



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 101 21 993 B4** 2004.08.05

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **101 21 993.8**  
(22) Anmeldetag: **05.05.2001**  
(43) Offenlegungstag: **14.11.2002**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **05.08.2004**

(51) Int Cl.7: **F02P 3/04**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

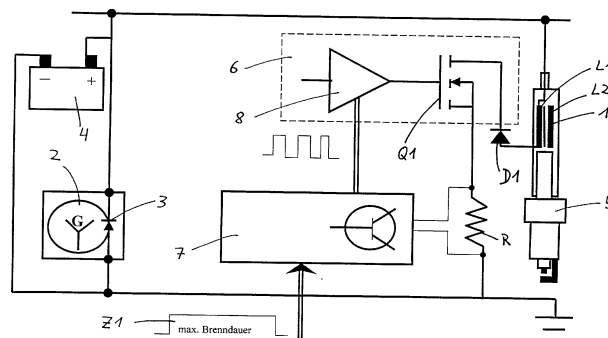
(71) Patentinhaber:  
**DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE**  
(72) Erfinder:  
**Schmolla, Wilfried, Dr., 63128 Dietzenbach, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
**DE 24 44 242 B2**  
**DE 198 41 483 A1**  
**DE 100 23 835 A1**  
**DE 26 23 865 A1**  
**EP 07 50 112 A2**

(54) Bezeichnung: **Zündsystem für Verbrennungsmotoren**

(57) Hauptanspruch: Zündsystem für einen Verbrennungsmotor umfassend:

- eine Bordnetzspannung, mindestens eine Zündelektronik (IC, 6, 7), mindestens ein Zündtransformator (1) und mindestens eine Zündkerze (5), dadurch gekennzeichnet, daß
- die Bordnetzspannung an die Primärseite (L1) des Zündtransformators (1) angelegt ist,
- während eines durch ein Ansteuersignal (Z1) vorgegebenen Zeitfensters von der Zündelektronik (6, 7, R1, IC) für den Primärstrom ( $I_p$ ) im Zündtransformator (1) eine Zeitsteuerung mit überlagerter Maximalstrombegrenzung durchgeführt wird, derart daß
- zu Beginn des Zeitfensters der Funkendurchbruch an der Zündkerze (5) erzielt wird, indem der Primärstrom ( $I_p$ ) nach Erreichen eines vorgegebenen Grenzwertes ( $I_p + m$ ) für ein vorgegebenes erstes Zeitintervall ( $t_{aus}$ ) ausgeschaltet wird
- und danach der Primärstrom ( $I_p$ ) bis zum Ende des Zeitfensters durch eine Zeitsteuerung mit überlagerter Maximalstrombegrenzung abwechselnd ein- und ausgeschaltet wird,
- und die Zeitsteuerung mit Zeitintervallen von 10 – 200 Mikrosekunden für die Einschaltzeit ( $t_{ein}$ ) und mit Zeitintervallen von 5 bis 50 Mikrosekunden für die Ausschaltzeit...



## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Zündsystem für einen Verbrennungsmotor, insbesondere ein Hybridzündsystem für Verbrennungsmotoren mit 14V oder 42V Bordnetzspannung mit einer zeit- und stromgesteuerten Zündendstufe mit zwei Betriebsphasen. In der ersten Phase wird aus der im Magnetfeld des Zündtransformators gespeicherten Energie eine Selbstinduktionsspannung für den Funkendurchbruch erzeugt. In der zweiten Phase erzeugt das Zündsystem mit einer Zeitsteuerung der Zündendstufe und überlagerter Strombegrenzung eine Wechselspannung für den Zündfunken, so dass der Zündfunken auch bei erhöhtem Brennspannungsbedarf durch Gasströmung am Funkenort unterbrechungsfrei brennt. Das Hybridzündsystem benötigt kein Zwischennetzteil.

[0002] Die Erfindung geht aus von einem Zündsystem, wie es in der DE 197 00 179 C2 der Firma Bosch beschrieben ist. Derartige Wechselstromzündsysteme arbeiten nach dem Prinzip des Resonanzwandlers. Ein typischer Aufbau enthält ein Zwischennetzteil, mit dem die Bordnetzspannung des Bordnetzgenerators auf Werte in der Größenordnung von 200V auf der Primärseite des als Resonanzwandlers ausgebildeten Zündtransformators hochtransformiert wird. Mit einem Regel- und Steuergerät wird eine Halbleiterleistungsendstufe angesteuert und der Strom auf der Primärseite des Zündtransformators bei Erreichen eines vorgegebenen veränderbaren Abschaltstromes unterbrochen. Der Strom auf der Sekundärseite des Zündtransformators entspricht dem Funkenstrom und ergibt sich aus dem Übersetzungsverhältnis des Zündtransformators, nämlich im wesentlichen dem Primärstrom, dem Kopplungsfaktor des Zündtransformators und der Quadratwurzel aus dem Verhältnis der Induktivitäten auf der Primärseite und der Sekundärseite.

[0003] Die DE 24 44 242 B2 offenbart ein Zündsystem für eine Innenverbrennungsmaschine, welches einen Zündfunken oder einen Lichtbogen von einer vorgegebenen, verhältnismäßig verlängerten Dauer für jeden Maschinenzylinder erzeugt und die Fähigkeit aufweist, an aufeinanderfolgenden Zeitpunkten während einer solchen Dauer erneut zu zünden. Hierbei erfolgt eine Zeitsteuerung des Primärstroms mit überlagerter Stromsteuerung. Dieser überlagerte Stromsteuerung erfolgt nur jeweils für die erste Zeitperiode und wird während der gesamten Zündfreigabezeit unverändert beibehalten. Für die erste und zweite Zeitperiode (Ein- bzw. Ausschaltzeit) sind 500 ms vorzusehen, damit die Zündung vorteilhaft arbeiten kann. Zusätzlich ist wegen der langen Einschaltzeit ein Begrenzungswiderstand von 30 k $\Omega$  im Zündkerzenkreis vorzusehen.

[0004] Darüber hinaus ist aus der DE 100 23 835 A1 ein Mehrfachladezündsystem mit einer induktiven Energiespeichereinrichtung und einer elektronischen Zündschaltung bekannt. Die induktive Energiespei-

chereinrichtung wird ansprechend auf ein Zeitgeber-signal aufgeladen bzw. wiederaufgeladen bzw. teilweise entladen, wobei das teilweise Entladen zusätzlich auf der Grundlage der in der induktiven Energiespeichervorrichtung gespeicherten Energiemenge erfolgt.

[0005] Weiterhin ist aus der DE 26 23 865 A1 ein Zündsystem bekannt, bei dem eine Mehrzahl von Zündfunken jeweils beim Erreichen eines Sollwerts durch den Primärstrom in der Zündspule erzeugt wird.

[0006] Die DE 198 41 483 A1 offenbart ein Zündsystem, in dem Zündfunken jeweils durch Unterbrechen des Primärstroms nach einer vorgegebenen Zeitspanne erzeugt werden.

[0007] Wechselstromzündsysteme haben gegenüber kapazitiv oder rein induktiv arbeitenden Zündsystemen den Vorteil, dass die Zündenergie aus dem Zwischennetzteil kontinuierlich an den Zündfunken übertragen wird. Die maximale Brenndauer des Zündfunkens wird durch die maximale Leistung des Zwischennetzteils des Zündsystems bestimmt. Durch die Kombination von Funkenzündung und Ionenstrommesstechnik ergeben sich geschlossene Regelkreise, die es ermöglichen, das gesamte Zündverfahren einschließlich Zündkerze und Zündfunken laufend zu überwachen und mit möglichst geringem Funkenstrom und damit möglichst geringem Kerzenabbrand zu betreiben.

[0008] Vorbeschriebene Wechselstromzündsysteme haben den Nachteil, ein Netzteil zur Erzeugung einer Zwischenspannung von 200V und einen Resonanzwandler als Zündendstufe zu benötigen. Das Netzteil und der Resonanzwandler verursachen zusätzliche Kosten durch Herstellung und Einbau.

[0009] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein geeignetes Zündsystem für einen Verbrennungsmotor anzugeben, dass ohne Zwischennetzteil und ohne Resonanzwandler auskommt, ohne die Vorteile von Wechselstromzündsystemen zu verlieren, und bei dem ein Dauerfunken erzielt wird und eine permanente Nachzündfähigkeit sichergestellt ist.

[0010] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch die Merkmale des unabhängigen Anspruchs. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0011] Die Lösung gelingt durch ein Zündsystem für einen Verbrennungsmotor, insbesondere durch ein Zündsystem für eine 14V oder 42V Bordnetzspannung, die ohne Zwischennetzteil direkt an die Zündendstufe angelegt ist. Nach einem Eingangssignal von einem übergeordneten Motorsteuergerät wird die Halbleiterleistungsstufe von einer Zündregelung eingeschaltet. Hierdurch baut sich an der Primärseite des Zündtransformators ein Strom auf. Nach dem erstmaligen Erreichen eines vorgegebenen Maximalstromwerts wird die Primärseite des Zündtransformators für eine vorgegebene Zeitspanne abgeschaltet. In dieser Zeitspanne baut sich nach dem Prinzip der

Selbstinduktion an den Elektroden der an den Zündtransformator sekundärseitig angeschlossenen Zündkerze eine Hochspannung für den Funkendurchbruch auf. Nach dem Funkendurchbruch wird die Primärseite des Zündtransformators bis zum Ende des Zündvorgangs, der durch das übergeordnete Motorsteuergerät vorgegeben ist, zeitgesteuert und stromgesteuert. Die Zeitsteuerung arbeitet mit ausgewählten, vorgegebenen Zeitintervallen, in denen die Halbleiterleistungsstufe abwechselnd ein- und ausgeschaltet wird. Die Einschaltzeit wird mit 10 bis 200  $\mu\text{s}$  so kurz gewählt, dass bei einer Abnahme der Leitfähigkeit des Zündplasmas wegen des begrenzten Spannungsangebots aus dem Produkt von Bordnetzspannung und Übersetzungsverhältnis des Zündtransformators nach kurzer Zeit wieder eine höhere Selbstinduktionsspannung während der Ausschaltzeit mit 5 bis 50  $\mu\text{s}$  angeboten wird. Die Einschaltzeit ist aber so lang gewählt, dass ein intermittierenden Aufbau der gespeicherten Energie im Fall geringer gespeicherter Energie erfolgt. Für den Hochspannungsaufbau für den ersten Funkendurchbruch wird viel Energie gebraucht, so dass wieder Energie nachgeladen werden muss. Die Ausschaltzeit wird ebenfalls möglichst kurz gewählt, damit die Abnahme der im Zündtransformator gespeicherten Energie während der Ausschaltzeit klein ist. Der Zeitsteuerung ist eine Strombegrenzung überlagert, die immer dann die Primärseite des Zündtransformators abgeschaltet, wenn der Primärstrom den vorgegebenen Maximalwert erreicht.

[0012] Die Maximalstrombegrenzung schützt die Bauteile des Zündsystems und das Bordnetz vor einer Überlastung. In Verbindung mit einem hohen Kopplungsfaktor des Zündtransformators wird durch die Maximalstrombegrenzung auch der Zündfunkensstrom während der Einschaltzeit vorteilhaft begrenzt. [0013] Mit der Erfindung werden hauptsächlich die folgenden Vorteile erzielt:

Der Zündtransformator hat ein Übersetzungsverhältnis  $\bar{u}$ , das für eine Bordnetzspannung von 14V größer als 100 und für eine Bordnetzspannung von 42V größer als 50 ist. Das große Übersetzungsverhältnis des Zündtransformators ermöglicht den direkten Anschluss der Bordnetzspannung an die Zündendstufe. Dadurch entfällt mit Vorteil das bei Wechselstromzündungen übliche Zwischennetzteil, mit dem die Bordnetzspannung auf 200V hochtransformiert wird. [0014] Durch die Zeitsteuerung des Zündfunkens nach dem Funkendurchbruch mit wiederholtem Ein- und Ausschalten der Primärseite und einem Kopplungsfaktor des Zündtransformators  $> 0,7$  entfällt der ansonsten bei Wechselstromzündungen notwendige Resonanzschwingkreis. Die Ein- und Ausschaltvorgänge bewirken nach dem Durchflusswandler- und Selbstinduktions- bzw. Sperrwandlerprinzip in der Zündendstufe und damit auch an der Zündkerze eine Wechselspannung.

[0015] Durch wiederholtes Einschalten des Primärstromes wird immer wieder Energie aus dem Bord-

netz in den Zündtransformator nachgeliefert. Die für die Entflammung des Brennstoffgemisches notwendige Gesamtenergie muß also nicht als gesamtes Energiepaket in der Zündspule oder in einem Zwischennetzteil gespeichert werden. Es genügt die Speicherung geringer Energiemengen im Zündtransformator, um den Zündfunken aufrecht zu erhalten. Dies ermöglicht eine kompakte Bauweise des Zündtransformators und ermöglicht den Einsatz von Stabzündtransformatoren, die z. B. in den Patentanmeldungen der DaimlerChrysler AG mit dem Aktenzeichen DE 198 40 765 A1 und der nachveröffentlichten DE 199 62 368 beschrieben sind.

[0016] Da die Brenndauer bei der Erfindung durch die Zeitsteuerung vom Motorsteuergerät bestimmt wird und nicht wie im Stand der Technik durch den Energieinhalt im Zündtransformator oder vom Zwischennetzteil, läßt sich die Brenndauer bei der Erfindung variabel gestalten. Der relativ geringe Energieinhalt des Zündtransformators hat zudem eine kurze Ausbrennzeit des Zündfunkens am Ende der Brenndauer zur Folge, was wiederum eine positive Auswirkung auf eine Ionenstrommessung hat. Eine lange Nachbrenndauer verfälscht die Ergebnisse einer Ionenstrommessung, da sich die Meßergebnisse durch die Nachbrenndauer denen der eigentlichen Ionenstrommessung überlagern.

[0017] Bei einem Anblasen des Zündfunkens durch Gasströmung im Zylinder besitzt das erfindungsgemäße Zündsystem die Fähigkeit, eine entsprechend hohe Brennspannung zu liefern und bei sehr hohen Brennspannungen den Zündfunken in Elektrodennähe mit der erforderlichen Durchbruchspannung neu zu starten. Wenn der Funkendurchbruch einmal erfolgt ist, und das Brennstoffgemisch bereits ionisiert ist, genügt für den erneuten Funkendurchbruch eine wesentlich kleinere Durchbruchsspannung. Diese Durchbruchspannung wird aber bei der Erfindung nach jedem Abschalten des Primärstromes durch die Zeitsteuerung wieder erreicht, so daß über die ganze Brenndauer immer wieder nachgezündet werden kann, sollte der Zündfunken stark angeströmt werden.

[0018] Diese Nachzündreserve wird mit Vorteil dann aufgebaut, wenn während der Brenndauer in der Einschaltzeit ein Anteil des Primärstromes zur Aufrechterhaltung des Zündfunkens und ein Anteil des Primärstromes zum Aufbau eines Magnetfeldes im Zündtransformator benutzt wird.

[0019] Bei einem ungewollten Erlöschen des Zündfunkens besitzt das erfindungsgemäße Zündsystem optional die Fähigkeit zur Nachzündung des Zündfunkens. Hierzu ist die Verbindung der Halbleiterleistungsstufe mit der Primärwicklung L1 des Zündtransformators mit einer optionalen Rückwärtssperrdiode D1 ausgebildet. Die Diode bewirkt, daß bei einem erloschten Zündfunken die Selbstinduktionsspannung an L1 am Anschluß zu D1 von positiven Spannungen zu negativen Spannungen und zurück mit der Eigenfrequenz des Zündtransformators

schwingen kann. Damit wird während der Ausschaltzeit Energie in den Zündtransformator zurückgespeichert. Der Zündtransformator erhält eine Nachzündreserve. Während der Einschaltzeit wird zusätzliche Energie im Zündtransformator gespeichert. Mit der gespeicherten Energie wird auf der Sekundärseite des Zündtransformators an L2 für die Zündkerze während der Ausschaltzeit eine hohe Spannung für einen erneuten Funkendurchbruch aufgebaut. Der Vorgang setzt sich bis zu einem erneuten Funkendurchbruch fort.

[0020] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden anhand von Zeichnungen dargestellt und näher erläutert. Es zeigen:

[0021] **Fig. 1** eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen Zündsystems,

[0022] **Fig. 2** schematische Spannungs- und Strom-Zeitdiagramme in Relation zu den Ansteuersignalen für ein erfindungsgemäßes Zündsystem,

[0023] **Fig. 3** eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung mit mehreren Stabzündtransformatoren, in die die Zeitsteuerung und die Stromsteuerung für den Zündfunken jeweils integriert ist.

[0024] **Fig. 1** zeigt eine schematische Darstellung der Erfindung. An einen Transformator, der als Zündtransformator **1** mit einer Primärwicklung L1 und einer Sekundärwicklung L2 ausgebildet ist, ist die von einem Bordnetzgenerator **2** mit integrierter Gleichrichterbrücke **3** und einer Bordnetzbatteie **4** erzeugte Bordnetzspannung über eine Halbleiterleistungsstufe **6** und eine optionale Diode D1 angelegt. Die Sekundärseite L2 des Zündtransformators ist mit den Elektroden einer Zündkerze **5** verbunden. Zündkerze und Zündtransformator sind in dem dargestellten Ausführungsbeispiel als integrierter Stabzündtransformator gezeigt. Dies ist eine vorteilhafte Ausführungsvariante der Erfindung. In einer weniger vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung können der Zündtransformator und die Zündkerze auch als voneinander getrennte Bauteile ausgeführt sein, die über elektrische Leitungen miteinander verbunden sind. Die Primärseite L1 des Zündtransformators ist mit ihrer einen Seite an die positive Spannungsschiene der Bordnetzspannung angeschlossen und wird an ihrer zweiten Seite mit einer Halbleiterleistungsstufe **6** und einem Stromsensor, der hier als Meßwiderstand R ausgebildet ist, auf die Masseleitung der Bordnetzspannung geschaltet. Die Ansteuerung der Halbleiterleistungsstufe **6** erfolgt durch ein Zündsteuergerät **7**. Das Zündsteuergerät, die Halbleiterleistungsstufe und der Stromsensor sind ein Ausführungsbeispiel für die Zündelektronik. Die Zündelektronik ist nicht auf diese Ausführungsform beschränkt. Als Stromsensor kann auch eine Stromzange, mit dem der Strom in der Primärspule gemessen wird, eingesetzt werden. Die Leistungsstufe muß nicht unbedingt als Halbleiterleistungsstufe ausgebildet sein. Die Aufteilung zwischen Zündsteuergerät und Motorsteuergerät ist mehr gedanklicher Art und orientiert sich in der Anwendung an praktischen Gegebenheiten. Ins-

besondere können Zündsteuergerät und Motorsteuergerät als Einheit ausgebildet sein. Bevorzugt ist jedoch eine integrierte Zündelektronik die als integrierter Schaltkreis in einen Stabzündtransformator integriert ist.

[0025] Der Signalverlauf und die mit dem Signalverlauf bewirkten Strom-Spannungs-Zeitdiagramme an den Elektroden der Zündkerze sind in **Fig. 2** dargestellt. Das Zündsteuergerät erhält von einem übergeordneten Motorsteuergerät oder von einem Kurbel- und Nockenwellensensor ein Ansteuersignal Z1, das ein Zeitfenster vorgibt, innerhalb dessen der Zündfunke brennt und eine Entflammung im Verbrennungsraum eines Motorzylinders erfolgen kann. Nach Anliegen des Ansteuersignals Z1 am Zündsteuergerät **7** schaltet dieses die Halbleiterleistungsstufe **6** ein. Die Halbleiterleistungsstufe ist gebildet aus einer geeigneten Verstärkerschaltung **8**, zur Ansteuerung der Endstufe Q1. Die Endstufe ist vorteilhaft aus einem MOSFET oder IGBT gebildet, dessen Gate von der Verstärkerschaltung **8** angesteuert wird.

[0026] Nach Einschalten der Endstufe Q1 durch Ansteuern des Gates des MOSFET's ist die Primärseite L1 des Zündtransformators leitend mit den beiden Spannungsebenen des Bordnetzes verbunden. Hierdurch baut sich im Zündtransformator ein Primärstrom  $I_p$  auf. Dieser Primärstrom wird mit einem Stromsensor detektiert und von dem Zündsteuergerät **7** erfaßt. In dem Ausführungsbeispiel der **Fig. 1** ist der Stromsensor aus einem Spannungsabgriff über einem Meßwiderstand R1 in der Masseleitung der Primärseite L1 gebildet. Der Spannungsabgriff ist mit dem Zündsteuergerät verbunden. Erreicht der Primärstrom einen voreingestellten und im Zündsteuergerät gespeicherten Grenzwert  $I_{p+m}$  schaltet das Zündsteuergerät **7** die Endstufe Q1 für eine vorgegebene Zeit  $t_{aus}$  ab. Hierdurch baut sich durch Selbstinduktion auf der Sekundärseite L2 des Zündtransformators eine Hochspannung für den Funkendurchbruch an den Elektroden der Zündkerze auf. Nach der Zeitspanne  $t_{aus}$  wird der Strom an der Primärseite wieder für eine ebenfalls vorgegebene Zeit  $t_{ein}$  wieder eingeschaltet, um nach der Zeitspanne  $t_{ein}$  wieder für eine weitere vorgegebene Zeitspanne  $t_{aus}$  ausgeschaltet zu werden. Die Ein- und Ausschaltvorgänge des Primärstromes wiederholen sich zyklisch bis zum Ende der durch das Ansteuersignal Z1 vorgegebenen maximalen Brenndauer. Hierdurch entsteht an den Elektroden der Zündkerze eine Wechsellspannung bis zum Ende des anliegenden Ansteuersignals Z1.

[0027] Dieser reinen Zeitsteuerung des Primärstromes aufgrund von vorgegebenen Zeitintervallen, ist für die ganze Dauer des anliegenden Ansteuersignals Z1 eine Maximalstrombegrenzung überlagert, die immer dann unabhängig von der Zeitsteuerung den Primärstrom ausschaltet, wenn der Primärstrom den vorgegebenen Maximalwert  $I_{p+m}$  übersteigt. Die Maximalstrombegrenzung schützt die Bauteile des

Zündsystems und das Bordnetz vor einer Überlastung. In Verbindung mit einem hohen Kopplungsfaktor des Zündtransformators wird durch die Maximalstrombegrenzung auch der Zündfunkenstrom während der Einschaltzeit vorteilhaft begrenzt.

[0028] Da die maximale Brenndauer in Abhängigkeit der Kurbelwellendrehzahl variiert, verändert sich mit der Drehzahl der Kurbelwelle auch das Zeitfenster für die maximale Brenndauer.

[0029] Die maximale Brenndauer bildet zusammen mit der Ladezeit  $t_L$  für den erstmaligen Funkendurchbruch die Länge des Ansteuersignals Z1. Hierdurch wird die Brenndauer der Zündkerze variabel gehalten und an die jeweilige Motordrehzahl angepaßt. Mit dem Ende des Ansteuersignals Z1 wird die Zeitsteuerung und die Strombegrenzung in dem Zündsteuergerät bis zum nächsten Anliegen eines neuen Ansteuersignals unterbrochen. Hierdurch wird die Endstufe Q 1 ebenfalls ausgeschaltet, so daß ein kontrolliertes Abschalten des Zündfunkens am Ende des Ansteuersignals Z1 erfolgt.

[0030] Um eine möglichst gute Ausnutzung des Primärstromes zu erreichen, wird ein hoher Kopplungsfaktor angestrebt. Durch Veränderung des primärseitigen Abschaltstromes ist es möglich den Funkenstrom in der Zündkerze zu steuern und somit an verschiedene Brennraumbedingungen im Zylinder anzupassen. Ein für die Erfindung geeigneter Zündtransformator hat einen Kopplungsfaktor  $k$  im Bereich von 0,7 bis 0,99, ein Übersetzungsverhältnis  $\ddot{u}$  größer gleich 100 für Bordnetzennennspannungen von 12V bis 14 V, ein Übersetzungsverhältnis  $\ddot{u}$  größer gleich 50 für Bordnetzennennspannungen von 42 V. Das Übersetzungsverhältnis des Transformators ist definiert als das Produkt des Kopplungsfaktors  $k$  mit der Quadratwurzel aus dem Verhältnis der Induktivitäten der Sekundärseite L2 zu der Primärseite L1:

$$\ddot{u} = k \sqrt{L_2/L_1}$$

[0031] Durch die für Zündendstufen relativ hohen Übersetzungsverhältnisse und durch das ständige Nachliefern von Zündenergie durch die Zeitsteuerung des Primärstromes, kann auf ein Zwischennetzteil und auf einen Resonanzschwingkreis verzichtet werden.

[0032] Die vorgegebenen Zeitparameter  $t_L$ ,  $t_{aus}$ ,  $t_{ein}$ ,  $t_{aus2}$  hängen von den Betriebsbedingungen im Brennraum des Verbrennungsmotors und von der Auslegung des Zündtransformators ab. Die Werte sind zwar für die jeweiligen aktuellen Betriebsbedingungen des Motors fest, können aber bei einer Änderung der Betriebsbedingungen z.B. durch eine Änderung der Motordrehzahl der Motorlast oder der Motortemperatur durchaus andere Werte annehmen. Bei einer primärseitigen Strombegrenzung von 20-30 A ergeben sich für ein 14V- Bordnetz ein Parameterbereich für die Ladedauer  $t_L$  von 200  $\mu s$  bis 500  $\mu s$  und bei einem 42 V Bordnetz eine Ladedauer  $t_L$  von 50  $\mu s$

bis 200  $\mu s$ . Für die Einschaltzeit  $t_{ein}$  ergibt sich für beide Bordnetzspannungen ein Parameterbereich von 10  $\mu s$  bis 200  $\mu s$ . Für die beiden Ausschaltzeiten  $t_{aus}$  und  $t_{aus2}$  ergibt sich ebenfalls für beide Bordnetzspannungen jeweils ein Parameterbereich von 5  $\mu s$  bis 50  $\mu s$ . Der Kopplungsfaktor des Zündtransformators beträgt vorzugsweise  $k=0,95$ .

[0033] Fig. 3 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung. Mehrere integrierte Stabzündtransformatoren werden von einem Bordnetz mit der Bordnetzspannung versorgt und jeder Stabzündtransformator mit integrierter Zündelektronik wird von einem Motorsteuergerät wie im Zusammenhang mit Fig. 2 beschrieben mit einem Ansteuersignal als Zeitfenster für die maximale Brenndauer angesteuert. Die im Zusammenhang mit Fig. 1 beschriebene Zündelektronik, bestehend aus Zündsteuergerät 7, Halbleiterleistungsstufe 6 sowie dem für die Primärstrommessung notwendigen Stromsensor, ist in Form eines integrierten Schaltkreises IC jeweils in jeden Stabzündtransformator integriert. Der IC übernimmt die Strombegrenzung und Zeitsteuerung in gleicher Weise wie im Zusammenhang mit den Fig. 1 und 2 beschrieben. Die Anzahl der integrierten Stabzündtransformatoren, die vom Bordnetz mit Spannung versorgt werden, richtet sich nach der Anzahl der Verbrennungsräume im Motor und nach der Anzahl der pro Zylinder vorgesehenen Zündkerzen.

### Patentansprüche

1. Zündsystem für einen Verbrennungsmotor umfassend:

- eine Bordnetzspannung, mindestens eine Zündelektronik (IC, 6, 7), mindestens ein Zündtransformator (1) und mindestens eine Zündkerze (5), dadurch gekennzeichnet, daß
- die Bordnetzspannung an die Primärseite (L1) des Zündtransformators (1) angelegt ist,
- während eines durch ein Ansteuersignal (Z1) vorgegebenen Zeitfensters von der Zündelektronik (6, 7, R1, IC) für den Primärstrom ( $I_p$ ) im Zündtransformator (1) eine Zeitsteuerung mit überlagerter Maximalstrombegrenzung durchgeführt wird, derart daß
- zu Beginn des Zeitfensters der Funkendurchbruch an der Zündkerze (5) erzielt wird, indem der Primärstrom ( $I_p$ ) nach Erreichen eines vorgegebenen Grenzwertes ( $I_p+m$ ) für ein vorgegebenes erstes Zeitintervall ( $t_{aus}$ ) ausgeschaltet wird
- und danach der Primärstrom ( $I_p$ ) bis zum Ende des Zeitfensters durch eine Zeitsteuerung mit überlagerter Maximalstrombegrenzung abwechselnd ein- und ausgeschaltet wird,
- und die Zeitsteuerung mit Zeitintervallen von 10 – 200 Mikrosekunden für die Einschaltzeit ( $t_{ein}$ ) und mit Zeitintervallen von 5 bis 50 Mikrosekunden für die Ausschaltzeit ( $t_{aus2}$ ) arbeitet.

2. Zündsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Funkendurchbruch bei

eingeschaltetem Primärstrom ein Anteil des Primärstromes zur Aufrechterhaltung des Funkenstromes benutzt wird und ein Anteil des Primärstromes zum Aufbau einer Nachzündreserve in Form von im Zündtransformator (1) gespeicherter magnetischer Energie benutzt wird.

3. Zündsystem nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Zündtransformator (1) und Zündelektronik (IC, 6,7) eine Rückwärtssperrdiode (D1) geschaltet ist

4. Zündsystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zündkerze (5) und der Zündtransformator (1) als Stabzündtransformator ausgebildet sind.

5. Zündsystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zündelektronik (IC), der Zündtransformator (1) und die Zündkerze (5) in einer Zündeinheit integriert sind.

6. Zündsystem nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Zündelektronik (6,7,R1) vom Stabzündtransformator getrennt ausgebildet sind.

7. Zündsystem nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Zündelektronik (6,7,R1) ein Zündsteuergerät (7), eine Halbleiterleistungsstufe (6) und einen Stromsensor (R1) enthält.

8. Zündsystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Rückwärtssperrdiode (D1) zwischen dem Drainanschluß der Endstufe (Q1) der Halbleiterleistungsstufe (6) und der Primärwicklung (L1) des Zündtransformators (1) geschaltet ist.

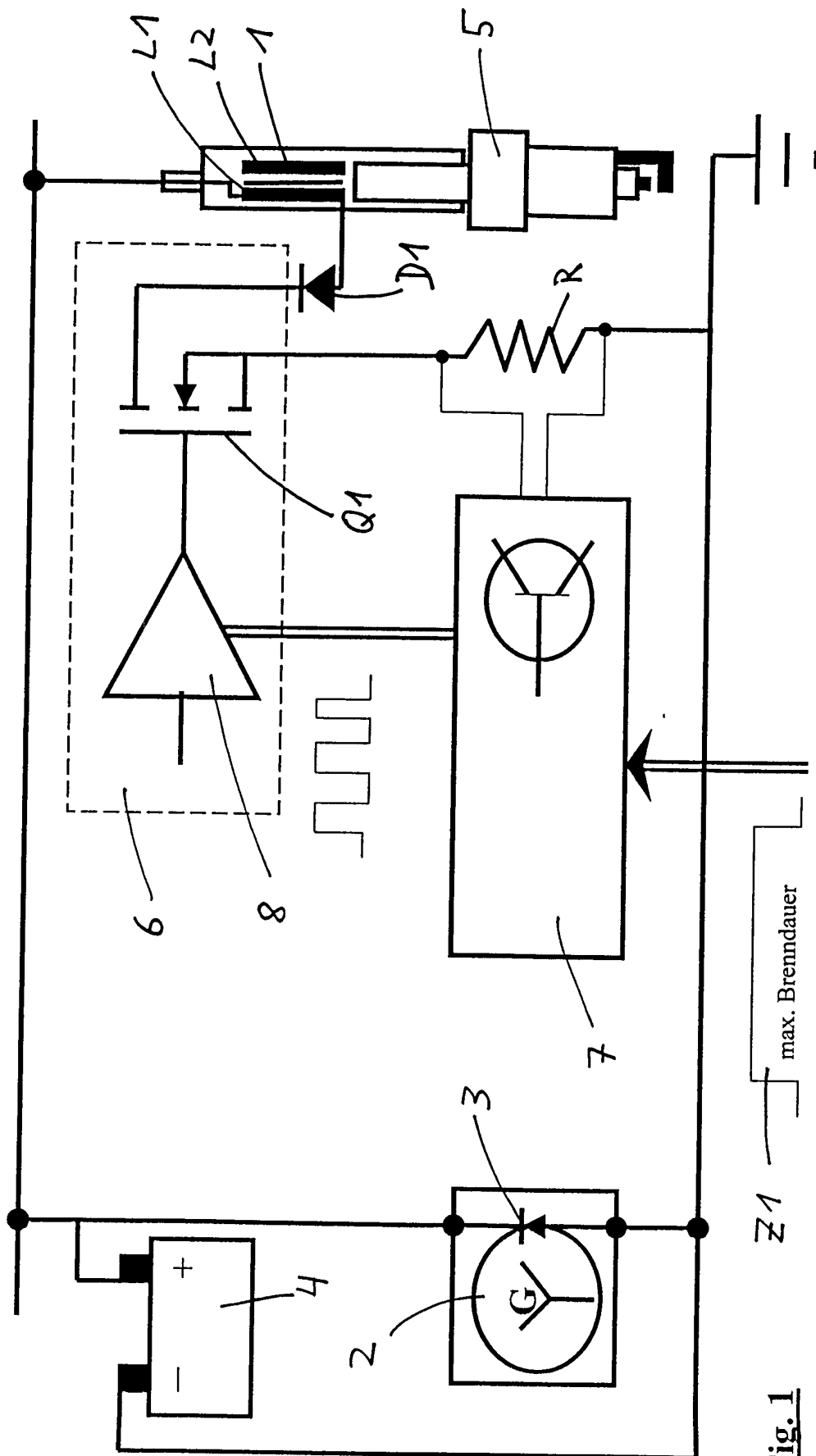
9. Zündsystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Zündelektronik (IC) als integrierter Schaltkreis ausgebildet ist.

10. Zündsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitsteuerung mit ausgewählten, vorgegebenen Zeitintervallen (te<sub>in</sub>, tau<sub>s2</sub>) arbeitet.

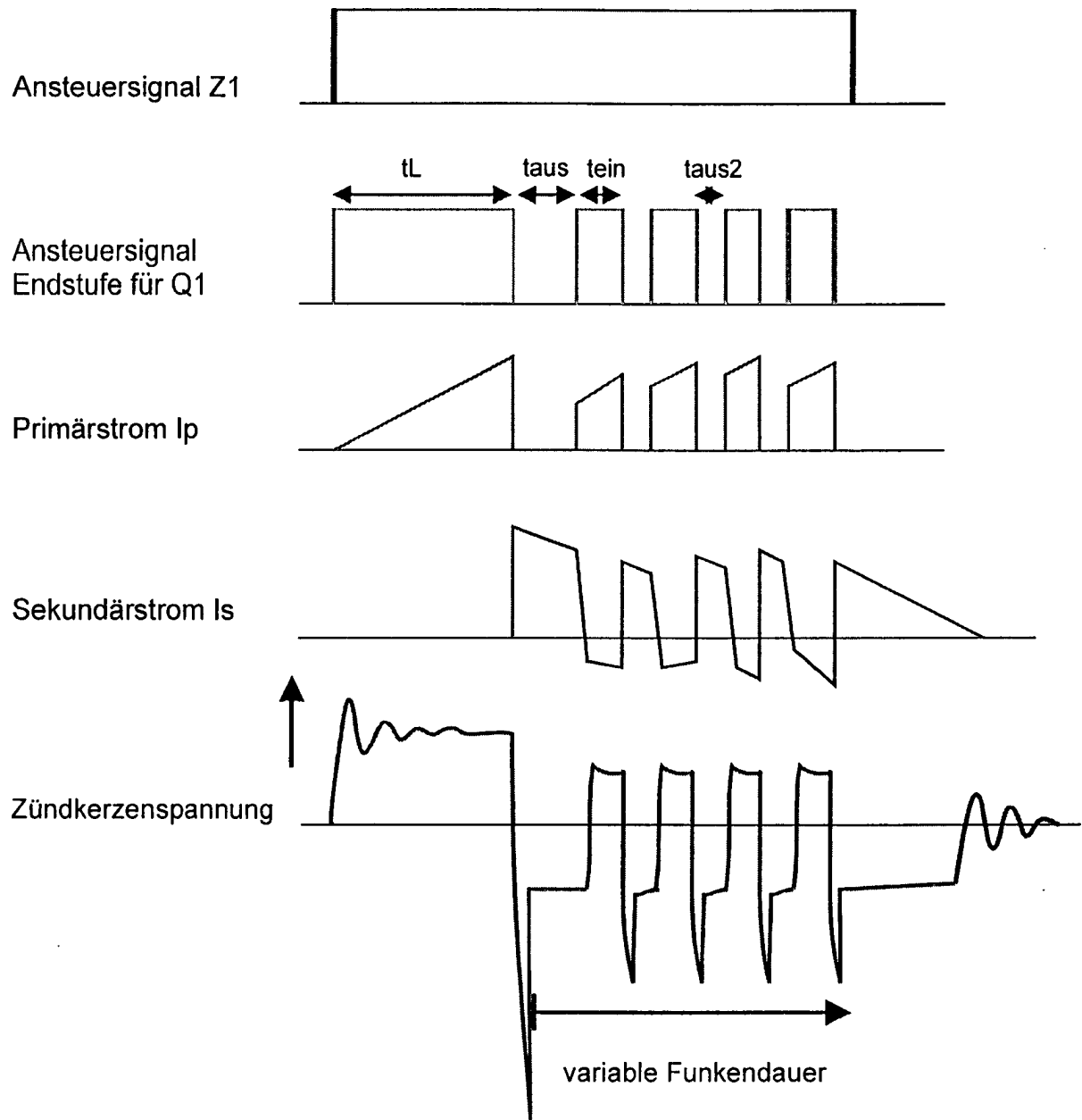
11. Zündsystem nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die vorgegebenen Zeitintervalle (te<sub>in</sub>, tau<sub>s2</sub>) entsprechend den im Verbrennungsmotor herrschenden Betriebsbedingungen ausgewählt werden.

12. Zündsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Zündtransformator (1) ein Übersetzungsverhältnis  $\geq 50$  hat.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen



**Fig. 1**



**Fig. 2**



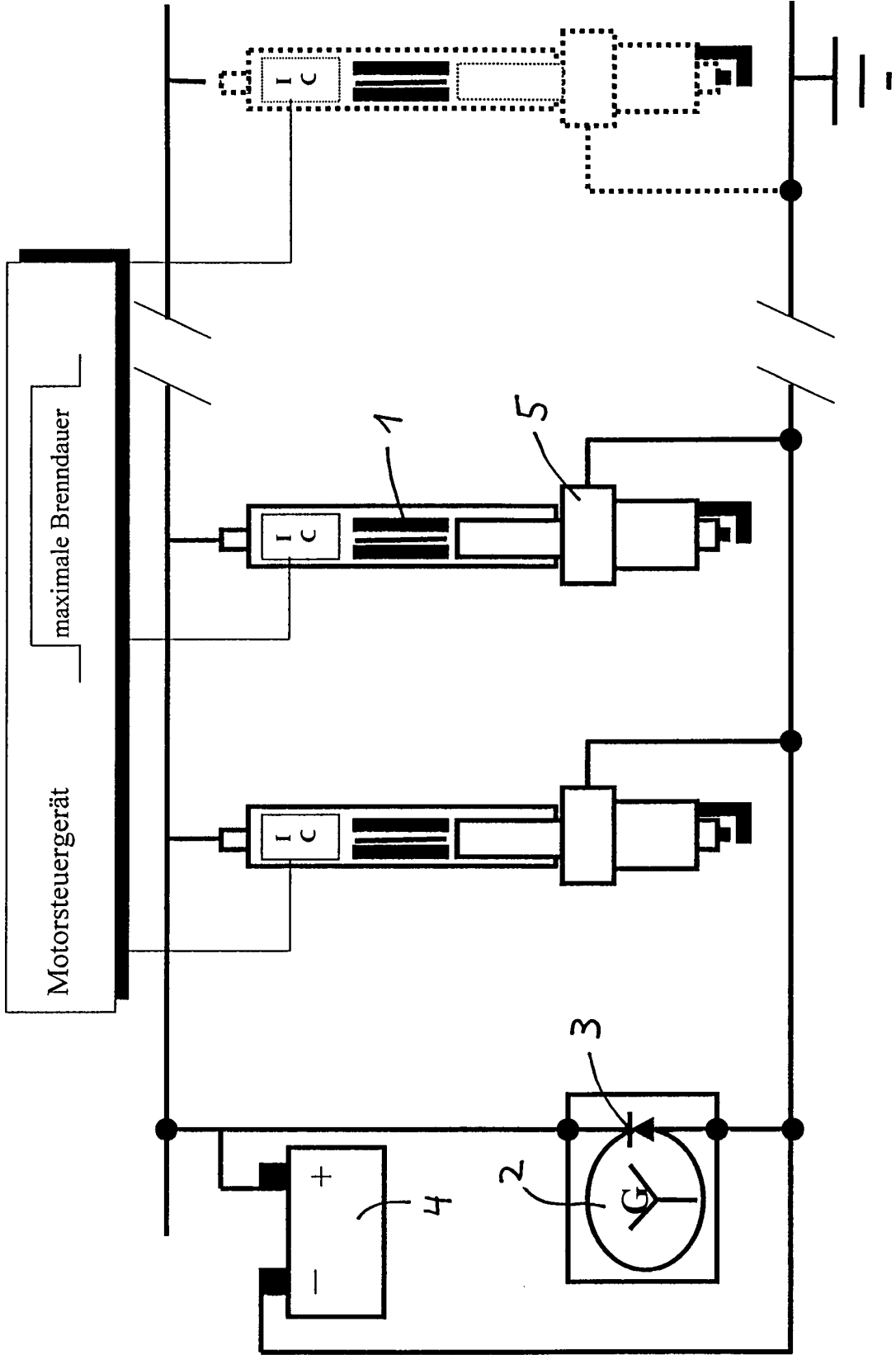


Fig. 3