



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



⑪ Veröffentlichungsnummer: **0 674 102 A2**

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

②¹ Anmeldenummer: 95102930.5

⑤¹ Int. Cl.⁶: **F02P 15/10**

②② Anmeldetag: 02.03.95

③ Priorität: 23.03.94 DE 4409984

④³ Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.09.95 Patentblatt 95/39

Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR GB NL SE

**(71) Anmelder: DAUG Deutsche
Automobilgesellschaft mbH
Julius-Konegen-Strasse 24
D-38114 Braunschweig (DE)**

72 Erfinder: **Daetz, Michael**
An der Strausche 8
D-38473 Tiddische (DE)

74 Vertreter: **Maute, Hans-Jürgen, Dipl.-Ing.**
TEMIC TELEFUNKEN microelectronic GmbH
Postfach 35 35
D-74025 Heilbronn (DE)

54 Wechselstromzündung mit optimierter elektronischer Schaltung.

57 Bei einer Wechselstrom-Zündanlage, deren Zündendstufe eine Zündspule, einen Schwingkreis-kondensator zur Erzeugung eines bipolaren Wechselstromes, einen Halbleiterschalter zur Steuerung des Primärspulenstromes und eine parallel zum Halbleiterschalter geschaltete Rückgewinnungsdiode aufweist, dient der Stromfluß durch die Diode als Steuersignal für den Halbleiterschalter, indem dieser als Triggersignal das Einschalten des Halbleiterschalters bewirkt.

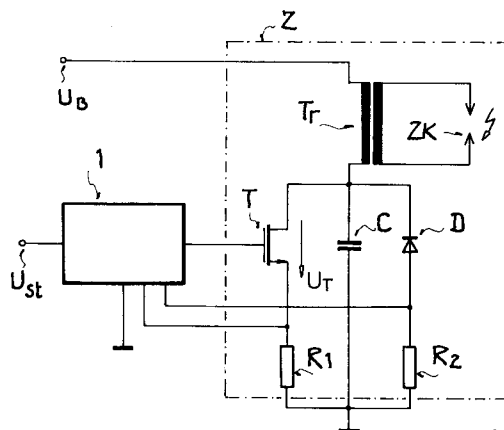


FIG. 2

EP 0 674 102 A2

Die Erfindung betrifft eine Wechselstrom-Zündanlage mit wenigstens einer Zündendstufe gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Eine solche Wechselstrom-Zündanlage ist aus der DE-OS 39 28 726 bekannt, die gegenüber herkömmlichen Zündanlagen, beispielsweise sogenannten Transistor-Zündungen mit ruhender Hochspannungsverteilung, den Vorteil hat, daß kleine und somit kostengünstige Zündspulen einsetzbar sind. Dadurch wird ein schnelles Erreichen des Zündzeitpunktes im μ s-Bereich erreicht. Ferner wird gemäß der o. g. Druckschrift die optimale Zündung dadurch sichergestellt, daß sie für die gesamte Brenndauer, unabhängig von der Drehzahl eingeschaltet bleibt, während der sie einen bipolaren Funkenbrennstrom erzeugt.

Eine solche aus der o. g. Druckschrift bekannte Wechselstrom-Zündanlage ist in Figur 1 dargestellt. Dort ist mit dem Bezugszeichen Z eine Zündendstufe bezeichnet, die eine Zündspule Tr mit einer Primär- und Sekundärspule, einen in Reihe zur Primärspule geschalteten Halbleiterschalter T sowie einen Schwingkreiskondensator C und eine Energierückgewinnungsdiode D, die ebenfalls in Reihe zur Primärwicklung angeordnet sind, aufweist. Ferner ist in Reihe zum Halbleiterschalter T ein Strommeßwiderstand R1 zur Erfassung des Istwertes des Primärspulenstromes vorgesehen. Eine Steuer- und Regelschaltung 1 übernimmt die Steuerung des Halbleiterschalters T über dessen Steuerelektrode, wozu ihr der Spannungsabfall an dem Widerstand R1 sowie die an dem Halbleiterschalter T auftretende Spannung U_T über den Schaltungsknoten A zugeführt wird. Der Steuer- und Regelschaltung 1 wird über dessen Anschluß U_{st} ein das Zündsignal enthaltendes Steuersignal zugeführt. Ein in der Figur 1 nicht dargestelltes Schaltnetzteil erzeugt eine Betriebsspannung U_B von 180 V, die an die Primärspule der Zündspule Tr angelegt wird. Das Schaltnetzteil seinerseits wird von einer Bordbatterie gespeist.

Die Zündendstufe Z wird im Current-Mode betrieben, d. h. der Halbleiterschalter T wird so lange eingeschaltet, bis ein bestimmter Strom durch die Primärspule erreicht ist. Zu diesem Zeitpunkt schaltet der Halbleiterschalter T ab, so daß die in der Primärspule gespeicherte Energie den Kondensator C aufladen kann. Dies führt zu einem annähernd sinusförmigen Verlauf der am Halbleiterschalter T anliegenden Spannung. Dabei wird die negative Halbwelle der Schwingung durch die Diode D auf kleine Spannungsamplituden begrenzt. Während dieser Phase des Stromflusses durch die Diode D soll der Halbleiterschalter T wieder eingeschaltet werden. Zu diesem Zeitpunkt sind auch die Einschaltverluste sehr gering, da die an dem Halbleiterschalter anliegende Spannung nahezu den Wert Null aufweist.

Der Istwert des durch die Primärwicklung fließenden Stromes wird üblicherweise über den Spannungsabfall an dem Widerstand R1 gemessen. Nach dem Erreichen des Sollwertes des Stromes wird der Halbleiterschalter T abgeschaltet, mit der Folge, daß die Spannung an dem Widerstand R1 sehr schnell abfällt. Um ein sofortiges Wiedereinschalten des Halbleiterschalters zu verhindern, sind verschiedene Maßnahmen bekannt.

Eine der bekannten Maßnahmen besteht darin, die an dem Halbleiterschalter T anstehende Spannung U_T auszuwerten. Nach Figur 1 erfolgt dies dadurch, daß der Verbindungspunkt A des Halbleiterschalters T mit der Primärwicklung der Zündspule Tr auf die Steuer- und Regelschaltung 1 geführt ist und dort ausgewertet wird. Diese Lösung hat jedoch den Nachteil, daß das Wiedereinschalten erst bei Werten der Spannung U_T verhindert werden kann, die größer als die Versorgungsspannung U_B ist. Daher muß zur Verhinderung von Schwingungen für die Zeitdauer bis die Spannung U_T den Wert der Versorgungsspannung U_B erreicht hat, eine zusätzliche Sperre, z. B. über ein Zeitglied, verwendet werden. Ebenso muß eine solche zusätzliche Sperre vorgesehen werden, wenn die Spannung U_T am Halbleiterschalter T wieder unter den Wert der Versorgungsspannung U_B fällt, um den o. g. Vorteil des Schaltens bei einem Spannungswert von nahezu Null zu erreichen. Der Nachteil eines solchen auf einfache Weise zu realisierenden Zeitgliedes ist jedoch, daß die Abschaltchwelle des Primärstromes beeinflußt wird. Wenn mehrere Primärstromkreise vorhanden sind, ist ferner nachteilig, daß dann die Erfassung der an den Halbleiterschaltern T erzeugten Spannungen U_T mindestens einmal je Primärstromkreis erfolgen muß, auch wenn die Auswertung der Primärströme nur einmal für die gesamte Zündanlage erfolgt.

Eine andere bekannte Lösung setzt eine monostabile Kippstufe (Mono-Flop) ein, um das Wiedereinschalten des Halbleiterschalters T für eine definierte Zeitdauer zu verhindern. Diese Lösung mit einer definierten Zeitverzögerung hat den Nachteil, daß die zu wählende Zeitverzögerung zum einen eine Funktion des gewählten Primärstromes ist und zum anderen auch davon abhängt, ob auf der Sekundärseite der Zündspule der Durchbruch der Funkenstrecke bereits erfolgt ist oder nicht. Letztlich gehen auch die Toleranzen aller zeitbestimmenden Bauelemente in die zu wählende Zeitverzögerung ein. Daher kann mit dieser Lösung nicht in allen Fällen ein sicherer Betrieb der Endstufe sichergestellt werden.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Wechselstrom-Zündanlage der eingangs genannten Art anzugeben, die eine einfache Schaltung zur Steuerung des Halbleiterschalters aufweist und mit der ein sicherer Betrieb der

Zündanlage sichergestellt ist.

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst, wonach der Stromfluß durch die Diode als Steuersignal für den Halbleiterschalter verwendet wird. Somit dient der beginnende Stromfluß durch die Energierückgewinnungsdiode als Triggersignal für das Wiedereinschalten des Halbleiterschalters. In vorteilhafter Weise liegen zu diesem Zeitpunkt nur kleine Spannungen am Halbleiterschalter an, wodurch das Einschalten ohne elektrische Verluste erfolgen kann. Der Strom wird dann im Nulldurchgang der von dem Kondensator und der Primärspule erzeugten Schwingungen vom Halbleiterschalter übernommen. Vorzugsweise wird der Stromfluß durch die Energierückgewinnungsdiode durch einen in Reihe zu dieser Diode geschalteten niederohmigen Widerstand detektiert.

Bei einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Wechselstrom-Zündanlage kann der Schwingkreiskondensator - wie es aus der o. g. DE-OS 39 28 726 bekannt ist - parallel zum Halbleiterschalter angeordnet werden.

Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform ergibt sich dann, wenn der Schwingkreiskondensator parallel zur Primärspule der Zündspule geschaltet wird. Die Spannungsbelastung des Kondensators wird dadurch um ca. 20 % vermindert, so daß dann ein kostengünstigeres Bauelement einsetzbar ist.

In der Regel weist eine Wechselstrom-Zündanlage mehrere Zündendstufen auf, wobei alle Zündendstufen jeweils eine Energierückgewinnungsdiode enthalten. Bei einer solchen Ausführungsform der Erfindung sind die Dioden unter Bildung einer Wired-Or-Schaltung verbunden, um deren Diodenströme auf einen einzigen Widerstand führen zu können, dessen Spannungsabfall dann als Triggersignal zum Wiedereinschalten der Halbleiterschalter dient. In vorteilhafter Weise wird dadurch die Auswertung des Diodenstromes nur einmal für die gesamte Anlage und nicht für jeden einzelnen Kanal durchgeführt.

Weiterhin ist bei einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der Erfindung eine Klemmschaltung zur Begrenzung der an dem Halbleiterschalter anliegenden Spannung vorgesehen, die aus einem Spannungsteiler und einem diesem nachgeschalteten Komparator aufgebaut ist. Dabei ist der Spannungsteiler direkt an den Halbleiterschalter mit der Primärspule verbindenden Schaltungsknoten angeschlossen; der Ausgang des Komparators dagegen steuert direkt die Steuerelektrode des Halbleiterschalters. Mit einer solchen Klemmschaltung können Überschreitungen der maximal zulässigen Spannungen an dem Halbleiterschalter, der Energierückgewinnungsdiode und des Schwingkreiskondensators sicher verhindert werden. Denn ohne

eine solche Klemmschaltung müßten zum Ausgleich von Toleranzen entsprechend hohe Sicherheitsabstände von den maximal zulässigen Werten eingehalten werden, mit einer negativen Kostenfolge bezüglich der verwendeten Bauelemente. Die Klemmschaltung bewirkt, daß die Spannung U_T am Halbleiterschalter auf einen Wert begrenzt wird, der nur wenig geringer als der maximal zulässige Wert ist. Dadurch können die verwendeten Bauelemente bis nahe an ihre Belastungsgrenze ausgenutzt werden.

Ferner bietet eine solche Klemmschaltung gegenüber der üblichen Verwendung von Zener-Dioden den Vorteil, daß bei einer Realisierung der Schaltung in integrierter Schaltungstechnik wenig Chipfläche verbraucht wird, da bei den hohen, bei der Wechselstrom-Zündung auftretenden Spannungen im kV-Bereich sehr viele Zener-Dioden erforderlich wären, so daß dies zu einem hohen Chipflächenverbrauch führen würde.

Bei Zündanlagen ist es bekannt, als Halbleiterschalter Bipolartransistoren, Leistungs-MOS-Feldeffekttransistoren oder IGBT-Transistoren (Isolated-Gate-Bipolar-Transistor) einzusetzen. Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung wird auch mit einem MOS-Controlled-Thyristor (MCT) als Halbleiterschalter erzielt. Mit solchen MCT-Thyristoren vereinigen sich die vorteilhaften Eigenschaften der Thyristoren, wie hohe Spannungsfestigkeit, geringe Durchlaßverluste und große spezifische Stromtragfähigkeit mit der Eigenschaft der Abschaltbarkeit der bisher verwendeten Leistungshalbleiter.

Im folgenden soll die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit den Figuren dargestellt und erläutert werden. Es zeigen:

Figur 2 ein Schaltbild einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Wechselstrom-Zündung,

Figur 3 ein Schaltbild einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Wechselstrom-Zündung mit einem MCT-Thyristor als Halbleiterschalter,

Figur 4 ein Schaltbild einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Wechselstrom-Zündung mit vier Zündendstufen,

Figur 5 ein Schaltbild einer erfindungsgemäßen Ausführungsform der Wechselstrom-Zündung mit einer Klemmschaltung und

Figur 6 ein detailliertes Schaltbild einer Klemmschaltung gemäß Figur 5.

Das Schaltbild einer Wechselstrom-Zündanlage nach Figur 2 zeigt gegenüber demjenigen nach Figur 1 einen in Reihe zur Energierückgewinnungsdiode D geschalteten Widerstand R2. Der Strom durch diese Diode D beginnt in der negativen Halb-

welle der von dem Kondensator C und der Primärspule der Zündspule Tr erzeugten Spannungsschwingung zu fließen. Der dann an diesem Widerstand R2 entstehende Spannungsabfall wird der Steuer- und Regelschaltung 1 zugeführt, so daß dieses Spannungssignal als Triggersignal zum Wiedereinschalten des Halbleiterschalters T dienen kann. Da zu diesem Zeitpunkt nur kleine Spannungen an dem Halbleiterschalter T anliegen, kann das Einschalten ohne elektrische Verluste erfolgen. Der Strom wird dann beim Nulldurchgang der Schwingung vom Halbleiterschalter T übernommen. Der Wert des Widerstandes R2 wird niederohmig bemessen, so daß die an ihm abfallende Spannung ausreicht, einen elektronischen Schalter, beispielsweise einen Bipolartransistor anzusteuern. Gegenüber der Schaltung nach Figur 1 kann somit die Leitung zwischen dem Halbleiterschalter T mit der Primärspule verbindenden Schaltungsknoten und der Steuer- und Regelschaltung 1 entfallen.

Das Ausführungsbeispiel nach Figur 3 unterscheidet sich von demjenigen nach Figur 2 einmal dadurch, daß der Schwingkreiskondensator C parallel zur Primärspule der Zündspule Tr geschaltet ist und ferner, daß als Halbleiterschalter T ein MOS-Controlled-Thyristor (MCT) verwendet wird. Ein solcher MCT-Thyristor vereinigt die vorteilhaften Eigenschaften der Thyristoren, wie hohe Spannungsfestigkeit, geringe Durchlaßverluste und große spezifische Stromtragfähigkeit mit der Eigenschaft der Abschaltbarkeit der bisher verwendeten Leistungshalbleiter, wie beispielsweise Bipolartransistoren, Leistungs-MOS-Feldeffekttransistoren oder IGBT-Transistoren.

Der Vorteil, der mit der Parallelschaltung des Schwingkreiskondensators C zur Primärspule erreicht wird, besteht darin, daß die Spannungsbelastung dieses Kondensators um ca. 20 % vermindert wird, so daß ein kostengünstigeres Bauteil einsetzbar ist.

Bei den Schaltungen nach den Figuren 2 und 3 wird nach wie vor der Spannungsabfall über dem Widerstand R1 der Steuer- und Regelschaltung 1 zugeführt, um den Istwert des Primärspulenstromes zu detektieren.

Die Schaltung nach Figur 4 zeigt eine Wechselstrom-Zündanlage mit vier Zündendstufen Z1 bis Z4. Jede dieser Zündendstufen enthält eine Zündspule Tr1 bis Tr4, jeweils einen parallel zur Primärspule geschalteten Schwingkreiskondensator C1 bis C4, einen jeweils in Reihe zur Primärspule geschalteten Halbleiterschalter T1 bis T4 und jeweils eine parallel zum Halbleiterschalter geschaltete Rückgewinnungsdiode D1 bis D4.

Diese Dioden D1 bis D4 sind jeweils mit ihrer Kathode an den Halbleiterschalter mit der Primärspule verbindenden Schaltungsknoten angeschlossen, wobei deren Anoden auf einen einzigen

Widerstand R2 geführt sind, der seinerseits auf Bezugspotential liegt. Durch diese mit den Dioden D1 bis D4 realisierte Wired-Or-Schaltung braucht die Auswertung des Diodenstromes nur einmal für die gesamte Wechselstrom-Zündanlage und nicht für jeden Kanal einzeln durchgeführt werden.

Eine entsprechende Wired-Or-Schaltung ist auch für die Source-Elektroden der Halbleiterschalter T1 bis T4 mittels eines einzigen Widerstandes R1 realisiert, dessen Spannungsabfall zur Bestimmung des Istwertes des Primärspulenstromes für alle Zündendstufen Z1 bis Z4 dient.

Die Schwingkreiskondensatoren C1 bis C4 können anstatt in Parallelschaltung zu den Primärspulen auch parallel zu den Halbleiterschaltern T1 bis T4 entsprechend den Bezugszeichen C1' bis C4' geschaltet werden.

Die Figur 5 zeigt eine Schaltungsanordnung für eine Wechselstrom-Zündanlage gemäß der Figur 2 mit einer parallel zum Halbleiterschalter T angeordneten Schwingkreiskapazität C', die gemäß Figur 3 auch parallel zur Primärspule angeordnet werden kann (siehe Bezugszeichen C). Gegenüber den Schaltungen nach den Figuren 2 und 3 enthält diese Figur 5 eine Klemmschaltung 2 zur Spannungsbegrenzung an dem Halbleiterschalter T. Diese Klemmschaltung 2 verhindert ein Überschreiten der maximal zulässigen Spannung an dem Halbleiterschalter T der Diode D und des Schwingkreiskondensators C bzw. C'. Ohne eine solche Klemmschaltung müßten zum Ausgleich von Toleranzen entsprechend hohe Sicherheitsabstände von den maximal zulässigen Werten eingehalten werden.

Dabei wären maßgebliche Toleranzen, wie die Kapazitätstoleranzen des Schwingkreiskondensators C bzw. C', die Induktivitätstoleranzen der Zündspule Tr, die Toleranzen in der Stromregelung und die Toleranzen der Lastbedingungen auf der Sekundärseite der Zündspule Tr zu beachten. Die Berücksichtigung all dieser Toleranzen würde zu sehr hohen Sicherheitsabständen und damit zu entsprechend hohen Kosten führen. Die Klemmschaltung 2 bewirkt also, daß beispielsweise die an dem Halbleiterschalter T erzeugte Spannung U_T auf einen Wert begrenzt wird, der nur wenig geringer als der maximal zulässige Wert ist. Somit können die teuren Bauelemente, also der Halbleiterschalter T, der Schwingkreiskondensator C bzw. C' sowie die Energierückgewinnungsdiode D nahe bis an ihre Belastungsgrenzen ausgenutzt werden.

Die in der Figur 5 dargestellte Klemmschaltung 2 ist mit einem Spannungsteiler R4/R5 und einem diesem nachgeschalteten Komparator K aufgebaut. Der Spannungsteiler R4/R5 ist an den Verbindungspunkt A, der den Halbleiterschalter T mit der Primärspule verbindet, angeschlossen, wogegen der Ausgang des Komparators K einerseits direkt auf die Steuerelektrode des Halbleiterschalters T

und andererseits über einen Widerstand R6 mit dem Ausgang der Steuer- und Regelschaltung 1 verbunden ist. Eine genaue und temperaturstabile Referenzspannungsquelle U_{ref} dient als Vergleichsnormale für die Begrenzung der an dem Halbleiterschalter T erzeugten Spannung U_T , indem sie dem nicht-invertierenden Eingang des Komparators K zugeführt wird. An dem invertierenden Eingang des Komparators K liegt der Abgriff des Spannungsteilers R4/R5 an. Die an dem Halbleiterschalter T erzeugte Spannung U_T wird durch diesen Spannungsteiler R4/R5 heruntergeteilt und durch die Komparatorschaltung K mit der Referenzspannung U_{ref} verglichen. Der Ausgang des Komparators K steuert den Halbleiterschalter T an, wodurch eine hohe Genauigkeit und Langzeitkonstanz der Begrenzungsspannung erreicht wird.

Eine schaltungstechnische Ausführung der Klemmschaltung nach Figur 5 zeigt die Figur 6, wo der Komparator K mit einem npn-Transistor T5 und einem pnp-Transistor T6 aufgebaut ist. Die Basis-Elektrode des Transistors T5 ist mit dem Spannungsteiler R4/R5 verbunden, während dessen Emitter-Elektrode über einen Widerstand R7 an der Referenzspannungsquelle U_{ref} anliegt und dessen Kollektor-Elektrode auf die Basis-Elektrode des Transistors T6 geführt ist. Ferner ist die Basis-Elektrode des Transistors T6 einerseits über einen Widerstand R8 mit dem Bezugspotential und andererseits über einen Widerstand R9 mit der Emitter-Elektrode des Transistors T6 verbunden. Ferner ist die genannte Emitter-Elektrode des Transistors T6 an die Batteriespannung U_{Bat} angeschlossen. Die Kollektor-Elektrode des Transistors T6 bildet den Ausgang des Komparators. Wenn die Basis-Spannung des Transistors T5 auf einen Wert ansteigt, der größer ist als die Summe von dessen Basis-Emitter-Spannung und der Referenzspannung U_{ref} , wird dieser Transistor T5 leitend. Somit kann der Kollektorstrom des Transistors T5 den Transistor T6 ansteuern, der diesen Strom verstärkt und damit den Halbleiterschalter T ansteuert. Die Widerstandsbeschaltung mit den Widerständen R7 bis R9 ist so ausgelegt, daß ein schnelles Ansprechen ohne Über- und Unterschwingungen erreicht wird.

Wird diese Klemmschaltung 2 nach Figur 6 als integrierte Schaltung ausgeführt, bietet sie gegenüber der üblichen Verwendung von Zener-Dioden den Vorteil eines geringen Chipflächenverbrauchs. Denn bei der Verwendung von Zener-Dioden wären aufgrund der bei der Wechselstrom-Zündung auftretenden hohen Spannungen im kV-Bereich sehr viele Zener-Dioden erforderlich. Eine entsprechende Realisierung in integrierter Schaltungstechnik mit diesen Zener-Dioden würde einen hohen Chipflächenbedarf erfordern.

Auch bei den Wechselstrom-Zündanlagen gemäß den Figuren 4 und 5 kann für den Halbleiter-

schalter T ebenfalls ein MCT-Thyristor vorgesehen werden.

Ferner kann bei einer Zündanlage nach Figur A für alle Zündstufen Z1 bis Z4 jeweils eine Klemmschaltung 2 gemäß Figur 5 oder Figur 6 vorgesehen werden.

Patentansprüche

1. Wechselstrom-Zündanlage mit wenigstens einer Zündstufe (Z, Z1 ... Z4), bestehend aus einer Zündspule (Tr, Tr1 ... Tr4) mit Primär- und Sekundärwicklung, einem in Reihe zur Primärwicklung geschalteten Halbleiterschalter (T, T1 ... T4), einem Schwingkreiskondensator (C, C1 ... C4), der zur Erzeugung eines bipolaren Wechselstromes mit der Primärspule einen Schwingkreis bildet und einer parallel zum Halbleiterschalter (T, T1 ... T4) angeordneten Energierückgewinnungsdiode (D, D1 ... D4), dadurch gekennzeichnet, daß der Stromfluß durch die Energierückgewinnungsdiode (D, D1 ... D4) als Steuersignal für den Halbleiterschalter (T, T1 ... T4) verwendet wird.
2. Wechselstrom-Zündanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Stromfluß mit einem in Reihe zur Energierückgewinnungsdiode (D, D1 ... D4) geschalteten Widerstand (R2) erfaßt wird.
3. Wechselstrom-Zündanlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwingkreiskondensator (C, C1 ... C4) parallel zum Halbleiterschalter (T, T1 ... T4) geschaltet ist.
4. Wechselstrom-Zündanlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwingkreiskondensator (C, C1 ... C4) parallel zur Primärspule der Zündspule (T, T1 ... T4) geschaltet ist.
5. Wechselstrom-Zündanlage mit wenigstens zwei Zündstufen (Z1 ... Z4) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Dioden (D1 ... D4) verbunden sind und die Auswertung des durch die Dioden fließenden Stromes mittels eines einzigen, an den Verbindungspunkt der Dioden angeschlossenen Widerstands (R2) erfolgt.
6. Wechselstrom-Zündanlage nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Begrenzung der an dem Halbleiterschalter (T, T1 ... T4) erzeugten Spannung (U_T) eine Klemmschaltung (2) vorgesehen ist, daß diese Klemmschaltung (2) aus

einem Spannungsteiler (R4/R5) und einem diesem nachgeschalteten Komparator (K) aufgebaut ist und daß der Spannungsteiler (R4/R5) an dem den Halbleiterschalter (T, T1 ... T4) und die Primärspule verbindenden Schaltungszweig angeschlossen ist und der Ausgang des Komparators (K) auf die Steuerelektrode des Halbleiterschalters (T, T1 ... T4) geführt ist.

5

7. Wechselstrom-Zündanlage nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Halbleiterschalter (T, T1 ... T4) ein MOS-Controlled-Thyristor (MCT) eingesetzt wird.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

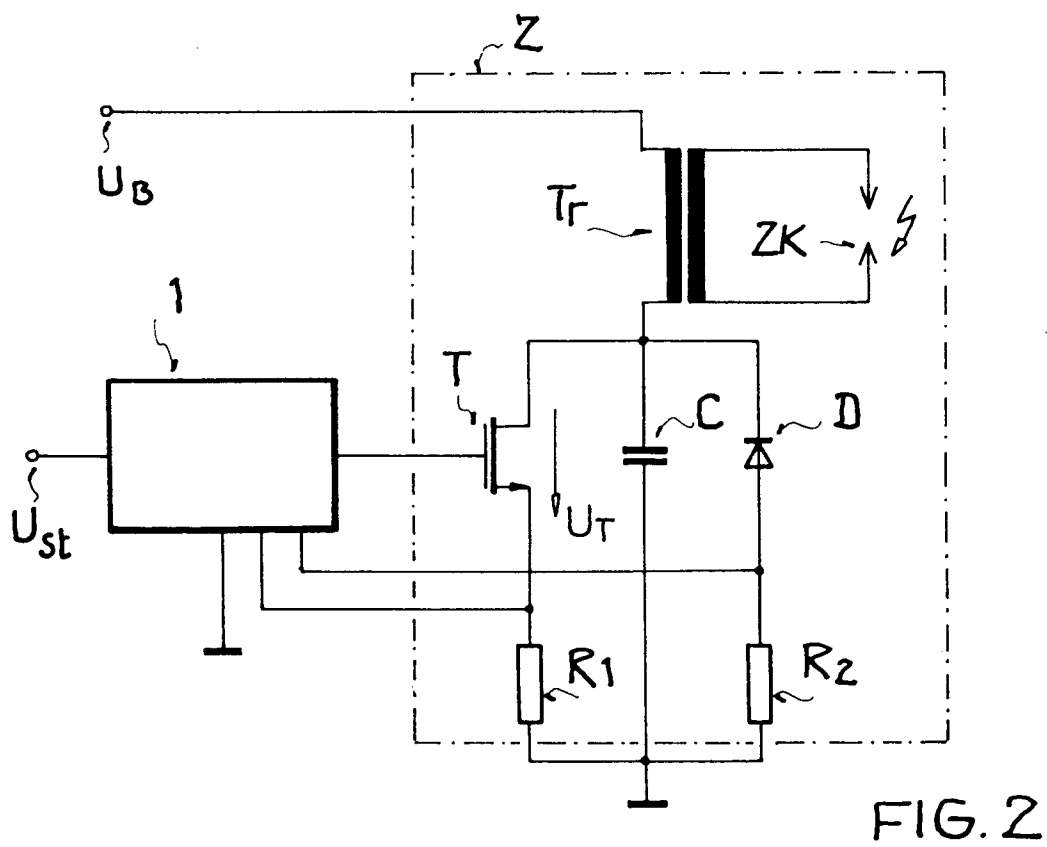
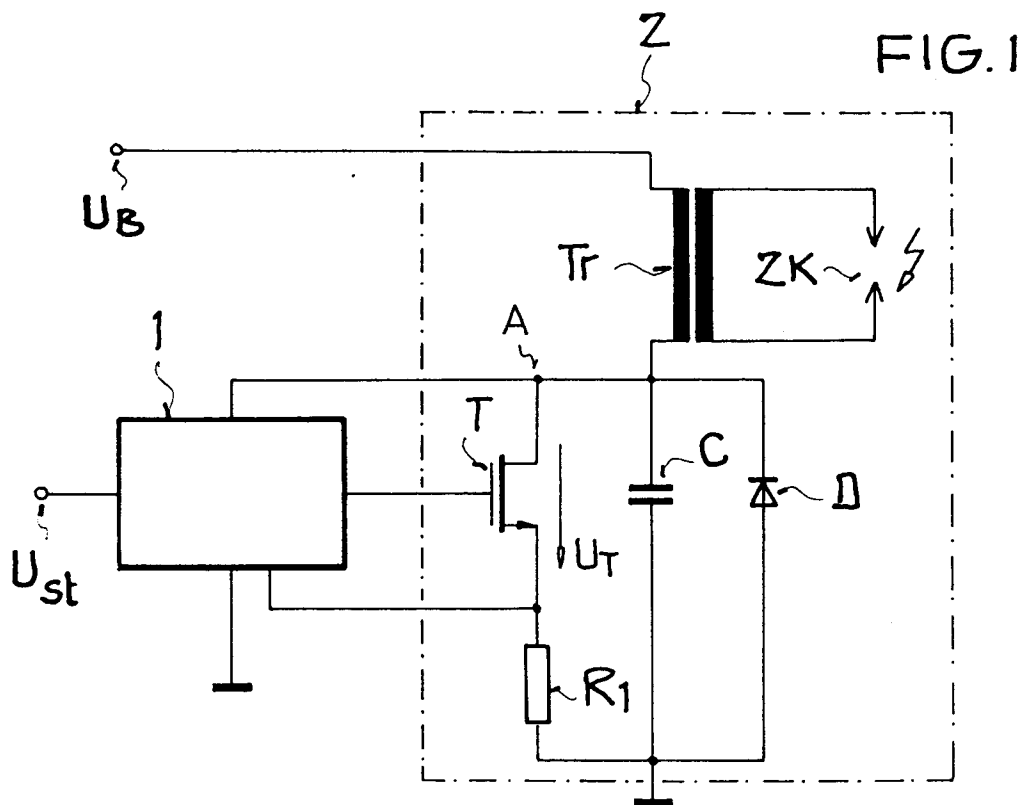


FIG.3

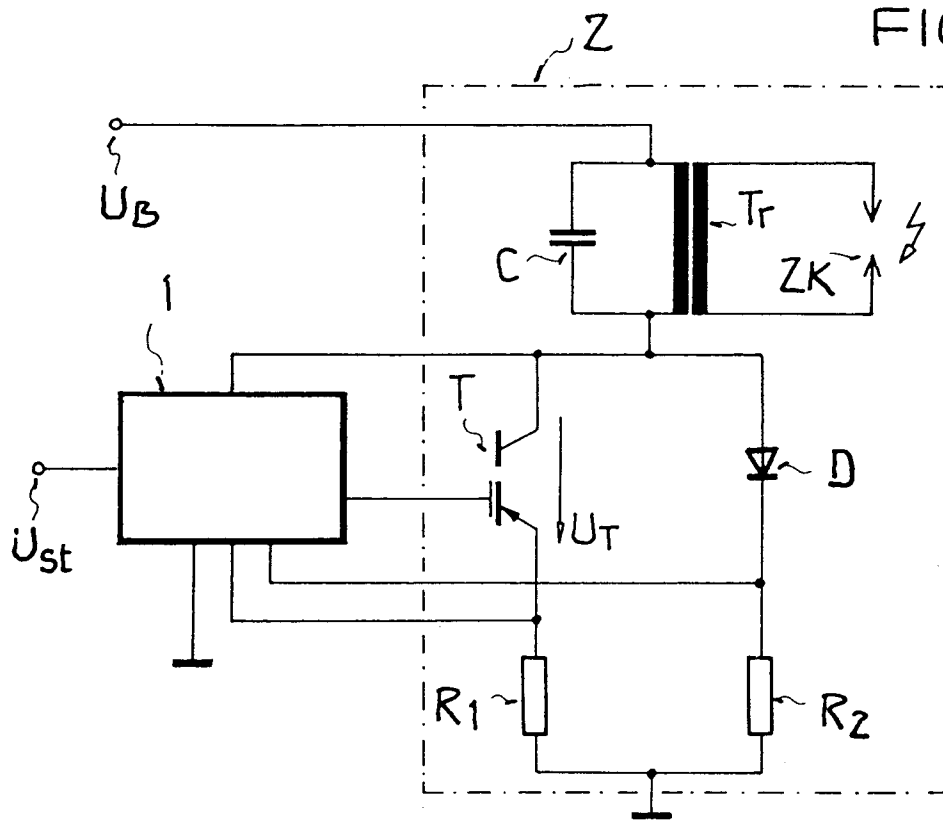


FIG.5

