

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 747 595 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
11.12.1996 Patentblatt 1996/50

(51) Int. Cl.⁶: F02P 17/12

(21) Anmeldenummer: 96106063.9

(22) Anmeldetag: 18.04.1996

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT SE

(30) Priorität: 08.06.1995 DE 19520852

(71) Anmelder: VOGT electronic AG
D-94130 Obernzell (DE)

(72) Erfinder:
• Kollmann, Ekkehard
94034 Passau (DE)

• Mai, Udo
94107 Untergriesbach (DE)
• Schichl, Roman
94036 Passau (DE)

(74) Vertreter: Patentanwälte
Westphal, Buchner, Mussgnug
Neunert, Göhring
Waldstrasse 33
78048 Villingen-Schwenningen (DE)

(54) Vorrichtung und Verfahren zur Zündungserkennung

(57) Das Verfahren zur Zündungserkennung für eine Zündanlage einer Brennkraftmaschine, bei dem innerhalb eines Arbeitstaktes ein erster Zündimpuls zur Erzeugung eines ersten Zündfunken und mindestens ein zweiter Zündimpuls zur Erzeugung eines zweiten Zündfunken mittels Wechsellspannung erzeugt wird, sieht vor, daß die Wechsellspannung zum Erzeugen mindestens des zweiten Zündfunken eine oder mehrere Perioden von unterschiedlich hohen Halbwellen aufweist. Die erste Halbwellen hat eine Amplitude, die zwischen der maximal notwendigen Spannung bei vorhandener Ionisierung zwischen den Elektroden einer Zündkerze der Zündanlage und der minimal notwendigen Spannung bei nicht vorhandener Ionisierung liegt. Die zweite Halbwellen hat eine Amplitude, die über der maximal notwendigen Spannung liegt. Als Kriterium für eine erfolgte Entflammung des Luft-Kraftstoff-Gemisches wird erfaßt, ob sich der zweite Zündfunke bei der ersten Halbwellen der Wechsellspannung ausgebildet hat oder nicht.

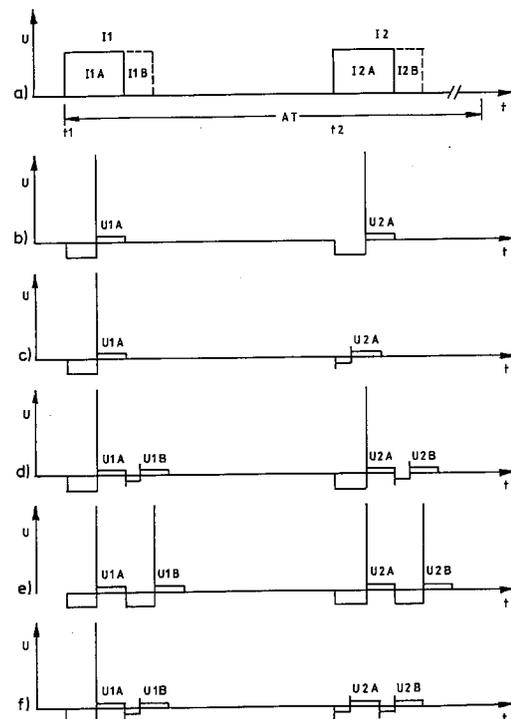


Fig. 5

EP 0 747 595 A2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Zündungserkennung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Bei modernen Kraftfahrzeugen ist es aus Gründen des Umweltschutzes notwendig, die Zündung des Luft-Kraftstoff-Gemisches im Verbrennungsmotor zu erkennen und sofort Gegenmaßnahmen einzuleiten, sofern keine Zündung erfolgt. Werden nämlich keine Gegenmaßnahmen getroffen, kann das unverbrannte Luft-Kraftstoff-Gemisch in den Katalysator gelangen und diesen zerstören. Es ist deshalb erforderlich, daß jeder Zündaussetzer erkannt wird.

Zur Erkennung der Zündung bzw. Zündaussetzer sind bereits verschiedene Vorrichtungen und Verfahren bekannt.

So ist es möglich, den Druckanstieg im Brennraum, der durch die Verbrennung des Kraftstoff-Gemisches erfolgt, zu messen. Hierfür kann ein Drucksensor innerhalb des Motorblocks angebracht werden. Dies ist sehr aufwendig und kostspielig. Außerdem ist der Drucksensor dann nachteiligerweise enormen thermischen Belastungen ausgesetzt.

Verfahren zur Erzeugung zweier Zündimpulse innerhalb eines Arbeitstaktes zur Zündungs- bzw. Fehlzündungserkennung sind beispielsweise in DE 42 18 803 A1, EP 0 546 827 A2 und US 53 88 560 beschrieben. Während in DE 42 18 803 A1 die Amplitude des bei der zweiten Zündung entstehenden Funkenspannungs-Nadelimpulses ausgewertet wird, erfolgt in US 53 88 560 eine zeitliche Analyse des Abfalls der gemessenen Funkenspannung nach der zweiten Zündung. In EP 0 546 827 A2 wird eine entsprechende Analyse des Abfalls des entstehenden Ionenstromes durchgeführt.

Bei einer anderen bekannten Vorrichtung wird die Winkelgeschwindigkeit der Kurbelwelle gemessen, die bei einer erfolgten Verbrennung höher als bei einer nicht erfolgten Verbrennung ist. Hierfür sind allerdings zusätzliche mechanische Sensoren notwendig, die äußerst empfindlich sein müssen, um verhältnismäßig geringe Geschwindigkeitsunterschiede erfassen zu können. Solche Sensoren sind ebenfalls aufwendig und kostspielig.

Eine weitere Möglichkeit der Zündungserkennung ist die Messung des Ionenstromes. Hierbei wird der Ionenstrom, der durch die thermische Ionisation des Kraftstoff-Gemisches bei einer Entflammung erfolgt, gemessen. Bei dieser Lösung müssen Dioden eingesetzt werden, die während des Zündimpulses einer enormen Spannung ausgesetzt sind. Solche Dioden sind sehr teuer und empfindlich.

Aus WO 92/20912 ist eine Zündungserkennung bekannt, bei der innerhalb eines Arbeitstaktes des Verbrennungsmotors zwei Zündfunken erzeugt werden und die Zündspannung des zweiten Zündfunkens mit einem vorgegebenen Schwellenwert verglichen wird. Eine erfolgte Entflammung des Kraftstoff-Gemisches wird dadurch detektiert, daß die Zündspannung unterhalb dieses Schwellenwertes liegt. Liegt die Zündspannung

dagegen über diesem Schwellenwert, so ist dies ein Kriterium für ein Nichtzünden des Kraftstoff-Gemisches.

Problematisch an diesem Verfahren ist, daß nur die Zündspannung des zweiten Zündfunkens gemessen wird. Hierdurch kann nicht unterschieden werden, ob die Verringerung der Zündspannung allein durch die Ionisation des ersten Funkens oder wirklich durch eine erfolgte Entflammung innerhalb des Brennraumes erfolgte. Außerdem kann bei diesem Verfahren nicht festgestellt werden, ob eine Entflammung nicht erfolgte, weil kein geeigneter Zündfunke erzeugt wurde, oder weil kein Kraftstoff-Gemisch für die Entflammung im Brennraum zur Verfügung stand.

Darüber hinaus ist die gemessene Zündspannung auch noch von äußeren Faktoren, wie z. B. Spannungsabfall am Zündverteiler und Elektrodenabbrand, abhängig. Solche Faktoren können sich im Laufe der Zeit langsam oder z. B. beim Austausch der Zündkerzen plötzlich verändern. Diese Faktoren können bei Vorgabe nur eines einzigen Schwellenwertes als sicheres Entscheidungskriterium, ob eine Entflammung des Kraftstoff-Gemisches erfolgte, nicht berücksichtigt werden. Die Schwellenspannung abhängig von diesen Faktoren zu variieren, wäre auch bei Einsatz einer entsprechenden Rechnersteuerung nur unter großem Aufwand möglich.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Zündungserkennung anzugeben, das die oben genannten Nachteile nicht aufweist, und die insbesondere keine mechanischen Komponenten enthält, die einfach in vorhandene Systeme integrierbar ist, und zuverlässig arbeitet.

Gelöst wird diese Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 1.

Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die Erfindung beruht darauf, mittels eines ersten Zündfunkens das Luft-Kraftstoff-Gemisch im Brennraum eines Kraftfahrzeugverbrennungsmotors zu entflammen und mit mindestens einem zweiten Zündfunken, der innerhalb desselben Arbeitstaktes gezündet wird, die Entflammung des Kraftstoff-Gemisches nachzuweisen. Erfindungsgemäß sieht die Wechsellspannung zum Erzeugen mindestens des zweiten Zündfunkens, vorzugsweise jedoch auch zum Erzeugen des ersten Zündfunkens, eine oder mehrere Perioden von zwei unterschiedlich hohen Halbwellen vor, wobei die erste Halbwelle eine Amplitude aufweist, die zwischen der maximal notwendigen Spannung bei vorhandener Ionisierung zwischen den Elektroden einer Zündkerze der Zündanlage und der minimal notwendigen Spannung bei nicht vorhandener Ionisierung liegt und die zweite Halbwelle eine Amplitude aufweist, welche über der maximal notwendigen Spannung liegt. Als Kriterium für eine erfolgte Entflammung des Luft-Kraftstoff-Gemisches wird erfaßt, ob sich der zweite Zündfunke bei der ersten Halbwelle der Wechsellspannung ausgebildet hat oder nicht.

Vorzugsweise liegt die Spannung der ersten Halb-

welle der Wechselfspannung zum Erzeugen des oder der Zündfunken zwischen 2kV und 6kV. Die Spannung der zweiten Halbwelle ist erfindungsgemäß größer als 30kV und beträgt vorzugsweise etwa 32kV.

Ist die Periodendauer der Wechselfspannung deutlich kleiner als die Dauer des Arbeitstaktes der Brennkraftmaschine, kann folgender Funktionsablauf erzeugt werden:

Der erste Zündimpuls wird aus einer oder mehreren Perioden (Zündteilimpulse) der Wechselfspannung bestehend erzeugt, wobei die Ausbildung des Zündfunken während der zweiten Halbwelle erfolgt. Dieser erste Zündimpuls dient normalerweise zur Entzündung des Kraftstoff-Luft-Gemisches. Nach einer bestimmten Zeit, wie bereits erwähnt, innerhalb des gleichen Arbeitstaktes, wird ein zweiter Zündimpuls erzeugt, der ebenfalls aus mehreren Zündteilimpulsen bestehen kann. Da sich jetzt durch die Flamme erzeugte Ionen zwischen den Elektroden der Zündkerze befinden, kann die niedrige Spannung der ersten Halbwelle des zweiten Zündimpulses den Zündfunken erzeugen. Die Zeit, die nach dem Einschalten der Wechselfspannung bis zur Ausbildung des Funkens vergeht, kann zum Beispiel durch Messung des Stromes durch die Zündkerzen zur Ermittlung einer Aussage über die Entflammung des Luft-Kraftstoff-Gemisches dienen. Ist eine Entflammung durch den durch den ersten Zündimpuls erzeugten Zündfunken erfolgt, tritt der Zündfunke des zweiten Zündimpulses während der ersten Halbwelle auf. Ist die Entflammung durch den ersten Zündimpuls ausgeblieben, zündet der Zündfunken während des zweiten Zündimpulses erst mit der zweiten Halbwelle, also später als im Normalfall. Dies wird erfindungsgemäß detektiert.

Es kann der Fall eintreten, besonders bei hohen Drehzahlen, daß die Ionisierung, die durch den ersten Funken selbst erzeugt wurde, noch nicht vollständig abgebaut wurde. Das bedeutet, daß die zum Erzeugen des zweiten Funkens notwendige Spannung nach unten verschoben wird, also kleiner als beispielsweise 6kV wird. Um die Amplitude der ersten Halbwelle der Zündwechselfspannung wieder in den optimalen Bereich, d. h. in die Mitte zwischen maximal notwendiger Spannung mit voller thermischer Ionisierung und minimal notwendiger Spannung mit durch den ersten Funken verursachten Restionisierung zu bringen, kann z. B. die Dauer der beiden Halbwellen untereinander verändert werden, was zu einer Änderung der Amplitude der ersten Halbwelle ausgenutzt werden kann. Ein entsprechendes, im Steuerrechner des Kraftfahrzeuges abgelegtes Kennlinienfeld kann beispielsweise die Steuerung der Amplitude der ersten Halbwelle vornehmen.

Obwohl es grundsätzlich ausreicht, die Zündspannung der beiden Zündimpulse zu messen, ist es ebenso möglich, nicht die Hochspannung selbst, sondern einen ihr proportionalen Wert auszuwerten. Ein solcher Wert kann beispielsweise die Primärspannung an einem Zündübertrager der Zündanlage sein. Es ist jedoch auch möglich, den primären Ladestrom einer

Zündspule der Zündanlage als proportionalen Wert für die Zündspannung auszuwerten.

Ebenso ist es möglich, einen anderen Parameter, der eine Information über die Ionisierung der Gasentladungsstrecke enthält, auszuwerten. Beim Heranziehen des primären Ladestromes der Zündspule zeigt sich nämlich, daß der Ladestrom von der Primärinduktivität der Zündspule abhängig ist, solange keine Ionisierung der Entladungsstrecke vorhanden ist. Ist dagegen eine Ionisierung vorhanden, wird die wirksame Primärinduktivität durch die Parallelschaltung der Streuinduktivität verringert. Der Stromanstieg in der Zündspule erfolgt schneller. Dieser Unterschied in den Stromanstiegen, der z. B. durch Messungen der Zeit vom Beginn des Stromflusses bis zum Erreichen einer bestimmten Stromamplitude ermittelt werden kann, stellt ebenfalls ein auswertbares Maß für die zwischen den Elektroden vorhandene Ionisierung dar.

Eine andere Weiterbildung der Erfindung sieht vor, innerhalb eines Arbeitstaktes nicht nur zwei Zündimpulse zu erzeugen, sondern jeden dieser Zündimpulse in mindestens zwei Zündteilimpulse zu unterteilen. Geeignete Zündanlagen hierfür sind z. B. Hochfrequenz-Wechselstromzündanlagen, die in der Lage sind, mehrere Funken sehr schnell hintereinander innerhalb eines einzigen Arbeitstaktes zu erzeugen. Die Zündteilimpulse eines Zündimpulses werden so schnell hintereinander ausgelöst, daß sich die Ionisierung, hervorgerufen durch den jeweilig unmittelbar vorhergehenden Zündteilimpuls und den sich hierbei ausbildenden Teilfunken, nur unwesentlich abgebaut hat. Wird hierbei aufgrund des ersten Zündteilimpulses ein Funke ausgelöst und hat sich die Gasentladung ausgebildet, so ist ein großer Unterschied zwischen den Zündspannungen dieser beiden Zündteilfunken festzustellen. Ein solcher Unterschied stellt sich nicht ein, wenn sich der erste Teilfunke nicht ausgebildet hat. Zusätzlich kann ein dritter Fall auftreten. Dieser dritte Fall tritt auf, wenn ein im Brennraum befindliches Kraftstoff-Luft-Gemisch durch die Teilfunken des ersten Impulses gezündet wurde. Jetzt sorgt die im Brennraum befindliche Entflammung für eine Ionisierung der Entladungsstrecke, was dazu führt, daß der erste Teilfunke des zweiten Funkens bei einer viel geringeren Zündspannung als bei dem ersten Teilfunken des ersten Funkens auftritt. Durch Auswertung der Zündspannungen bzw. Ladeströme der Teilfunken des ersten und des zweiten Funkens kann somit entschieden werden, ob eine nicht erfolgte Zündung auf nicht vorhandenes Kraftstoff-Luft-Gemisch oder Nichtausbildung des Funkens zurückzuführen ist.

In einer Weiterbildung der Erfindung wird ein entsprechendes Signal an eine Steuereinheit gesendet, sobald keine Entflammung des Luft-Kraftstoff-Gemisches stattgefunden hat. Darüber hinaus wird die Zufuhr des Luft-Kraftstoff-Gemisches an den Brennraum verhindert, um eine Zerstörung des Katalysators zu vermeiden. Schließlich wird dem Fahrer der Brennkraftmaschine ein akustisches oder optisches Signal

übermittelt, das die Fehlfunktion anzeigt.

Die Erfindung wird nachfolgend im Zusammenhang eines Ausführungsbeispiels und Figuren näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 ein Blockschaltbild einer beispielhaften Zündendstufe zur Zündungserkennung,
- Fig. 2 typische Signalverläufe auf der Primärseite der in Figur 1 dargestellten Zündendstufe,
- Fig. 3 typische Signalverläufe auf der Sekundärseite der in Figur 1 dargestellten Zündendstufe,
- Fig. 4 ein Spannungsdiagramm,
- Fig. 5 Spannungs- Zeitdiagramme von jeweils vier innerhalb eines Arbeitstaktes einer Brennkraftmaschine aufeinanderfolgenden Zündfunken bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen.

Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Schaltungsanordnung für eine Zündendstufe nach der Erfindung. Die Schaltungsanordnung weist fünf Klemmen 1, 2, 3, 4 und 5 auf. An der Klemme 1 liegen beispielsweise 200V, an der Klemme 2 15V, an der Klemme 3 ein Stromsteuersignal und an der Klemme 4 ein Einschalt-signal an. Die Klemme 5 ist mit Bezugspotential verbunden. Zwischen der Klemme 1 und der Klemme 5 ist ein Kondensator 6 geschaltet, ebenfalls zwischen die Klemme 2 und die Klemme 5 ein Kondensator 7. Zwischen die Klemmen 2 und 5 ist zusätzlich die Reihenschaltung eines Widerstandes 8 mit einem Kondensator 9 geschaltet, wobei der Widerstand 8 mit der Klemme 2 in Verbindung steht. Die Klemme 2 ist über einen weiteren Widerstand 10 mit der Klemme 4 in Verbindung. Zwischen der Klemme 3 und der Klemme 5 für Bezugspotential ist ein weiterer Kondensator 11 geschaltet. Die Klemme 3 steht mit dem nicht invertierenden Eingang eines Komparators 12 in Verbindung, dessen invertierender Eingang an den Verbindungspunkt des Widerstandes 8 und des Kondensators 9 geschaltet ist. Der Ausgang des Komparators 12 ist einerseits mit der Klemme 4 in Verbindung und andererseits mit zwei Basisanschlüssen von zwei komplementären Transistoren 14, 15, die mit ihren Emitteranschlüssen miteinander in Verbindung stehen. Der Kollektor des npn-Transistors ist an die Klemme 2 und der Kollektor des pnp-Transistors 15 an die Klemme 5 geschaltet. Der Verbindungspunkt der beiden Emitteranschlüsse dieser Transistoren 14, 15 ist über einen Widerstand 16 mit dem Basisanschluß eines Leistungsschalttransistors 18 in Verbindung. Der Kollektoranschluß dieses Leistungstransistors 18 ist über die Primärwicklung 19 einer Zündspule 20 mit der Klemme 1 in Verbindung. Der Emitteranschluß des Leistungstransistors 18 ist über einen Widerstand 11 an die Klemme 5 für Bezugspoten-

tial geschaltet. Parallel zur Laststrecke des Leistungstransistors 18 und dem Widerstand 11 ist ein Kondensator 23 geschaltet, ebenso eine Freilaufdiode 24, die mit ihrem Katodenanschluß an die Primärwicklung 19 der Zündspule 20 gelegt ist.

Der Verbindungspunkt des Widerstandes 8 und des Kondensators 9 ist über einen weiteren Widerstand 13 an den Verbindungspunkt des Leistungstransistors 18 und des Widerstandes 11 gelegt. Dieser zuletzt genannte Verbindungspunkt ist zugleich über einen Widerstand 17 an die Basis bzw. das Gate des Leistungstransistors 18 geschaltet.

Die Zündspule weist darüber hinaus eine Sekundärwicklung 21 auf, an deren beiden Anschlüsse die Elektroden 25, 26 geschaltet sind.

Die in Figur 1 dargestellte Schaltungsanordnung weist darüber hinaus einen Taktgenerator auf. Dieser Taktgenerator besteht im wesentlichen aus einem Taktgeneratorbaustein 28, dessen Pluseingang mit dem Q-Ausgang verbunden ist. Der Q-Ausgang steht darüber hinaus über eine Diode 29 mit dem Verbindungspunkt des Widerstandes 8 und des Kondensators 9 in Kontakt. An diesem Verbindungspunkt ist die Kathode der Diode 29 gelegt. Der Minus-Eingang des Taktgeneratorbausteines 28 ist an die Klemme 4 geschaltet, während der Takteingang über einen Kondensator 30 an die Klemme 5 für Bezugspotential geschaltet ist. Zwischen dem Takteingang des Taktgeneratorbausteines 28 und der Klemme 2 ist ein weiterer Widerstand 31 gelegt.

Mit der in Figur 1 dargestellten Schaltungsanordnung einer Zündstufe können im wesentlichen die in den Figuren 2 und 3 beschriebenen Signale generiert werden.

In Figur 2 ist mit A das Einschalt-signal zum Einschalten der Zündendstufe bezeichnet. Dieses Einschalt-signal wird an die Klemme 4 der Zündendstufe angelegt und ist ein Rechtecksignal einer vorgegebenen Dauer. Mit D ist die Gate bzw. Basis-spannung des Leistungsschalttransistors 18 bezeichnet. Dieses Signal ist eine Rechteckspannung, deren Längen von dem Strom durch die Zündspule abhängen. Mit C ist der Kollektor-Strom bezeichnet, welcher ein dreiecksförmiges Rampensignal ist. Die Steilheit der Rampe ist wiederum von der Induktivität der Zündspule abhängig. Mit D ist die Kollektor-Spannung am Kondensator 23 der Zündendstufe von Figur 1 bezeichnet. Die Kollektor-spannung ist sinushalbwellenförmig. Der Signalverlauf E bezeichnet den durch diesen Kondensator 23 fließenden Strom, F bezeichnet den Strom durch die Freilaufdiode 24.

In Figur 3 sind die typischen Signalverläufe auf der Sekundärseite der Zündendstufe von Figur 1 dargestellt. Der besseren Übersichtlichkeit wegen ist nochmals der sinushalbwellenförmige Verlauf der Kollektorspannung anhand der Kurve D dargestellt. G bezeichnet die ideal transformierte Sekundärspannung auf der Sekundärseite der Zündendstufe. Wie die strichlierte Bezugslinie, die 0 Volt darstellt, deutlich macht, zeichnet sich dieser Signalverlauf G durch einen unter-

halb von 0 Volt liegenden Bereich und einen über 0 Volt liegenden Spannungsbereich aus. Die unterschiedlich schraffierten Flächen sind gleichgroß.

Mit H ist die Sekundärspannung mit Kapazität dargestellt. Im Unterschied zum Signalverlauf G oszilliert dieses Signal dort, wo die Kollektorspannung eine Halbwelle zeigt.

Der Signalverlauf I zeigt die typische Sekundärspannung bei an die Sekundärwicklung der Zündspule angeschlossener Zündkerze.

Figur 4 zeigt, wie die Wechselfspannung zum Erzeugen der Zündfunken bei der vorliegenden Erfindung beispielhaft zu wählen sind. Ausgehend von der Spannung 0 sind in dem in Figur 4 dargestellten Diagramm weitere Spannungen eingezeichnet, nämlich U1 = 2kV, U2 = 4kV, U3 = 6kV, U4 = 30kV und U5 = 32kV. Bei 2kV bilden sich die Funken im ionisierten Zustand des Elektrodenzwischenraumes aus. Zwischen 6kV und 30 kV kann eine Zündung im nichtionisierten Zustand erreicht werden, sicher wird die Zündung jedoch bei einer Spannung von größer 30kV erreicht. Gemäß der vorliegenden Erfindung wird die Wechselfspannung zum Erzeugen mindestens eines zweiten Zündfunken, vorzugsweise aber auch dem ersten Zündfunken so gewählt, daß die erste Halbwelle eine Amplitude aufweist, welche zwischen der maximal notwendigen Spannung bei vorhandener Ionisierung zwischen den Elektroden einer Zündkerze der Zündanlage und der minimal notwendigen Spannung bei nicht vorhandener Ionisierung liegt. Dies bedeutet im vorliegenden Fall, daß die erste Halbwelle zwischen U1 und U3 und damit im nicht schraffierten Bereich liegen muß. Vorzugsweise wird die erste Halbwelle bei U2 = 4kV gewählt. Die zweite Halbwelle wird dagegen so groß gewählt, daß sie sicher über der maximal notwendigen Spannung liegt, die bei vorhandener Ionisierung zwischen den Elektroden einer Zündkerze der Zündanlage auftritt. Im vorliegenden Fall muß die zweite Halbwelle folglich größer als U4 sein. Vorzugsweise wird die zweite Halbwelle so groß wie U5 gewählt.

Wird der erste und der zweite Zündimpuls auf gleiche Weise und damit mit der gleichen Wechselfspannung erzeugt, kann anhand des zweiten Zündimpulses bestimmt werden, ob der erste Zündimpuls für eine Entflammung sorgte oder nicht. Bei einer erfolgten Entflammung kann nämlich bereits die erste Halbwelle des zweiten Zündimpulses einen Zündfunken erzeugen. Hat keine Entflammung durch den ersten Zündimpuls stattgefunden, führt dagegen erst die zweite Halbwelle des zweiten Zündimpulses zur Entflammung. Dies natürlich nur, wenn ein Luft-Kraftstoff-Gemisch im Brennraum vorhanden ist.

Das erfindungsgemäße Verfahren nutzt also folgenden Effekt aus:

Die kritische Feldstärke, die zur Ausbildung einer Gasentladung notwendig ist, ist von den im Brennraum vorhandenen Ionen und der vorhandenen Fremdionisierung abhängig. Bei konstanten geometrischen Abmessungen und konstanten äußeren Einflüssen ist die zur

Ausbildung einer Gasentladung bzw. eines Funkens zwischen zwei Elektroden, z. B. den Elektroden einer Zündkerze, notwendige Spannung ebenfalls konstant. Werden nun durch Fremdionisation, z. B. thermische Ionisation, wie sie sich bei einer Entflammung des Kraftstoff-Gemisches im Brennraum ereignet, Ionen in den Bereich der Elektroden gebracht, sinkt die zur Erzeugung eines Funkens notwendige Zündspannung.

Innerhalb eines Arbeitstaktes einer Brennkraftmaschine werden zwei Zündimpulse erzeugt. Der erste Zündimpuls, der idealerweise einen Funken erzeugt, dient zur Entflammung des Luft-Kraftstoff-Gemisches. Mit dem zweiten Zündimpuls wird ebenfalls ein Funke erzeugt. Bei dem zweiten Zündimpuls wird aber detektiert, wann genau sich der Funke ausbildet, also bei der ersten Halbwelle oder bei der zweiten Halbwelle.

Eine Entscheidung, ob diese Ionisierung durch den durch den ersten Zündimpuls ausgelösten ersten Funken oder durch die Entflammung des Kraftstoff-Gemisches erfolgte, ist nicht ohne weiteres möglich. Eine Möglichkeit, dies sicher zu entscheiden, besteht darin, die Zeitdauer zwischen den beiden Zündimpulsen so groß zu wählen, daß die durch den ersten Funken erzeugte Ionisierung sicher abgebaut ist. Ist der zweite Spannungswert deutlich geringer als der erste, so deutet dies sicher auf eine Entflammung des Kraftstoff-Gemisches hin. Da die Dauer dieser Ionisierung von der angelegten Hochspannung selbst und den Verwirbelungsverhältnissen im Brennraum abhängt, kann eine relativ lange Zeitspanne notwendig sein, bis die Ionisierung abgebaut ist. Dies kann insbesondere bei hohen Drehzahlen zu Zeitproblemen führen, wenn die Zeitdauer länger als eine Arbeitstaktzeitdauer wird, da dann der zweite Impuls nicht mehr während dieses einen Arbeitstaktes gezündet werden kann.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die Zeitdauer der beiden Impulse so kurz gewählt, daß sie sicher innerhalb eines Arbeitstaktes liegen. Die Zeitdauer kann dabei konstant oder variabel, z. B. drehzahlabhängig, gewählt werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren läßt sich in vorteilhafter Weise auch bei Zündanlagen, z. B. Hochfrequenz-Wechselstromzündanlagen anwenden, bei denen mehrere Zündimpulse sehr schnell hintereinander innerhalb eines Arbeitstaktes erzeugt werden können. Mit diesen Anlagen ist, wie nachfolgend gezeigt, eine zusätzliche Unterscheidung möglich, ob eine Entflammung des Kraftstoff-Gemisches nicht erfolgt, weil kein Zündfunke erzeugt wurde, oder weil sich kein Kraftstoff-Gemisch im Brennraum befindet.

Dazu werden erfindungsgemäß die beiden oben erwähnten Zündimpulse als mindestens je zwei Zündimpulse erzeugt.

Im folgenden wird der Einfachheit halber angenommen, daß ein Zündfunken nur aus zwei Teilfunken besteht. Der zeitliche Abstand dieser beiden Teilfunken ist erfindungsgemäß so gering zu wählen, daß sich die Ionisierung im Brennraum, die durch den Teilfunken hervorgerufen wurde, nur unwesentlich abgebaut hat

und die mindestens zwei Teilfunken wie ein einziger Funken erscheinen.

Wird in diesem Fall z. B. der erste Teilfunke ausgelöst und hat sich aufgrund des ersten Teilfunkens eine Gasentladung innerhalb des Brennraumes ausgebildet, so wird ein großer Unterschied zwischen den Zündspannungen dieses ersten Teilfunkens und des unmittelbar nachfolgenden zweiten Teilfunkens festgestellt. Darüber hinaus erreicht der auf der Primärseite der Zündanlage fließende Kollektorstrom schneller die für die Entflammung nötige Amplitude. Dieser große Unterschied zwischen den beiden Zündspannungen der beiden Teilfunken und zwischen den Steilheiten der Flanken des Kollektorstromes tritt dagegen nicht auf, wenn sich der erste Teilfunke aufgrund des ersten Teilimpulses nicht ausgebildet hat. Bei den nachfolgenden zwei Teilfunken des zweiten Funkens können sich die soeben beschriebenen Zustände ebenfalls einstellen, wobei der erste Teilfunke des zweiten Zündimpulses bei der ersten Halbwelle und damit früher auftritt als wenn der erste Zündimpuls zu keiner Entflammung geführt hat. Zusätzlich kann jedoch hier ein dritter Fall auftreten. Dieser dritte Fall stellt sich ein, wenn ein im Brennraum befindliches Kraftstoff-Luft-Gemisch durch den ersten Teilfunken eines Impulses gezündet wurde. Jetzt sorgt nämlich die im Brennraum befindliche Flamme für eine Ionisierung der Entladungsstrecke, was dazu führt, daß der erste Teilfunke des zweiten Funkens bei einer viel geringeren Zündspannung als bei dem ersten Teilfunken des ersten Funkens auftritt. Durch Auswertung der Stromanstiege der Teilfunken des ersten und des zweiten Funkens bzw. der zugehörigen Ströme durch die Primärwicklung kann somit entschieden werden, ob eine nicht erfolgte Zündung auf ein nicht vorhandenes Kraftstoff-Luft-Gemisch oder eine Nichtausbildung eines Funkens innerhalb des Brennraumes zurückzuführen ist.

Dieses Prinzip wird nachfolgend anhand der Fig. 5 im Zusammenhang mit verschiedenen Spannungs-Zeit-Diagrammen näher erläutert. Um das Wesentliche besser darstellen zu können, sind die Kurven auf Symbole für den Zündspannungsverlauf bei ionisierten (Diagramm C, Kurve U2A) bzw. nicht ionisierten (Diagramm C, Kurve U1A) Elektroden-Zwischenraum reduziert.

In Fig. 5a sind Impulse I1, I2 dargestellt, die innerhalb eines Arbeitstaktes AT der Brennkraftmaschine zur Erzeugung von Zündimpulsen herangezogen werden. Zunächst wird davon ausgegangen, daß jeder dieser Impulse I1, I2 aus einem einzigen Impuls I1A, I2A besteht. Die ansteigende Flanke des ersten Impulses I1A erscheint zum Zeitpunkt t1 und die ansteigende Flanke des zweiten Impulses I2A zum Zeitpunkt t2. Die beiden Zeitpunkte t1, t2 liegen innerhalb des Arbeitstaktes AT. Der Abstand zwischen den Zeitpunkten t1, t2 ist so gewählt, daß im Zeitpunkt t2 eine aufgrund einer durch den ersten Impuls I1A erzeugten Funkenbildung einstellende Ionisierung innerhalb des Brennraumes sicher abgeklungen ist.

In Fig. 5b sind die zu den erwähnten Zündimpulsen

I1A, I2A zugehörigen Zündspannungen U1A, U2A dargestellt, wenn sich innerhalb des Brennraumes keine Entflammung ausgebildet hat. Die Amplituden der beiden Zündspannungen U1A und U2A sind gleich oder annähernd gleich groß, da zum Zeitpunkt des Auftretens des zweiten Zündimpulses I2A keinerlei Ionisierung innerhalb des Brennraumes mehr vorhanden ist. Die Nichtentflammung kann entweder dadurch bedingt sein, daß kein Kraftstoff-Luft-Gemisch innerhalb des Brennraumes vorhanden ist oder dadurch, daß der erste Impuls I1A zu keinem Zündfunken führte.

In Fig. 5c sind die Zündspannungsverhältnisse dargestellt, wenn sich innerhalb des Brennraumes eine Entflammung einstellt. Es ist deutlich die im Vergleich zur Zündspannung U1A des ersten Impulses I1A geringere Zündspannung U2A des zweiten Zündimpulses I2A erkennbar.

Gemäß einer bereits erwähnten Weiterbildung der Erfindung ist es möglich, jedem der bereits erwähnten Impulse I1A, I2A unmittelbar einen weiteren Impuls I1B bzw. I2B folgen zu lassen. Diese weiteren Impulse I1B und I2B sind in Fig. 5a strichliert dargestellt. Diese beiden Impulse folgen den Impulsen I1A bzw. I2A zeitlich so eng aufeinander, daß diese wie ein einziger Zündimpuls erscheinen. In den Fig. 5d, 5e und 5f sind die zugehörigen Zündspannungen bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen dargestellt.

In Fig. 5d sind die Zündspannungen gezeigt, die sich einstellen, wenn sich zwar aufgrund des ersten Zündteilimpulses I1A ein Funke innerhalb des Brennraumes gebildet hat und sich eine Gasentladung einstellt, jedoch kein Kraftstoff-Luft-Gemisch innerhalb des Brennraumes vorhanden ist. Eine Entflammung kann sich damit nicht einstellen. Diese Nichtentflammung wird, ähnlich wie in Fig. 5b, dadurch detektiert, daß die Zündspannung U2A in etwa gleich groß der Zündspannung U1A ist. Daß sich ein Funke aufgrund des ersten Zündimpulses I1A ausgebildet hat, ist anhand der deutlich geringeren Zündspannungen U1B bzw. U2B im Vergleich zu den Zündspannungen U1A bzw. U2A erkennbar. Diese niedrigere Zündspannung U1B bzw. U2B rührt von der durch die durch die Funkenbildung des ersten Zündteilimpulses I1A bzw. I2A bedingten Ionisierung innerhalb des Brennraumes her. Da die Zündteilimpulse I1B und I2B unmittelbar den ersten Zündteilimpulsen I1A und I2A folgen, kann diese Ionisierung anhand der niedrigeren Zündspannung U1B bzw. U2B detektiert werden. Die niedrigere Zündspannung ist durch einen steileren Verlauf des Kollektorstromes auf der Primärseite der Zündanlage erfaßbar.

In Fig. 5e sind die Verhältnisse gezeigt, wenn sich aufgrund des ersten Zündteilimpulses I1A kein Funke und damit keine Gasentladung und damit auch keine Entflammung innerhalb des Brennraumes ausbildet. Die Zündspannungen U1A, U1B sowie U2A und U2B sind etwa gleich groß.

In Fig. 5f sind die Verhältnisse bei erfolgter Entflammung dargestellt. Die Zündspannungen U1B, U2A und U2B sind deutlich geringer als die Zündspannung U1A.

Bezugszeichenliste

| | | |
|----------|--------------------------------|----|
| 1 | Klemme | |
| 2 | Klemme | |
| 3 | Klemme | |
| 4 | Klemme | |
| 5 | Klemme | 5 |
| 6 | Kondensator | |
| 7 | Kondensator | |
| 8 | Widerstand | 10 |
| 9 | Kondensator | |
| 10 | Widerstand | |
| 11 | Widerstand | |
| 12 | Komparator | |
| 13 | Widerstand | 15 |
| 14 | Transistor | |
| 15 | Transistor | |
| 16 | Widerstand | |
| 17 | Widerstand | |
| 18 | Transistor | 20 |
| 19 | Primärwicklung | |
| 20 | Zündspule | |
| 21 | Sekundärwicklung | |
| 23 | Kondensator | |
| 24 | Freilaufdiode | 25 |
| 25 | Elektrode | |
| 26 | Elektrode | |
| 27 | Zündkerze | |
| 28 | Taktgeneratorbaustein | |
| 29 | Diode | 30 |
| 31 | Widerstand | |
| A | Ein-Signal | |
| B | Basisspannung | |
| C | Kollektorstrom | |
| D | Kollektorspannung | 35 |
| E | Kondensatstrom | |
| F | Diodenstrom | |
| G | Sekundärspannung | |
| H | Sekundärspannung mit Kapazität | |
| I | Sekundärspannung mit Zündkerze | 40 |
| I1, I2 | Impuls, Zündimpuls | |
| I1A, I2A | Zündteilimpuls | |
| I1B, I2B | Zündteilimpuls | |
| t1, t2 | Zeitpunkt | |
| U1A, U2A | Zündspannung | 45 |
| U1B, U2B | Zündspannung | |
| Us | Schwellenwert | |

Patentansprüche

1. Verfahren zur Zündungserkennung für eine Zündanlage einer Brennkraftmaschine, bei dem innerhalb eines Arbeitstaktes ein erster Zündimpuls (I1A) zur Erzeugung eines ersten Zündfunkens und mindestens ein zweiter Zündimpuls zur Erzeugung eines zweiten Zündfunkens mittels Wechselspannung erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Wechselspannung zum Erzeugen mindestens des zweiten Zündfunkens eine oder mehrere Peri-

oden von unterschiedlich hohen Halbwellen hat, wobei die erste Halbwellen eine Amplitude aufweist, die zwischen der maximal notwendigen Spannung (U1) bei vorhandener Ionisierung zwischen den Elektroden (25, 26) einer Zündkerze der Zündanlage und der minimal notwendigen Spannung (U3) bei nicht vorhandener Ionisierung liegt und die zweite Halbwellen eine Amplitude aufweist, die über der maximal notwendigen Spannung (U4) bei nicht vorhandener Ionisierung liegt, und daß als Kriterium für eine erfolgte Entflammung des Luft-Kraftstoff-Gemisches erfaßt wird, ob sich der zweite Zündfunke bei der ersten Halbwellen der Wechselspannung ausgebildet hat oder nicht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Zündfunke mit der gleichen Wechselspannung wie der zweite Zündfunke erzeugt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannung der ersten Halbwellen der Wechselspannung zwischen 2 kV und 6kV liegt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannung der ersten Halbwellen größer als 30kV vorzugsweise etwa 32kV, beträgt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Halbwellen einer Periode der Wechselspannung untereinander variiert werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitdauer nach dem Einschalten der Wechselspannung für den zweiten Zündimpuls bis zur Ausbildung des Zündfunkens gemessen und als Kriterium für eine erfolgte Entflammung des Luft-Kraftstoff-Gemisches herangezogen wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß vom Einschalten der Wechselspannung an der Strom durch die Zündspule erfaßt wird und daß die Zeitdauer bestimmt wird, bis der Strom eine die Entflammung kennzeichnende Amplitude erreicht hat.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß als Kriterium zur Erkennung der Entflammung des Luft-Kraftstoff-Gemisches ein Parameter, der eine Information über die Ionisierung der Gasentladungsstrecke enthält, auf der Primärseite der Zündanlage erfaßt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet,

net, daß auf der Primärseite der Zündanlage der Ladestrom einer Zündspule (19) der Zündanlage erfaßt wird.

rer der Brennkraftmaschine ein entsprechendes Signal übermittelt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Stromanstieg durch die Zündspule (19) erfaßt wird, und daß ein vorgegebener steiler Stromanstieg als Kriterium für eine erfolgte Entflammung des Luft-Kraftstoff-Gemisches herangezogen wird. 5
10
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Stromanstieg durch die Zündspule durch Messung der Zeit vom Beginn des Stromflusses durch die Zündspule (19) bis zum Erreichen einer vorgegebenen Stromamplitude erfaßt wird. 15
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten und zweiten Zündfunken mittels einer Hochfrequenz-Wechselstromzündanlage erzeugt werden, und die beiden Zündfunken jeweils aus mehreren, mindestens aber aus zwei Teilfunken (I1A, I1B, I2A, I2B) bestehen, daß die Zündspannungen (U1A, U1B, U2A, U2B) oder ein ihr proportionaler Wert, der jeweils zuerst auftretenden Teilfunken erfaßt werden, und daß aus diesen beiden Werten die Differenz (U) gebildet und als Kriterium für eine erfolgte Entflammung herangezogen wird. 20
25
30
13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß für jeden zu einem Zündimpuls (I1, I2) gehörenden Teilimpuls (I1A, I1B, I2A, I2B) die zugehörige Zündspannung (U1A, U1B, U2A, U2B) oder ein ihr proportionaler Wert erfaßt wird, daß jeweils deren Differenz (dU) gebildet wird, und daß aus dieser Differenz abgeleitet wird, ob sich ein Zündfunke ausgebildet hat. 35
40
14. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß aus den Werten von dU und U geschlossen wird, ob eine Entflammung des Luft-Kraftstoff-Gemischs nicht stattgefunden hat, weil sich kein Zündfunke ausgebildet hat, oder weil kein Kraftstoff im Brennraum vorhanden war. 45
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß als proportionaler Wert für die Zündspannung die Stromflußzeiten durch die Zündspule der Zündanlage erfaßt und ausgewertet werden. 50
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß, falls keine Entflammung des Luft-Kraftstoff-Gemischs stattgefunden hat, ein Signal an eine Steuereinheit gesendet wird, die Zufuhr des Luft-Kraftstoff-Gemischs an den entsprechenden Brennraum verhindert und dem Fah-

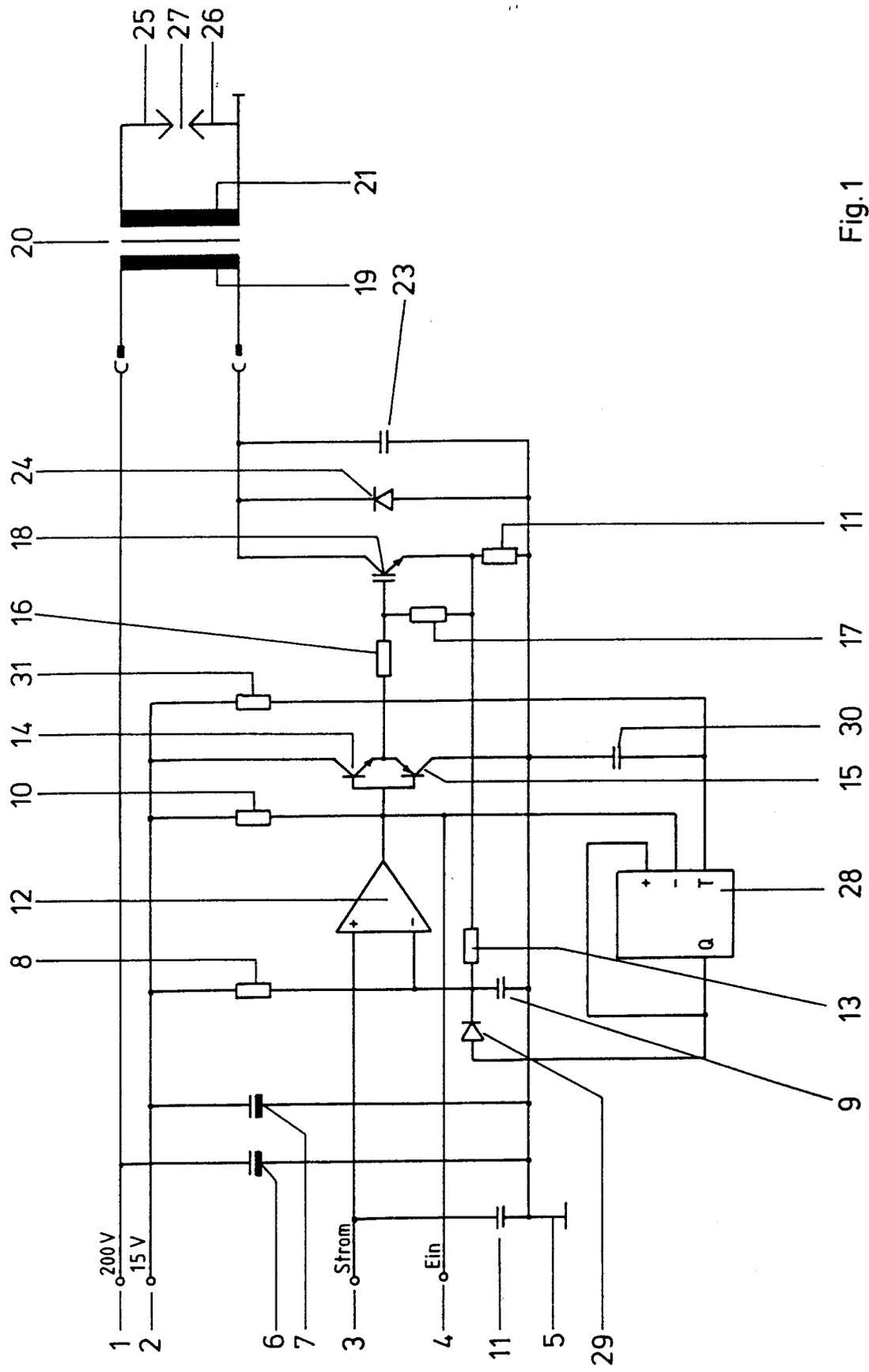


Fig.1

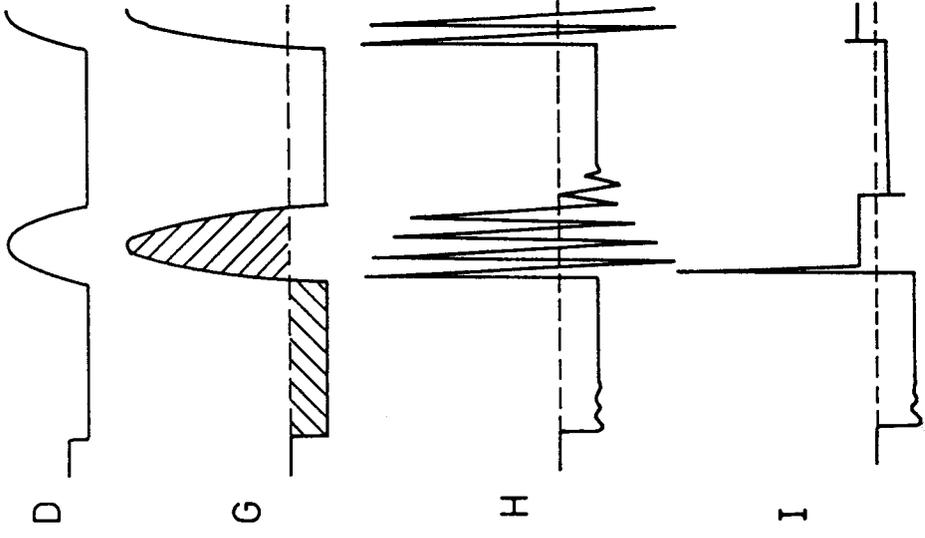


Fig. 2

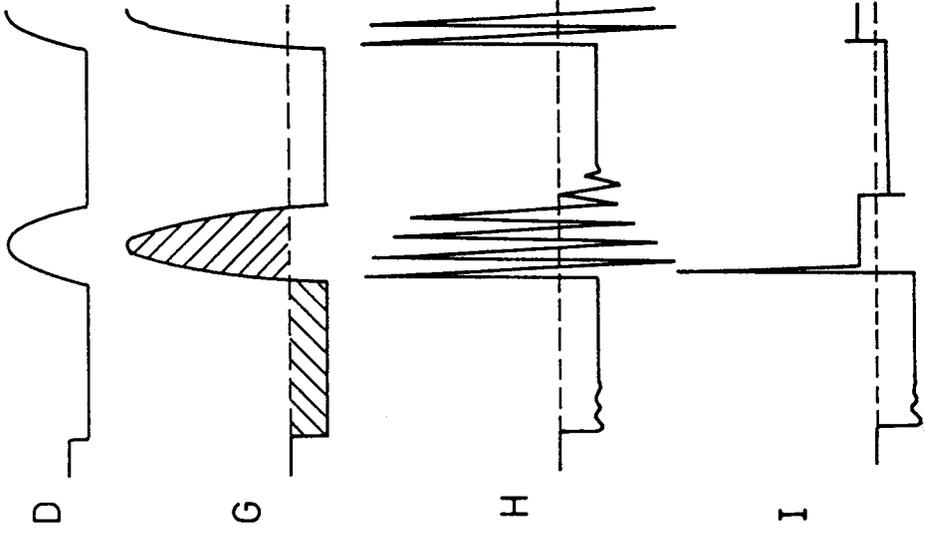


Fig. 3

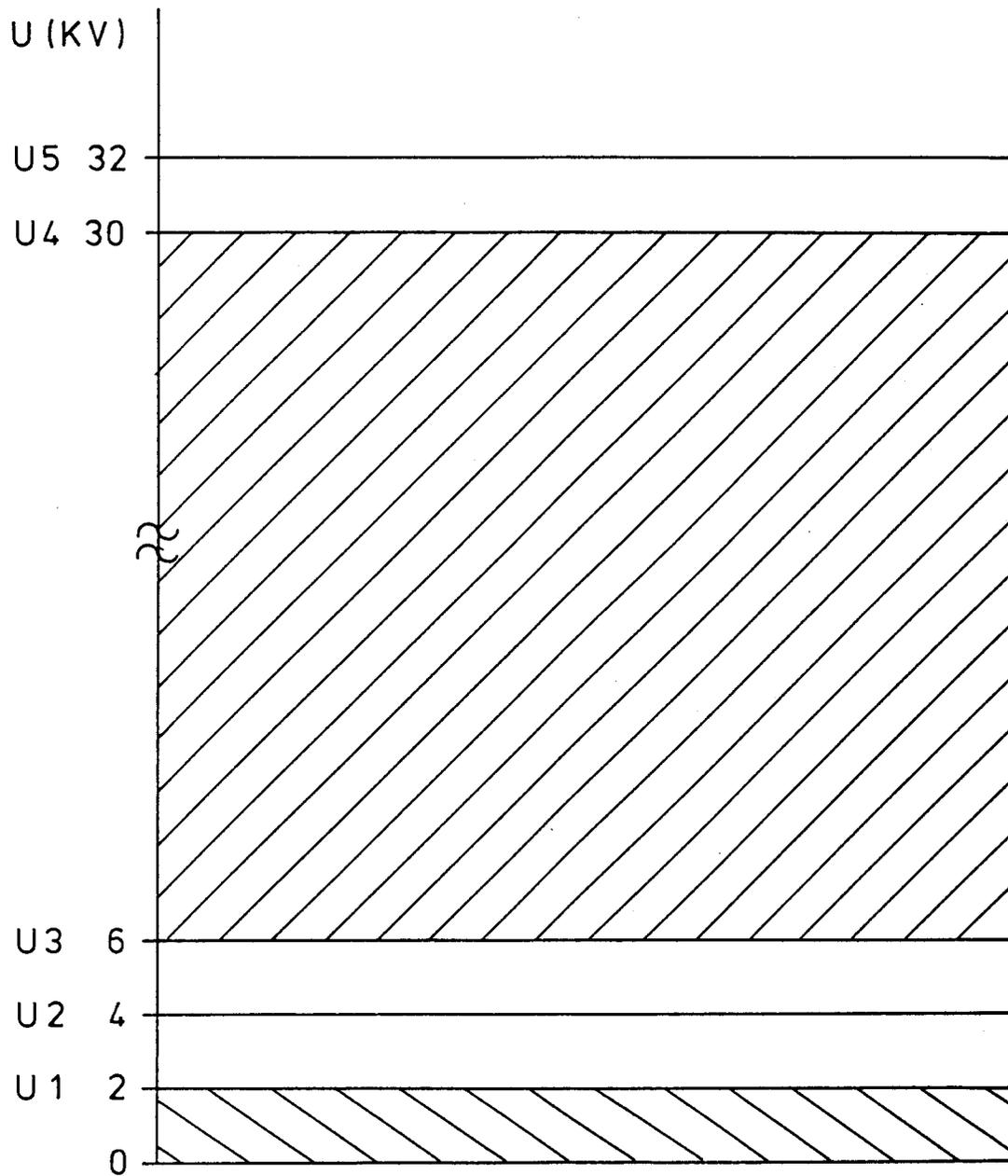


Fig. 4

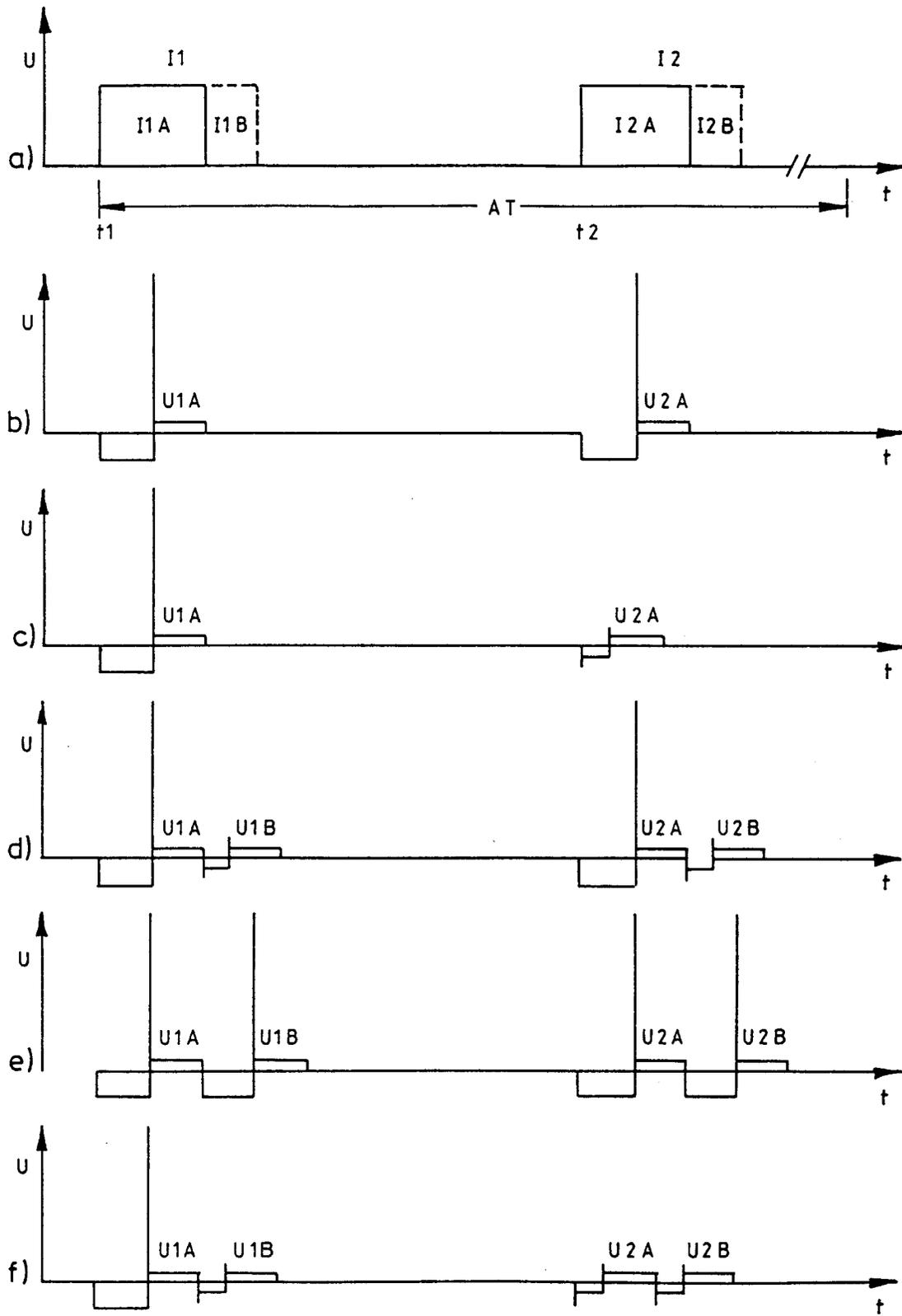


Fig. 5