé par le dispositif de régulation (12), lequel possède au moins un premier état de commutation, dans lequel la tension de la source de tension est appliquée sur la bobine d'allumage (3), et au moins un deuxième état de commutation, dans lequel la tension de la source de tension n'est pas appliquée sur la bobine d'allumage (3).

20

25

30

20. Dispositif d'allumage selon l'une quelconque des revendications 1 à 19, **caractérisé en ce que** le dispositif de régulation (12), au moyen du dispositif de mesure du courant secondaire (8), analyse l'évolution du courant ( $I_{sek}$ ) du côté secondaire au regard de sa polarité et/ou de sa grandeur.

35

21. Dispositif d'allumage selon la revendication 20, **caractérisé en ce que** le dispositif de régulation (12), au moyen du dispositif de mesure du courant secondaire (7), analyse si la grandeur du courant ( $I_{sek}$ ) du côté secondaire est supérieure ou égale ou non à une valeur minimale spécifiée.

40

45

50

55

Fig. 1

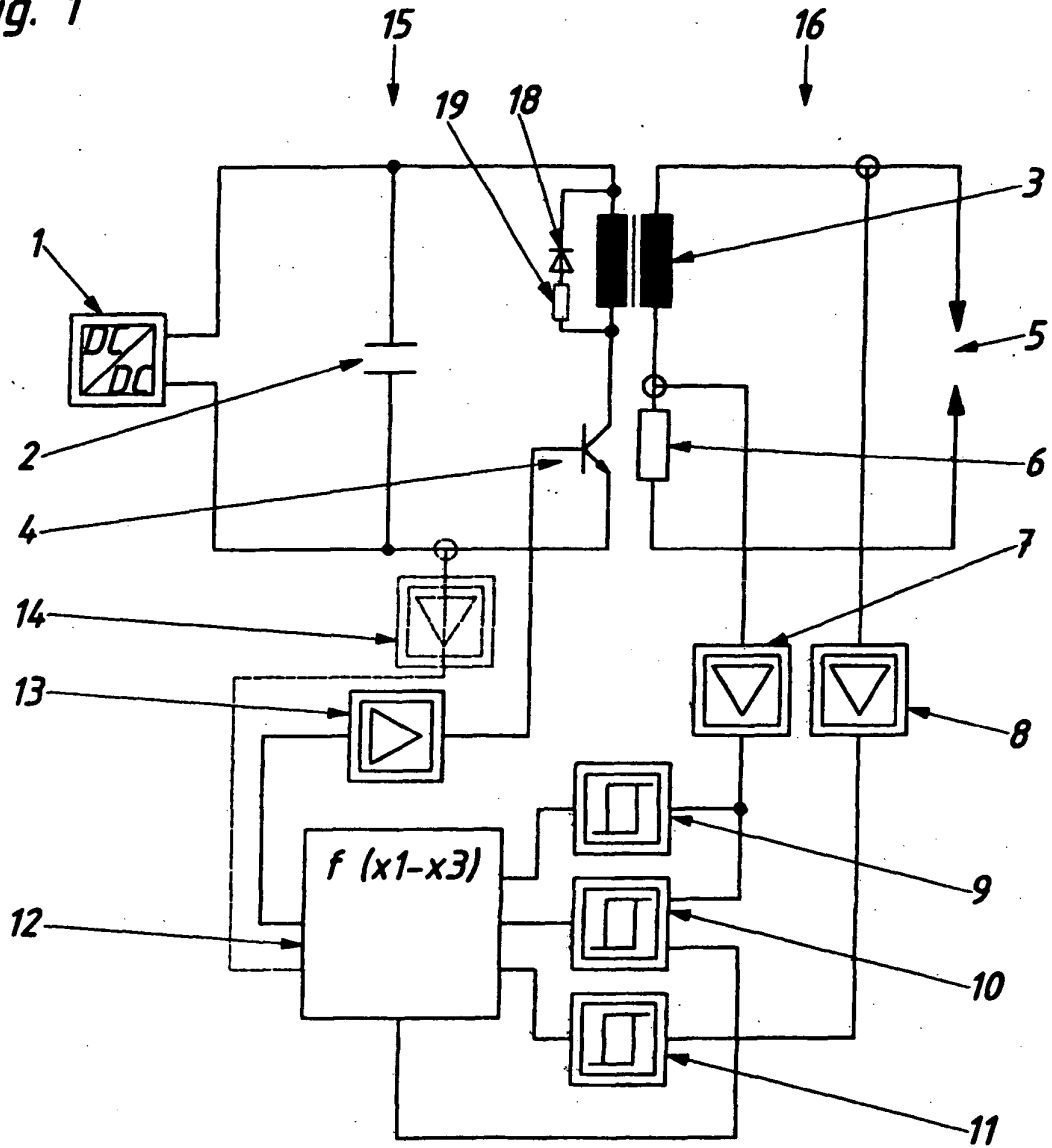


Fig. 2

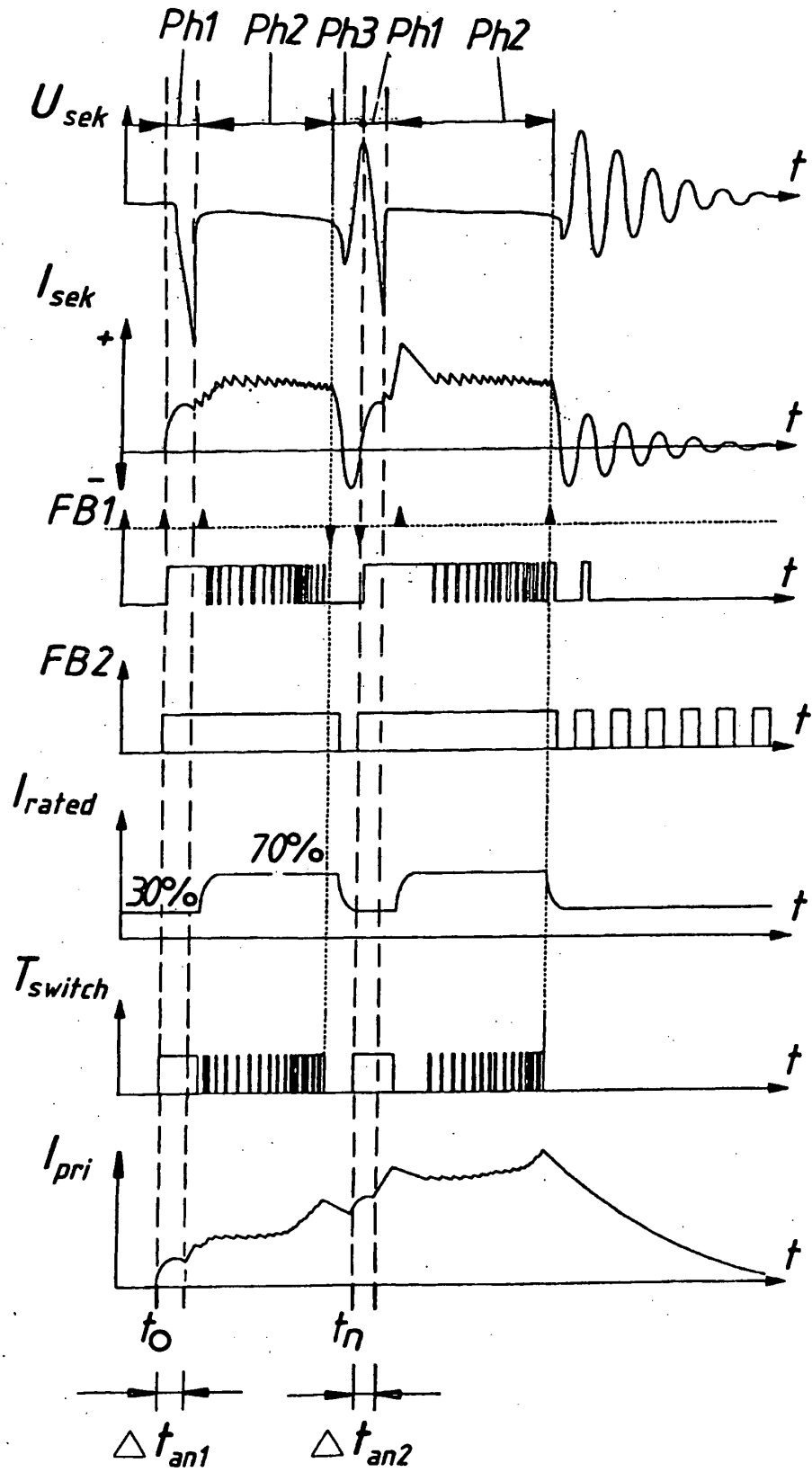
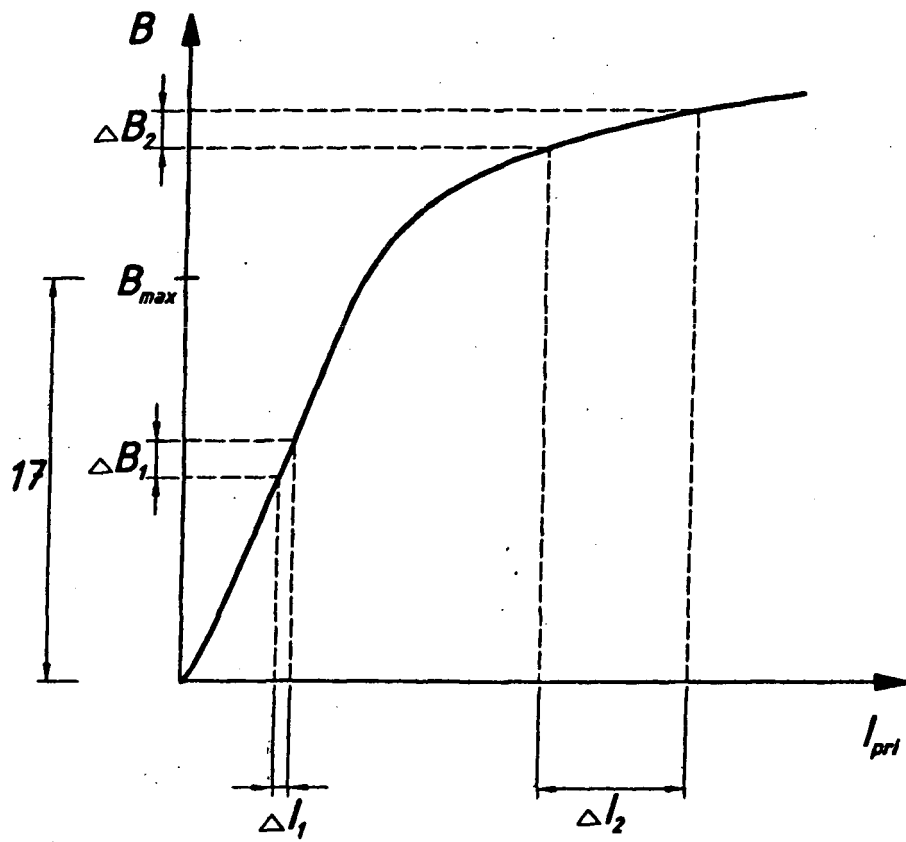


Fig. 3



**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 1173288 [0004]