

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 1328/2010
(22) Anmeldetag: 06.08.2010
(43) Veröffentlicht am: 15.01.2012

(51) Int. Cl. : **F02P 17/12** (2006.01)

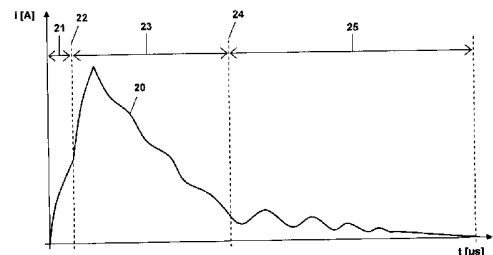
(56) Entgegenhaltungen:
DE 102007051249A1
EP 1854998A2 US 6283103B1

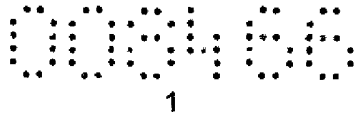
(73) Patentanmelder:
GE JENBACHER GMBH & CO OHG
A-6200 JENBACH (AT)

(54) **ZÜNDFUNKENBRENNDAUERBESTIMMUNG**

(57) Verfahren zum Bestimmen des Zeitpunkts des Erlöschens eines Zündfunken einer Zündeinrichtung (1) für einen Verbrennungsmotor (2), wobei die Zündeinrichtung (1) einen Hochspannungsüberträger (3) mit einer Primärseite (4) und einer Sekundärseite (5) aufweist, von denen die Primärseite (4) mit einer Hochspannungsquelle (6 - 9) und die Sekundärseite (5) mit einer Funkenstrecke (10) zur Ausbildung des Zündfunken verbunden ist, wobei der zeitliche Verlauf des auf der Primärseite (4) fließenden Primärstromes gemessen und zumindest in eine Funkenbrennphase und eine anschließende Freilaufphase des Hochspannungsüberträgers (3) unterteilt wird, wobei der Übergang von der Funkenbrennphase in die Freilaufphase mit dem Zeitpunkt des Erlöschens des Zündfunken gleichgesetzt wird.

Fig. 5





Zusammenfassung

Verfahren zum Bestimmen des Zeitpunkts des Erlöschens eines Zündfunken einer Zündeinrichtung (1) für einen Verbrennungsmotor (2), wobei die Zündeinrichtung (1) einen Hochspannungsüberträger (3) mit einer Primärseite (4) und einer Sekundärseite (5) aufweist, von denen die Primärseite (4) mit einer Hochspannungsquelle (6 – 9) und die Sekundärseite (5) mit einer Funkenstrecke (10) zur Ausbildung des Zündfunken verbunden ist, wobei der zeitliche Verlauf des auf der Primärseite (4) fließenden Primärstromes gemessen und zumindest in eine Funkenbrennphase und eine anschließende Freilaufphase des Hochspannungsüberträgers (3) unterteilt wird, wobei der Übergang von der Funkenbrennphase in die Freilaufphase mit dem Zeitpunkt des Erlöschens des Zündfunken gleichgesetzt wird.

(Fig. 5)



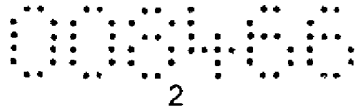
Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Bestimmen des Zeitpunkts des Erlöschens eines Zündfunken einer Zündeinrichtung für einen Verbrennungsmotor, wobei die Zündeinrichtung einen Hochspannungsüberträger mit einer Primärseite und einer Sekundärseite aufweist, von denen die Primärseite mit einer Hochspannungsquelle und die Sekundärseite mit einer Funkenstrecke zur Ausbildung des Zündfunken verbunden ist und eine Zündeinrichtung für einen Verbrennungsmotor, mit:

- einem Hochspannungsüberträger, insbesondere einer Spule, der eine Primärseite und eine Sekundärseite aufweist,
- einer mit der Primärseite elektrisch verbundenen Hochspannungsquelle,
- einer mit der Sekundärseite elektrisch verbundenen Funkenstrecke

und einen Verbrennungsmotor mit einer solchen Zündeinrichtung.

Für eine sichere Zündung und Entflammung des brennfähigen Gemisches wird eine möglichst lange Zündfunkenbrenndauer angestrebt.

Die Entflammung von Kraftstoffgemischen kann mit unterschiedlichsten Methoden erfolgen. Bei Verbrennungsmotoren, wie zum Beispiel einem Gasmotor, wird in den meisten Fällen die Entflammung mit Hilfe eines Zündfunken realisiert. Es existieren mehrere Methoden zur Zündfunkengenerierung, wobei hauptsächlich ein Zündspulenzündsystem zum Einsatz kommt. Dabei ist für die Zündung des Kraftstoffgemisches, hauptsächlich die über den Funkenkanal, eingebrachte Plasmaenergie (Ionisations- und Aktivierungsenergie) ausschlaggebend für die Qualität des anschließenden Verbrennungsprozesses. Zur sicheren Entflammung oder Entzündung des Kraftstoffgemisches ist, neben der Höhe des Zündfunkenstromes, auch wesentlich die Zündfunkendauer ausschlaggebend. Indirekte und direkte Einflüsse, wie zum Beispiel Druck, Temperatur, Gemischzusammensetzung und Strömungsgeschwindigkeiten im Brennraum, speziell im Bereich der Zündkerzenelektroden oder Funkenstrecke, können die Zündfunkendauer erheblich beeinflussen. Zum Beurteilen der Effektivität eines Zündvorganges ist somit die Erfassung der Zündfunkendauer ausschlaggebend. Als Möglichkeit zur Messung der Zündfunkendauer kann die direkte Abhängigkeit zum Strom im Hochspannungskreis (Sekundärstrom der Zündspule), welcher dem Funkenstrom gleichzusetzen ist, herangezogen werden. Diese Möglichkeiten der direkten Messung der Zündfunkendauer ist bei den meisten Zündsystemen nicht möglich, im speziellen bei zentralen Zündsystemen, wo nur die Primärseite der Zündspulen mit dem Zündsystem verbunden ist, und keinerlei Messgrößen von der Sekundärseite zurückgeführt werden können.



Aus der Patentliteratur sind einige Ansätze zur Diagnose von Zündereignissen bekannt.

So beschreibt die EP 707 144 A2 (ROBERT BOSCH GMBH) den Einsatz einer Strommesszange zur Diagnose von Zündereignissen, wobei ein erster Schwingkreis vorgesehen ist, dessen Resonanzfrequenz auf schnelle Zündstromänderungen abgestimmt ist, die während des Zündfunkenbeginns auftreten, und dass ein zweiter Schwingkreis vorgesehen ist, dessen Resonanz auf langsame Zündstromänderungen abgestellt ist, die während der Zündfunkenbrenndauer vorliegen.

In der WO 1994/027043 (ROBERT BOSCH GMBH) wird ein Verfahren zur Erfassung von Fehlzündungen vorgeschlagen. Hier wird die transformierte Brennspannung auf der Primärseite herangezogen und ein Vergleich mit Grenzwerten für eine korrekte Zündung durchgeführt.

Die gegenwärtig eingesetzten Verfahren liefern keine Information über die Funkenbrenndauer selbst, sondern vergleichen eine an der Primärseite gemessene Größe (etwa die Brennspannung) mit zuvor erfassten Grenzwerten für einen korrekten Zündverlauf.

Zur Beurteilung der Effektivität eines Zündvorganges ist die Erfassung des Zeitpunkts des Erlöschens des Zündfunkens ausschlaggebend.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren anzubieten, welches die Erfassung des Zeitpunkts des Erlöschens des Zündfunkens ermöglicht und eine Zündeinrichtung zu schaffen, die gemäß diesem Verfahren arbeiten kann.

Gelöst wird die Aufgabe durch das Verfahren nach Anspruch 1 sowie eine Zündeinrichtung nach Anspruch 9.

Die vorliegende Erfindung beruht auf einer Messung des Zeitpunkts des Erlöschens des Zündfunkens mit Hilfe des Primärstroms eines Hochspannungsübertragers, im Normalfall einer Zündspule.

Untersuchungen der Primär- und Sekundärkreisgrößen einer Zündspule und des Zündfunkens haben gezeigt, dass mit Hilfe des Stromverlaufes des Primärstroms einer Zündspule der Zeitpunkt des Erlöschens des Zündfunkens ermittelt werden kann.



Vorteilhafte Ausführungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

Der Zündvorgang lässt sich allgemein in vier Phasen unterteilen:

1. Ionisationsphase - Aufbau der notwendigen Hochspannung und Ionisierung für Durchbruch
2. Durchbruchphase - Aufbau des Funkenkanals
3. Funkenbrennphase – Energieübertragung ins Kraftstoffgemisch mit Hilfe der Plasmaenergie
4. Spulenfreilaufphase – Abbau der in der Spule gespeicherten Energie nach Erlöschen des Funkens

Jede der einzelnen Phasen des Zündfunkens besitzt eine typische Charakteristik, erkennbar zum Beispiel anhand der unterschiedlichen Steigungswinkel des Primärstromes, hervorgerufen durch die in diesen Phasen wirkenden Einflussgrößen auf den Primärstrom der Zündspule.

Legt man zum Beispiel Geraden (lineare Funktionen) in die Stromverlaufskurven der Phasen 3 und 4 und bringt diese Geraden zum Schnitt, so kann aus der Lage der Schnittpunkte der Zeitpunkt des Erlöschens des Zündfunkens auf einfachste Weise bestimmt werden. Auch die Verwendung anderer Funktionen ist denkbar.

Für die Ermittlung der Zündfunkendauer kann die Messung des Zeitpunkts des Erlöschens des Zündfunkens gemäß der Erfindung ausreichend sein, wenn der Zeitpunkt der Entstehung des Zündfunkens aus anderen Daten abgeleitet werden kann oder einfach als bekannt vorausgesetzt wird.

Es kann natürlich auch vorgesehen sein, den Zeitpunkt der Entstehung des Zündfunkens aus dem zeitlichen Verlauf des Primärstromes zu bestimmen und zwar durch den Übergang von der Ionisationsphase in die Funkenbrennphase.

Die so ermittelte Zündfunkenbrenndauer kann als Regelgröße für die primärseitige Energiezuführung zur Zündspule verwendet werden, um die Zündfunkencharakteristik an die Verhältnisse im Verbrennungsraum anzupassen, und somit den Entflammungs- und Verbrennungsprozess zu optimieren.



Dies verhindert im Wesentlichen eine langsame oder verschleppte Verbrennung und führt weiters zu einer geringeren Varianz des Verbrennungsprozesses und somit zu einer vollständigeren Verbrennung des Kraftstoffgemisches, welches einer höheren Effizienz oder Wirkungsgradsteigerung des Gesamtsystems eines Verbrennungsprozesses gleichzusetzen ist.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich anhand der Figuren sowie der dazugehörigen Figurenbeschreibung.

Dabei zeigen:

- Fig. 1 eine Zündeinrichtung gemäß dem Stand der Technik,
- Fig. 2 eine erfindungsgemäße Zündeinrichtung,
- Fig. 3 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Zündeinrichtung,
- Fig. 4 einen Verbrennungsmotor mit einer erfindungsgemäßen Zündeinrichtung und
- Fig. 5 eine Darstellung des zeitlichen Verlaufs des Primärstromes und die Darstellung der vier unterscheidbaren Phasen des Primärstromverlaufes.

Fig. 1 zeigt eine Zündeinrichtung gemäß dem Stand der Technik. Diese weist einen Hochspannungsüberträger 3 auf, der über eine Primärseite 4 und Sekundärseite 5 verfügt. Im vorliegenden Fall ist der Hochspannungsüberträger 3 als Spule ausgebildet. Die Primärseite 4 ist mit einer Hochspannungsquelle 6 bis 9 verbunden. Die einzelnen Komponenten der Hochspannungsquelle sind eine Gleichspannungsquelle 6, ein Hochspannungskondensator 7, eine Freilaufdiode 8 und ein Schaltelement 9.

Die Sekundärseite 5 des Hochspannungsüberträgers 3 ist mit einer Funkenstrecke 10 zur Ausbildung des Zündfunken verbunden.

In Fig. 1 ist ein mit der Sekundärseite 5 des Hochspannungsüberträgers 3 verbundenes Amperemeter dargestellt, mit dessen Hilfe der Sekundärstrom gegen Masse gemessen werden kann. Auf diese Weise ist die Bestimmung der Zündfunkendauer möglich. Die Messung gemäß Fig. 1 ist bei den allermeisten Zündsystemen allerdings nicht möglich, da bei den meisten Zündsystemen nur die Primärseite 4 des Hochspannungsüberträgers 3 mit dem Zündsystem verbunden ist und keinerlei Messgrößen von der Sekundärseite 5 zurückgeführt werden können.



Fig. 2 zeigt eine erfindungsgemäße Zündeinrichtung 1, bei welcher das Verfahren gemäß Fig. 1 gar nicht anwendbar wäre. Dieselben Komponenten wie in der Fig. 1 werden mit denselben Bezugszeichen bezeichnet. Erfindungsgemäß ist nunmehr vorgesehen dass, zumindest eine Strommeseinrichtung mit der Primärseite 4 des Hochspannungsüberträgers 3 verbunden ist. In Fig. 2 sind zwei alternative Positionen für den Ort der Strommeseinrichtung dargestellt. Die Strommeseinrichtung des Primärstroms kann dabei wahlweise zum Beispiel mit einem Stromwandler oder mit einem Messwiderstand gegen Masse erfolgen.

Die Fig. 3 zeigt eine Möglichkeit der Regelung der Primärenergiezuführung für die Optimierung der Zündfunkenenergie und der Zündfunkenbrenndauer mit Hilfe der Zündfunkenbrenndauermessung durch die erfindungsgemäß vorgesehene Auswertung der Primärstrommessung. Zusätzlich eingezeichnet ist gegenüber der Fig. 2 eine Auswerteeinrichtung 12, welcher die Messsignale der Messeinrichtung 11 (hier: Amperemeter) zuführbar sind und in den zeitlichen Verlauf des Primärstromes zumindest in eine Funkenbrennphase und eine anschließende Freilaufphase des Hochspannungsüberträgers unterteilt. Die Auswerteeinrichtung 12 setzt den Übergang von der Funkenbrennphase in die Freilaufphase mit dem Zeitpunkt des Erlöschens des Zündfunkens gleich.

Wie in Fig. 3 dargestellt, ist die Auswerteeinrichtung 12 Teil einer Regeleinrichtung 13, welcher die von der Auswerteeinrichtung 12 ermittelte Zündfunkendauer als Regelgröße für die primärseitige Energiezuführung zum Hochspannungsüberträger 3 verwendet.

Fig. 4 zeigt schematisch einen Verbrennungsmotor 2 von dem nur eine Kolbenzylindereinheit dargestellt ist mit einer erfindungsgemäßen Zündeinrichtung 1.

Die Kolbenzylindereinheit weist einen in einem Zylinder 15 auf- und ab bewegbar angeordneten Kolben 14 auf. Erkennbar ist eine hier als Zündfunkenkerze 16 ausgebildete Funkenstrecke 10, die über eine Leitung 17 mit der Sekundärseite 5 eines Hochspannungsüberträgers 3 (hier: Zündspule) in elektrischer Verbindung steht. Die Primärseite 4 des Hochspannungsüberträgers 3 steht über eine Leitung 18 mit einer Hochspannungsquelle 6 bis 9 in elektrischer Verbindung. In Fig. 4 nicht dargestellt sind die Auswerteeinrichtung 12 und die Regeleinrichtung 13.

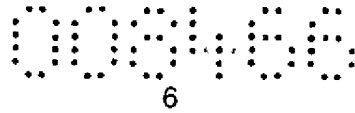
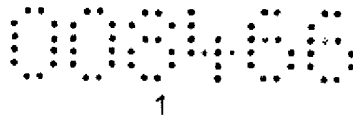


Fig. 5 zeigt den Verlauf des Primärstromes 20 eines Hochspannungsüberträgers 3, in diesem Fall eine Zündspule, eingeteilt in die vier charakteristischen Phasen eines Zündfunkens, der Ionisationsphase 21, der Funkendurchbruchphase 22, der Funkenbrennphase 23, den Zeitpunkt des Erlöschens des Zündfunkens 24 und der Zündspulenfreilaufphase 25.

Legende:

- 1 ... Zündeinrichtung
- 2 ... Verbrennungsmotor
- 3 ... Hochspannungsübertrager (Zündspule)
- 4 ... Primärseite des Hochspannungsübertragers
- 5 ... Sekundärseite des Hochspannungsübertragers
- 6 ... Gleichspannungsquelle
- 7 ... Hochspannungskondensator
- 8 ... Freilaufdiode
- 9 ... Schaltelement
- 10 ... Funkenstrecke
- 11 ... Messeinrichtung zur Primärstrommessung
- 12 ... Auswerteeinrichtung
- 13 ... Regeleinrichtung
- 14 ... Kolben
- 15 ... Zylinder
- 16 ... Zündkerze
- 17 ... Hochspannungsleitung
- 18 ... Leitung zur Primärseite eines Hochspannungsübertragers (Zündspule)
- 19 ... Messeinrichtung zur Messung der Kondensatorspannung
- 20 ... Primärstromverlauf des Hochspannungsübertragers (Zündspule)
- 21 ... Ionisationsphase
- 22 ... Funkendurchbruchphase
- 23 ... Funkenbrennphase
- 24 ... Funkenabbriss
- 25 ... Zündspulenfreilaufphase



Patentansprüche:

1. Verfahren zum Bestimmen des Zeitpunkts des Erlöschens eines Zündfunken einer Zündeinrichtung (1) für einen Verbrennungsmotor (2), wobei die Zündeinrichtung (1) einen Hochspannungsüberträger (3) mit einer Primärseite (4) und einer Sekundärseite (5) aufweist, von denen die Primärseite (4) mit einer Hochspannungsquelle (6 – 9) und die Sekundärseite (5) mit einer Funkenstrecke (10) zur Ausbildung des Zündfunken verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass der zeitliche Verlauf des auf der Primärseite (4) fließenden Primärstromes gemessen und zumindest in eine Funkenbrennphase und eine anschließende Freilaufphase des Hochspannungsüberträgers (3) unterteilt wird, wobei der Übergang von der Funkenbrennphase in die Freilaufphase mit dem Zeitpunkt des Erlöschens des Zündfunken gleichgesetzt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der zeitliche Verlauf des Primärstromes in der Funkenbrennphase durch eine erste Funktion und in der Freilaufphase durch eine zweite Funktion abgebildet wird und der Schnittpunkt der beiden Funktionen mit dem Zeitpunkt des Erlöschens des Zündfunken gleichgesetzt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und/oder die zweite Funktion (eine Polynomfunktion(en) von Grad >1 oder lineare Funktion(en) ist/sind).
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass im zeitlichen Verlauf des Primärstromes eine der Funkenbrennphase unmittelbar vorgelagerte Ionisationsphase identifiziert wird, wobei der Übergang von der Ionisationsphase in die Funkenbrennphase mit dem Zeitpunkt der Entstehung des Zündfunken gleichgesetzt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der zeitliche Verlauf des Primärstromes in der Ionisationsphase durch eine dritte Funktion abgebildet wird und der Schnittpunkt der ersten und der dritten Funktion mit dem Zeitpunkt der Entstehung des Zündfunken gleichgesetzt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und/oder die dritte Funktion (eine) lineare Funktion(en) ist/sind.



7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass anhand des ermittelten Zeitpunktes des Erlöschens des Zündfunkens und anhand des vorbekannten oder ermittelten Zeitpunktes der Entstehung des Zündfunkens die Zündfunkendauer ermittelt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die ermittelte Zündfunkendauer als Regelgröße für die primärseitige Energiezuführung des Hochspannungsüberträgers (3) verwendet wird.
9. Zündeinrichtung (1) für einen Verbrennungsmotor (2), mit:
 - einem Hochspannungsüberträger (3), insbesondere einer Spule, der eine Primärseite (4) und eine Sekundärseite (5) aufweist,
 - einer mit der Primärseite (4) elektrisch verbundenen Hochspannungsquelle (6- 9),
 - einer mit der Sekundärseite (5) elektrisch verbundenen Funkenstrecke (10),gekennzeichnet durch
 - eine Messeinrichtung (11) zum Erfassen des zeitlichen Verlaufs des in der Primärseite (4) fließenden Primärstromes,
 - eine Auswerteeinrichtung (12), welcher die Messsignale der Messeinrichtung (11) zuführbar sind und die den zeitlichen Verlauf des Primärstromes zumindest in eine Funkenbrennphase und eine anschließende Freilaufphase des Hochspannungsüberträgers unterteilt, wobei die Auswerteeinrichtung (12) den Übergang von der Funkenbrennphase in die Freilaufphase mit dem Zeitpunkt des Erlöschens des Zündfunkens gleichsetzt.
10. Zündeinrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinrichtung (12) im zeitlichen Verlauf des Primärstromes eine der Funkenbrennphase unmittelbar vorgelagerte Ionisationsphase identifiziert, wobei die Auswerteeinrichtung (12) den Übergang von der Ionisationsphase in die Funkenbrennphase mit dem Zeitpunkt der Entstehung des Zündfunkens gleichsetzt.
11. Zündeinrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinrichtung (12) anhand des ermittelten Zeitpunktes des Erlöschens des



Zündfunkens und anhand des vorbekannten oder ermittelten Zeitpunktes der Entstehung des Zündfunkens die Zündfunkendauer ermittelt.

12. Verbrennungsmotor (2) mit einer Zündeinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 9 bis 11.
13. Verbrennungsmotor nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass eine Regeleinrichtung (13) vorgesehen ist, welche die von der Auswerteeinrichtung (12) ermittelte Zündfunkendauer als Regelgröße für die primärseitige Energiezuführung des Hochspannungsüberträgers (3) verwendet.
14. Verbrennungsmotor (2) nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass er als stationärer Motor, vorzugsweise als Gasmotor, ausgebildet ist.

Innsbruck, am 5. August 2010

Fig. 1

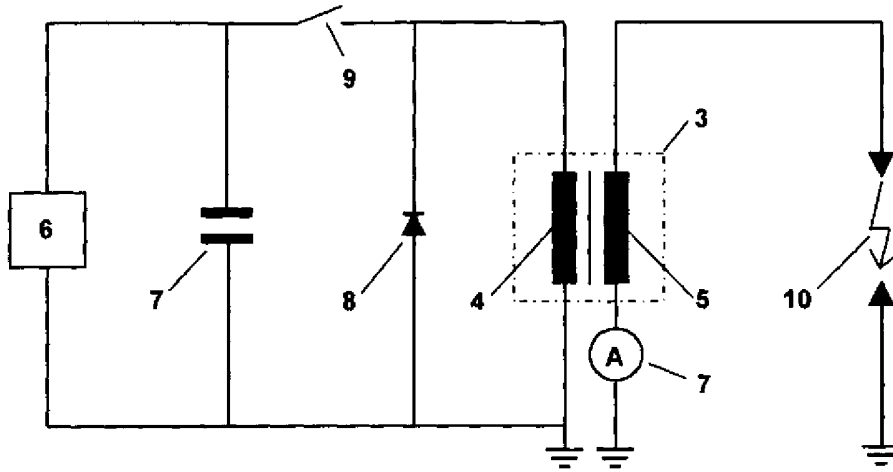
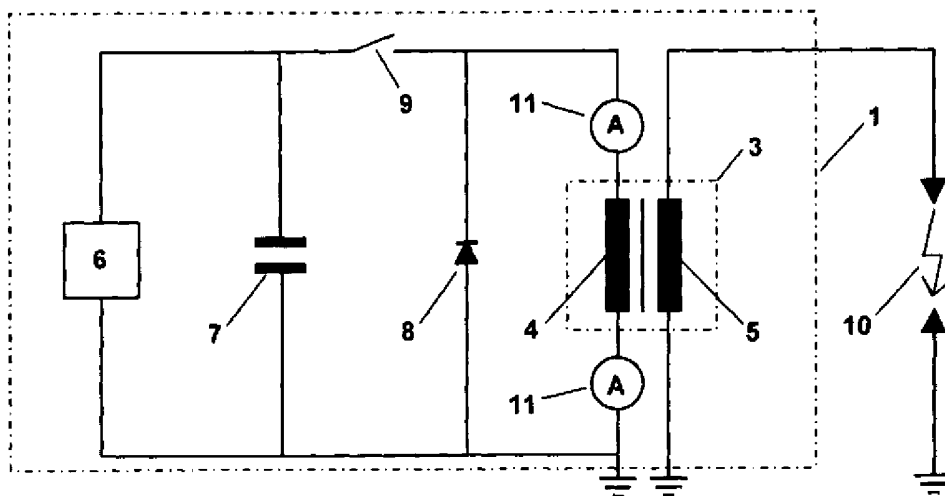
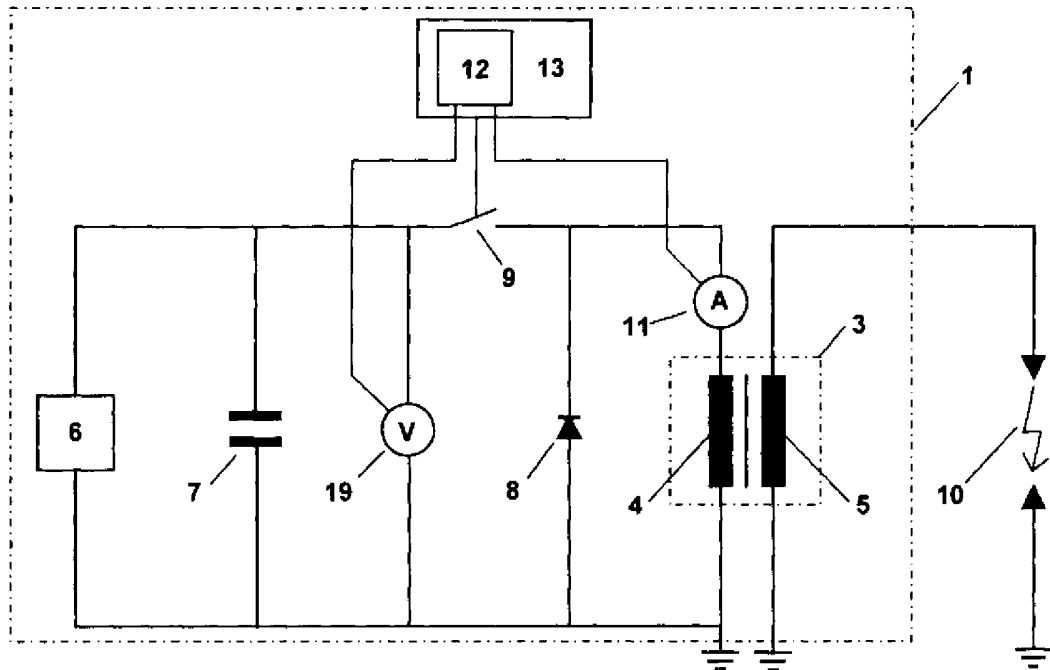


Fig. 2



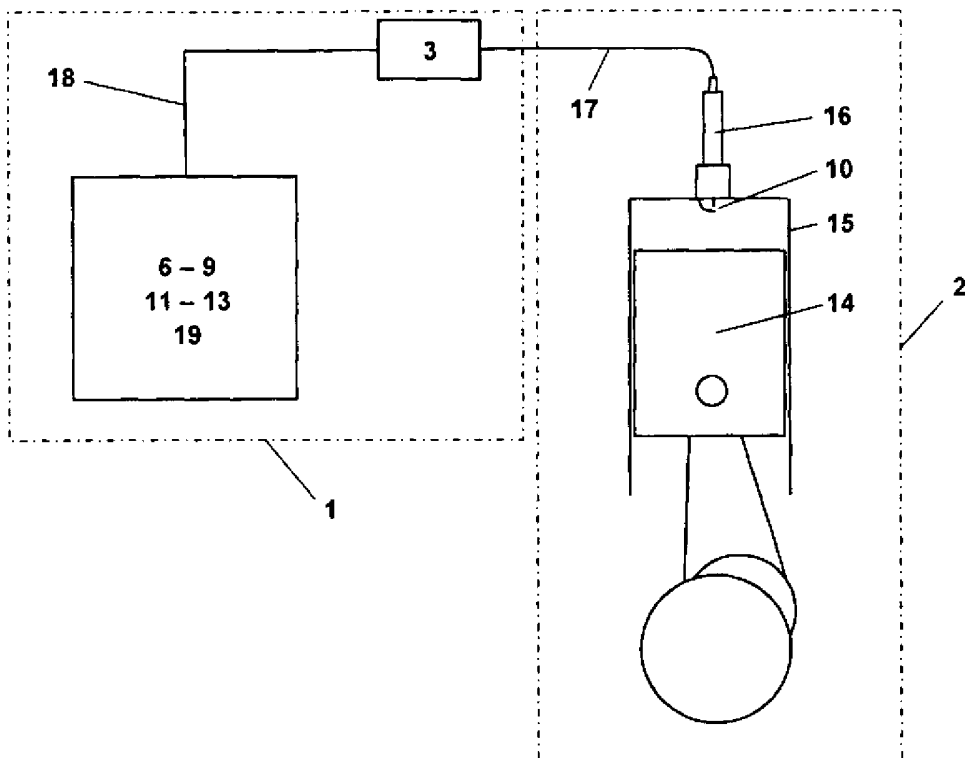
003155

Fig. 3



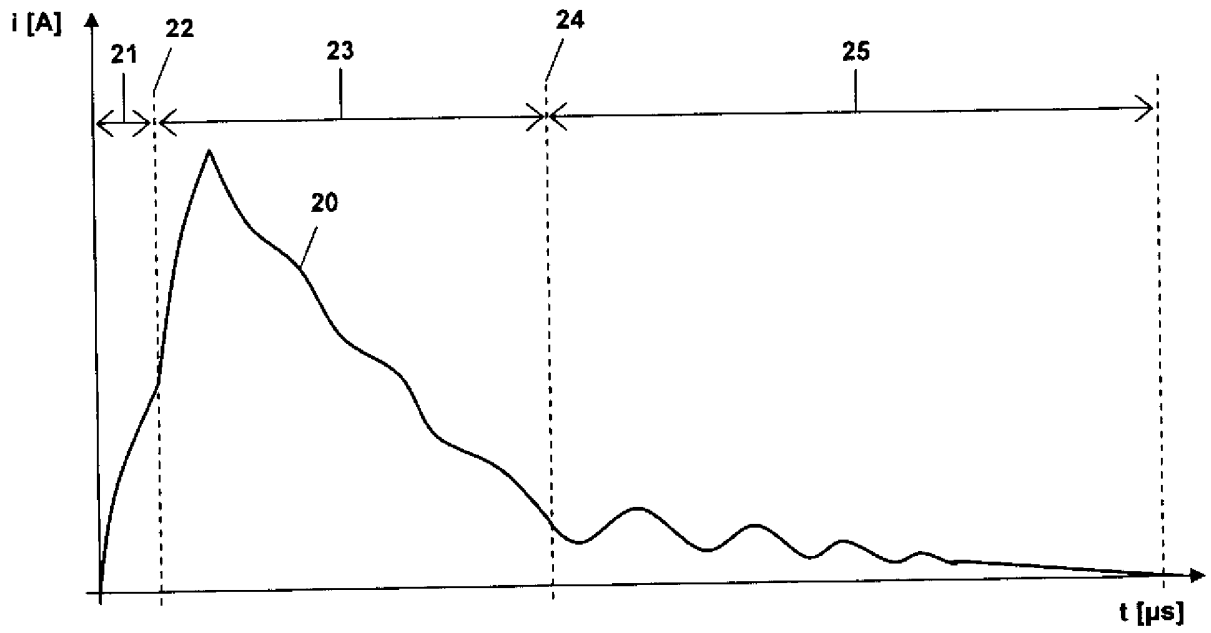
008:05

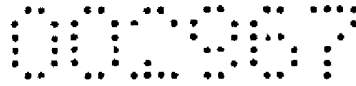
Fig. 4



009:06

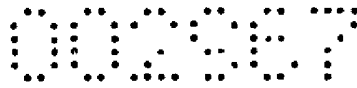
Fig. 5





Geänderte Patentansprüche:

1. Verfahren zum Bestimmen des Zeitpunkts des Erlöschens eines Zündfunkens einer Zündeinrichtung (1) für einen Verbrennungsmotor (2), wobei die Zündeinrichtung (1) einen Hochspannungsüberträger (3) mit einer Primärseite (4) und einer Sekundärseite (5) aufweist, von denen die Primärseite (4) mit einer Hochspannungsquelle (6 – 9) und die Sekundärseite (5) mit einer Funkenstrecke (10) zur Ausbildung des Zündfunkens verbunden ist, wobei der zeitliche Verlauf des auf der Primärseite (4) fließenden Primärstromes gemessen und zumindest in eine Funkenbrennphase und eine anschließende Freilaufphase des Hochspannungsüberträgers (3) unterteilt wird und der Übergang von der Funkenbrennphase in die Freilaufphase mit dem Zeitpunkt des Erlöschens des Zündfunkens gleichgesetzt wird, dadurch gekennzeichnet, dass der zeitliche Verlauf des Primärstromes in der Funkenbrennphase durch eine erste Funktion und in der Freilaufphase durch eine zweite Funktion abgebildet wird und der Schnittpunkt der beiden Funktionen mit dem Zeitpunkt des Erlöschens des Zündfunkens gleichgesetzt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und/oder die zweite Funktion (eine Polynomfunktion(en) von Grad >1 oder lineare Funktion(en) ist/sind.
3. Verfahren Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass im zeitlichen Verlauf des Primärstromes eine der Funkenbrennphase unmittelbar vorgelagerte Ionisationsphase identifiziert wird, wobei der Übergang von der Ionisationsphase in die Funkenbrennphase mit dem Zeitpunkt der Entstehung des Zündfunkens gleichgesetzt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der zeitliche Verlauf des Primärstromes in der Ionisationsphase durch eine dritte Funktion abgebildet wird und der Schnittpunkt der ersten und der dritten Funktion mit dem Zeitpunkt der Entstehung des Zündfunkens gleichgesetzt wird.



5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und/oder die dritte Funktion (eine) lineare Funktion(en) ist/sind.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass anhand des ermittelten Zeitpunktes des Erlöschens des Zündfunkens und anhand des vorbekannten oder ermittelten Zeitpunktes der Entstehung des Zündfunkens die Zündfunkendauer ermittelt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die ermittelte Zündfunkendauer als Regelgröße für die primärseitige Energiezuführung des Hochspannungsüberträgers (3) verwendet wird.
8. Zündeinrichtung (1) für einen Verbrennungsmotor (2), mit:
 - einem Hochspannungsüberträger (3), insbesondere einer Spule, der eine Primärseite (4) und eine Sekundärseite (5) aufweist,
 - einer mit der Primärseite (4) elektrisch verbundenen Hochspannungsquelle (6-9),
 - einer mit der Sekundärseite (5) elektrisch verbundenen Funkenstrecke (10),
 - eine Messeinrichtung (11) zum Erfassen des zeitlichen Verlaufs des in der Primärseite (4) fließenden Primärstromes,
 - eine Auswerteeinrichtung (12), welcher die Messsignale der Messeinrichtung (11) zuführbar sind und die den zeitlichen Verlauf des Primärstromes zumindest in eine Funkenbrennphase und eine anschließende Freilaufphase des Hochspannungsüberträgers unterteilt, wobei die Auswerteeinrichtung (12) den Übergang von der Funkenbrennphase in die Freilaufphase mit dem Zeitpunkt des Erlöschens des Zündfunkens gleichsetzt,dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinrichtung (12) im zeitlichen Verlauf des Primärstromes eine der Funkenbrennphase unmittelbar vorgelagerte Ionisationsphase identifiziert, wobei die Auswerteeinrichtung (12) den Übergang von der Ionisationsphase in die Funkenbrennphase mit dem Zeitpunkt der Entstehung des Zündfunkens gleichsetzt.

