



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) EP 0 790 409 A2

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
20.08.1997 Patentblatt 1997/34

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: F02P 17/12

(21) Anmeldenummer: 97101843.7

(22) Anmeldetag: 06.02.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
DE ES FR GB IT SE

(30) Priorität: 16.02.1996 DE 19605803

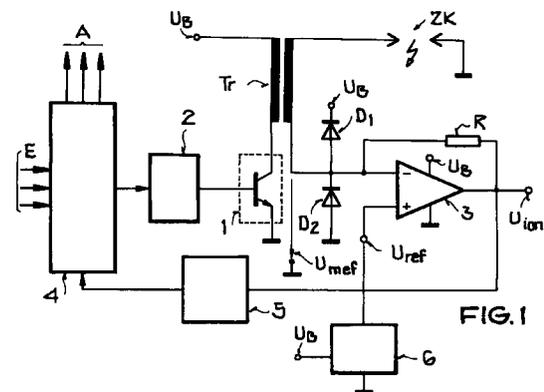
(71) Anmelder: Deutsche Automobilgesellschaft mbH  
38114 Braunschweig (DE)

(72) Erfinder:  
• Bahr, Ulrich, Dr.  
38118 Braunschweig (DE)  
• Daetz, Michael  
38473 Tiddische (DE)

(74) Vertreter: Kolb, Georg  
TEMIC Telefunken Microelectronic GmbH,  
Postfach 35 35  
74025 Heilbronn (DE)

(54) **Schaltungsanordnung zur Ionenstrommessung in Zündvorrichtungen für Brennkraftmaschinen**

(57) Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Ionenstrommessung im Verbrennungsraum einer Brennkraftmaschine mit einer aus Primär- und Sekundärkreis bestehenden Zündspule, die von einem Bordnetz gespeist wird, und einer im Sekundärkreis angeordneten Zündkerze, die gleichzeitig als Ionenstromsonde dient. Erfindungsgemäß sind Schaltungsmittel vorgesehen, mit denen eine Ionenmeßspannung an den Sekundärkreis der Zündspule angelegt wird, wobei diese Ionenmeßspannung einen Wert aufweist, der dem Wert des Bordnetzes entspricht oder unter diesem Wert liegt und ferner ein Gleichrichterelement in den Sekundärkreis geschaltet wird, das den während der Zündung der Zündkerze erzeugten Zündstrom auf das Bordnetz ableitet.



EP 0 790 409 A2

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Ionenstrommessung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Eine solche Schaltungsanordnung ist aus den Druckschriften DE-OS 30 06 665 und DE 19 50 24 02 A1 bekannt.

So wird bei der Schaltungsanordnung nach der DE-OS 30 06 665 zwischen der Hochspannungsquelle und der Zündkerze ein Element (Zenerdiode oder Varistor) geschaltet, an dem eine konstante Spannung abfällt und dem ein Kondensator zugeordnet ist, an dem sich die an dem Element abfallende Spannung aufbaut, so daß diese Spannung als Meßspannungsquelle verwendbar ist. Der Kondensator kann dabei parallel zur Zenerdiode bzw. dem Varistor über weitere in Laderichtung geschaltete Dioden verbunden werden.

Diese bekannte Erzeugung der Meßspannung ist relativ einfach, erfordert jedoch einen großen Speicherkondensator. Die Meßspannung ist besonders bei längeren Meßphasen, wie sie bei niedrigen Drehzahlen vorkommen, nicht konstant, da der Speicherkondensator durch den Meßstrom entladen wird. Dem Meßstrom ist daher ein Strom überlagert, der durch die Entladung von Streukapazitäten in Zündkerze, Zündspule und Zuleitungen hervorgerufen wird. Weiterhin ist dem Meßstrom ein Leckstrom durch die zur Spannungsbegrenzung verwendete Zenerdiode überlagert. Ein weiterer Nachteil dieser bekannten Schaltungsanordnung besteht darin, daß der Strommeßwiderstand in Reihe zum Speicherkondensator geschaltet ist. Dieses bewirkt eine Nichtlinearität, da die an der Ionenmeßstrecke anliegende Spannung eine Funktion des Meßwertes ist.

Bei der Schaltungsanordnung gemäß der DE 19 50 24 02 A1 wird eine Spannung positiver Polarität an die Zündkerze angelegt, um einen Ionenstrom mit negativer Polarität abzutasten, der durch die Verbrennung hervorgerufen wird. Zur Erzeugung dieser Spannung wird ein Kondensator mit der Niedrigpotentialseite der Sekundärwicklung der Zündspule verbunden, der mittels dem über eine Diode zugeführten elektrischen Zündstrom geladen wird, um die Spannung mit positiver Polarität zu erhalten. Eine Zenerdiode sorgt für die Spannungsbegrenzung an dem Kondensator. Der Kondensatorstrom wird einer Strom/Spannungs-Wandlereinheit zugeführt, um den aus dem Kondensator fließenden Ionenstrom in eine Spannung umzuwandeln. Dabei tritt der o. g. Nachteil einer Nichtlinearität nicht auf, da bei dem Strom/Spannungs-Wandler der negative Anschluß des Kondensators auf einem virtuellen Massepotential gehalten wird.

Den beiden bekannten Schaltungsanordnungen ist der Nachteil gemeinsam, daß zur Messung des Ionenstromes eine Spannung zwischen 70 V und 400 V erforderlich ist, die an die Ionenmeßstrecke, d. h. an die Zündkerze einer Brennkraftmaschine anzulegen ist.

Ferner ist es auch bekannt, daß die Verwendung

einer Meßspannung von ca. 400 V die Verrußungsgeschwindigkeit beim Kaltstart einer Brennkraftmaschine erhöht, wie dies beispielsweise in der EP 0 30 53 47 B1 beschrieben ist.

5 Weiterhin ist aus der DE-OS 33 27 766 eine Schaltungsanordnung zur Ionenstrommessung bekannt, bei der eine Meßspannung durch eine auf der Primärseite der Zündspule angelegten Wechselfspannung erzeugt wird. Dabei wird die auf der Primärseite angelegte Wechselfspannung über die Zündspule auf ein höheres Spannungsniveau transformiert, wobei Frequenzen im Bereich von 10 kHz bis 100 kHz verwendet werden. Das Ionenstromsignal bewirkt eine Amplitudenmodulation des sekundärseitig entstehenden Wechselstromes. 10  
15 Nachteilig bei dieser bekannten Schaltungsanordnung ist einerseits die Verwendung von Filtern, die das Ionenstromsignal, dessen Nutzfrequenzbereich zwischen 100 Hz und 20 kHz beträgt, vom Trägersignal trennen und andererseits die bei Wechselstromanregung durch die Unsymmetrie der Ionenstromkennlinie entstehenden nichtlinearen Verzerrungen. Diese Unsymmetrie ergibt sich aufgrund der höheren Beweglichkeit der negativen Ladungsträger gegenüber der positiven Ionen. Bei unsymmetrischen Elektroden, wie sie bei einer Zündkerze vorliegen, entsteht dann ein größerer Strom, wenn sich die unbeweglicheren positiven Ladungsträger auf die größere Elektrode hin bewegen.

Schließlich ist in der US 5,483,818 eine Schaltungsanordnung zur Detektion eines Ionenstromes beschrieben, bei der die Niedrigpotentialseite des Sekundärkreises der Zündspule über einen Widerstand auf den invertierenden Eingang eines Operationsverstärkers geführt ist, während dessem nichtinvertierenden Eingang eine Referenzspannung von ca. 40 V 30 zugeführt wird. Dieser Operationsverstärker ist mittels eines Widerstandes als invertierender Verstärker geschaltet, so daß die Referenzspannung zum Zwecke der Ionenstrommessung als Meßspannung an dem Sekundärkreis anliegt. Die am Ausgang dieses Operationsverstärkers als Ionenstrommeßsignal erzeugte Meßspannung wird zur Auswertung einer Schwellwert- 35 schaltung zugeführt.

Zur Ableitung des während der Zündung erzeugten Zündstromes sind zwei in Serie geschaltete Zenerdioden an den Sekundärkreis angeschlossen. Zur Kompensation des in diesen Zenerdioden auftretenden Leckstromes - der die Ionenstrommessung verfälscht - ist ein Regelkreis vorgesehen, der ebenfalls von dem Ausgang des Operationsverstärkers gesteuert wird. 40 Dieser Regelkreis ist aus einem weiteren Operationsverstärker mit entsprechender aus Widerständen und Kondensator bestehender Beschaltung aufgebaut.

Der Nachteil dieser bekannten Schaltungsanordnung liegt in deren aufwendigem Schaltungsaufbau und der damit verbundenen hohen Herstellungskosten.

55 Daher besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, eine Schaltungsanordnung der eingangs genannten Art anzugeben, die die o.g. Nachteile vermeidet, zu einer hohen Meßqualität des Ionenstromes

im Brennraum einer Brennkraftmaschine führt und mit geringem Aufwand realisierbar ist.

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst, wonach Schaltungsmittel vorgesehen sind, mit denen eine konstante Meßspannung an den Sekundärkreis der Zündspule angelegt wird, die einen Spannungswert aufweist, die gleich oder kleiner als der Wert der Spannung des Bordnetzes ist und ferner ein Gleichrichterelement vorgesehen ist, das den während der Zündung der Zündkerze erzeugten Zündstrom auf das Bordnetz ableitet.

Durch die erfindungsgemäße Verwendung einer Meßspannung, deren Wert der Bordnetzspannung des Fahrzeuges bzw. kleiner als dieselbe ist, werden die bei Verwendung einer Meßspannung in der Größenordnung von 40 V bis 400 V auftretenden Nachteile vermieden. Außerdem ist der hierfür erforderliche Schaltungsaufwand sehr gering, obwohl gleichzeitig mit dieser erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung über die gesamte Meßphase eine konstante Meßspannung geliefert wird.

Da die Größe des Ionenstromes direkt proportional zur angelegten Meßspannung ist und eine Sättigung, wie dies z. B. vom Flammenionisationsdetektor her bekannt ist, wegen der hohen Ionenkonzentration und den geringen freien Weglängen der Ionen nicht auftritt, führt eine konstante Meßspannung zu dem Vorteil, daß deren Genauigkeit direkt in das Ionenstromsignal eingeht.

Ferner führt die Verwendung einer niedrigen Meßspannung auch dazu, daß sich Nebenschlußwiderstände, wie sie beim Kaltstart durch Verrußung der Zündkerzen entstehen, nicht so stark auswirken, da der spezifische Leitwert von Ruß proportional mit der anliegenden Spannung ansteigt.

Gemäß einer weiteren, besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden die Meßstrecken der als Ionenstromsonden dienenden Zündkerzen einer Brennkraftmaschine parallelgeschaltet, so daß hierdurch der Schaltungsaufwand äußerst gering bleibt.

Als bevorzugtes Schaltungsmittel zum Anlegen der Meßspannung an den Sekundärkreis der Zündspule ist ein Differenzverstärker vorgesehen. Dabei wird gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung dessen einem Eingang eine Referenzspannung zugeführt, deren Wert der Meßspannung entspricht und der Differenzverstärker als invertierender Verstärker geschaltet, so daß am anderen Eingang die gewünschte Meßspannung anliegt. Damit wird der Ionenstrom mit einfachsten Schaltungsmitteln in eine als Meßsignal dienende Spannung umgewandelt, die anschließend einer Auswertung zugeführt wird.

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

Figur 1 ein erstes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung und

Figur 2 ein zweites Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung.

Die Figur 1 zeigt eine Transistorzündanlage, wobei der Einfachheit halber lediglich eine Zündendstufe mit einer Zündkerze Zk für eine Brennkraftmaschine dargestellt ist.

Die Zündendstufe umfaßt eine Zündspule Tr mit Primär- und Sekundärkreis, bestehend aus einer Primär- und Sekundärwicklung, wobei an die Sekundärwicklung die schon genannte Zündkerze Zk angeschlossen ist. Die Primärwicklung ist mit ihrem einen Anschluß an eine von einer Bordbatterie gelieferten Bordnetzspannung  $U_B$  von beispielsweise 12 V angeschlossen und mit ihrem anderen Anschluß mit einem Zündtransistor 1 verbunden. Dieser Zündtransistor 1 wird über dessen Steuerelektrode von einer Regelschaltung 2 angesteuert, indem über deren Verbindungsleitung Zündauslöseimpulse diesem Zündtransistor 1 zugeführt werden.

Die Sekundärwicklung ist mit ihrer Hochspannungsseite mit der Zündkerze Zk verbunden, während deren Niedrigpotentialseite auf den invertierenden Eingang eines Differenzverstärkers 3 geführt ist. An den nicht-invertierenden Eingang dieses Differenzverstärkers 3 wird eine konstante Referenzspannung  $U_{ref}$ , vorzugsweise 5 V angelegt, wobei diese konstante Referenzspannung von einer Konstantspannungsquelle 6 erzeugt wird. Diese konstante Referenzspannung  $U_{ref}$  wird über diesen Differenzverstärker 3 dem Sekundärkreis der Zündspule Zk zugeführt und gelangt über diese als Meßspannung  $U_{meß}$  an die als Ionenstrommeßstrecke arbeitende Zündkerze Zk.

Der Differenzverstärker 3 ist als invertierender Verstärker aufgebaut, indem dessen invertierender Eingang über einen Widerstand R mit dessen Ausgang verbunden ist.

Um während des Zündvorganges an der Zündkerze Zk einen niederohmigen Pfad für den Sekundärstrom zur Verfügung zu stellen, sind Dioden D1 und D2 vorhanden, die den Zündstrom auf Masse bzw. Bordnetzpotential ableiten. Hierzu ist die Diode D1 derart zwischen dem invertierenden Eingang des Differenzverstärkers 3 und dem Bordnetz  $U_B$  geschaltet, daß der Zündstrom auf das Bordnetz abfließen kann. Die zweite Diode D2 liegt dagegen mit ihrer Anode auf dem Massepotential und ist mit ihrer Kathode ebenfalls mit dem invertierenden Eingang des Differenzverstärkers 3 verbunden. Die Verwendung einer Diode zur Ableitung von positiven Spannungen auf das Bordnetzpotential hat gegenüber der Verwendung von Zenerdioden den Vorteil, daß die Leckströme von Dioden deutlich niedriger sind als diejenigen der Zenerdioden.

Ferner kann ein Widerstand (in der Figur 1 nicht dargestellt) in der Zuleitung zum invertierenden Eingang des Differenzverstärkers 3 vorgesehen werden, der den in den Differenzverstärker 3 fließenden Strom zusätzlich begrenzt.

Der invertierende Differenzverstärker 3 wandelt den Ionenstrom in eine Spannung  $U_{ion}$  um, die als Meß-

signal einer Auswerteeinheit 5 zugeführt wird. Die dem Sekundärkreis der Zündspule Tr zugeführte Meßspannung  $U_{\text{meß}}$ , hier vorzugsweise 5 V, ist während der gesamten Meßdauer konstant. Da der Ionenmeßstrom im  $\mu\text{A}$ -Bereich liegt, wird ein Differenzverstärker 3 mit einem niedrigen Eingangsstrom verwendet, der heutzutage kostengünstig verfügbar ist. Durch die niederohmige Bereitstellung dieser Meßspannung  $U_{\text{meß}}$  entfallen Umladungen von Streukapazitäten, wie sie in anderen bekannten Systemen bei Wechselstrombelastung, wie sie z. B. bei klopfender Verbrennung, auftreten können. Dieser Vorteil der Erfindung macht sich besonders dann bemerkbar, wenn mehrere Ionenstrommeßstrecken parallel betrieben werden, wie dies weiter unten anhand von Figur 2 erläutert wird, weil sich dabei die wirksame Streukapazität vervielfachen kann.

Die Figur 1 zeigt ferner ein Steuergerät 4, das die Funktion eines Motormanagements übernimmt und seinerseits die Regelschaltung 2 ansteuert. Hierzu werden dieser Steuereinheit 4 über einen Eingang E Motorparameter, wie Last, Drehzahl und Temperatur zugeführt. Entsprechende Aktuatoren werden über Ausgänge A gesteuert. Das von der Auswerteschaltung 5 erzeugte Ionenstromsignal wird gleichfalls dem Steuergerät 4 zugeführt.

Das Ionenstromsignal kann dazu verwendet werden, um das Klopfen der Brennkraftmaschine zu detektieren und über eine Steuerung des Zündzeitpunktes eine entsprechende Klopfregelung aufzubauen.

Eine weitere Anwendung besteht darin, das Ionenstromsignal zur Erkennung von Entflammungsaussetzern zu verwenden.

Bei 4-Takt-Motoren kann sich der Zylinder bei der Kurbelposition, bei der die Zündung erfolgen soll sowohl im Kompressions- als auch im Auspufftakt befinden. Nur wenn der Zündvorgang im Kompressionstakt durchgeführt wird, entsteht eine normale Verbrennung mit dem zugehörigen Ionenstromsignal. Bei Zündung im Auspufftakt ist das Ionenstromsignal nahezu Null. Hierdurch kann die Phasenbeziehung zwischen Kurbel- und Nockenwelle erkannt werden.

Figur 2 zeigt eine Transistorzündanlage einer 4-Zylinder-Brennkraftmaschine mit jeweils einem Zylinder zugeordneten Zündendstufen, wobei jede Zündendstufe aus einer Zündspule  $\text{Tr}_1 \dots \text{Tr}_4$ , jeweils einem Zündtransistor  $1a \dots 1d$  und zugehöriger Zündkerze  $\text{Zk}_1 \dots \text{Zk}_4$  aufgebaut ist.

Die Zündtransistoren  $1a \dots 1d$  werden über deren Steuerelektroden von einer Schaltung 2a zur Zylinderselektion angesteuert, die ihrerseits mit einer Regelschaltung 2 verbunden ist, die die entsprechenden Zündauslöseimpulse für die einzelnen Zylinder dieser Schaltung 2a zuführt.

Gleichfalls wie in dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 ist ein Steuergerät 4 vorgesehen, das die Regelschaltung 2 ansteuert.

Zur Messung des Ionenstromes ist jeweils die Niedrigpotentialseite des Sekundärkreises jeder Zündspule  $\text{Tr}_1 \dots \text{Tr}_4$  auf einen Schaltungsknoten S geführt, der mit

dem invertierenden Eingang eines Differenzverstärkers 3 verbunden ist. Dieser Differenzverstärker 3 ist ebenfalls als invertierender Verstärker mittels eines den invertierenden Eingang mit dem Ausgang verbindenden Widerstandes R aufgebaut. Dem nicht-invertierenden Eingang dieses Differenzverstärkers 3 wird eine konstante Referenzspannung  $U_{\text{ref}}$  zugeführt, die von einer Konstantspannungsquelle 6 erzeugt wird. Diese konstante Referenzspannung  $U_{\text{ref}}$  ist kleiner als die Bordnetzspannung und beträgt 5 V und führt zu der erwünschten Meßspannung  $U_{\text{meß}}$  am Schaltungsknoten S und somit auch an den parallelgeschalteten Ionenstromstrecken der Zündkerzen  $\text{Zk}_1 \dots \text{Zk}_4$ .

Ferner sind ebenso wie in dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 zwei Dioden D1 und D2 zur Ableitung des Zündstromes auf Masse bzw. Bordnetz vorgesehen.

Das am Ausgang des Differenzverstärkers 3 erhaltene Meßsignal  $U_{\text{ion}}$  wird einer Auswerteschaltung 5 zugeführt, die ihrerseits von einem Steuergerät 4 angesteuert wird, dessen Funktion demjenigen Steuergerät aus Figur 1 entspricht.

Schließlich kann auch in diesem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 2 ein zusätzlicher Widerstand (ebenfalls nicht dargestellt) in der Zuleitung zum invertierenden Eingang des Differenzverstärkers 3 vorgesehen werden, der den in den Differenzverstärker 3 fließenden Strom zusätzlich begrenzt.

Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zur Ionenstrommessung ist nicht nur bei Transistorzündanlagen, wie in den beiden Ausführungsbeispielen dargestellt, einsetzbar, sondern gleichfalls bei Wechselstromzündungen oder Hochspannungskondensatorzündungen.

## Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zur Ionenstrommessung im Verbrennungsraum einer Brennkraftmaschine, bestehend aus:

a) einer Zündspule ( $\text{Tr}$ ,  $\text{Tr}_1 \dots \text{Tr}_4$ ) mit Primär- und Sekundärkreis, die von einer Bordnetzspannung ( $U_{\text{B}}$ ) liefernden Bordnetz gespeist wird,

b) einer im Sekundärkreis angeordneten Zündkerze ( $\text{Zk}$ ,  $\text{Zk}_1 \dots \text{Zk}_4$ ), die gleichzeitig als Ionenstromsonde dient,

gekennzeichnet durch folgendes Merkmal:

c) es sind Schaltungsmittel (3, R) vorgesehen, mit denen eine konstante Meßspannung ( $U_{\text{meß}}$ ) an die Niedrigpotentialseite des Sekundärkreises der Zündspule ( $\text{Tr}$ ,  $\text{Tr}_1 \dots \text{Tr}_4$ ) angelegt wird, die einen Spannungswert aufweist, der gleich oder kleiner als der Wert der Bordnetzspannung ( $U_{\text{B}}$ ) ist und

d) ferner ist ein Gleichrichterelement (D1) vorgesehen, das den während der Zündung der Zündkerze ( $Z_k, Z_{k_1} \dots Z_{k_4}$ ) erzeugten Zündstrom ( $I_{Zünd}$ ) auf das Bordnetz ableitet.

5

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Gleichrichterelement eine Halbleiterdiode (D1) vorgesehen ist.

3. Schaltungsanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei mehreren Zündspulen ( $Tr_1 \dots Tr_4$ ) mit jeweils einer Zündkerze ( $Z_{k_1} \dots Z_{k_4}$ ) als Ionenstromsonde die von den Ionenstromsonden gebildeten Meßstrecken parallelgeschaltet sind.

15

4. Schaltungsanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Schaltungsmittel (3, R) ein als invertierender Verstärker geschalteter Differenzverstärker vorgesehen ist.

20

5. Schaltungsanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der eine Eingang des Differenzverstärkers (3) mit der Niedrigpotentialseite des Sekundärkreises der Zündspule ( $Tr, Tr_1 \dots Tr_4$ ) verbunden ist und dem anderen Eingang eine Referenzspannung ( $U_{ref}$ ) zugeführt wird, deren Wert der Meßspannung ( $U_{meß}$ ) entspricht, und der Ausgang des Differenzverstärkers (3) über einen Widerstand (R) mit dem einen Eingang verbunden ist.

25

30

6. Schaltungsanordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Referenzspannung ( $U_{ref}$ ) von einer Konstantspannungsquelle (6) erzeugt wird.

35

7. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die am Eingang des Differenzverstärkers (3, R) anliegenden negativen Spannungsspitzen mit einer Diode (D2) auf Massepotential des Bordnetzes abgeleitet wird.

40

45

50

55

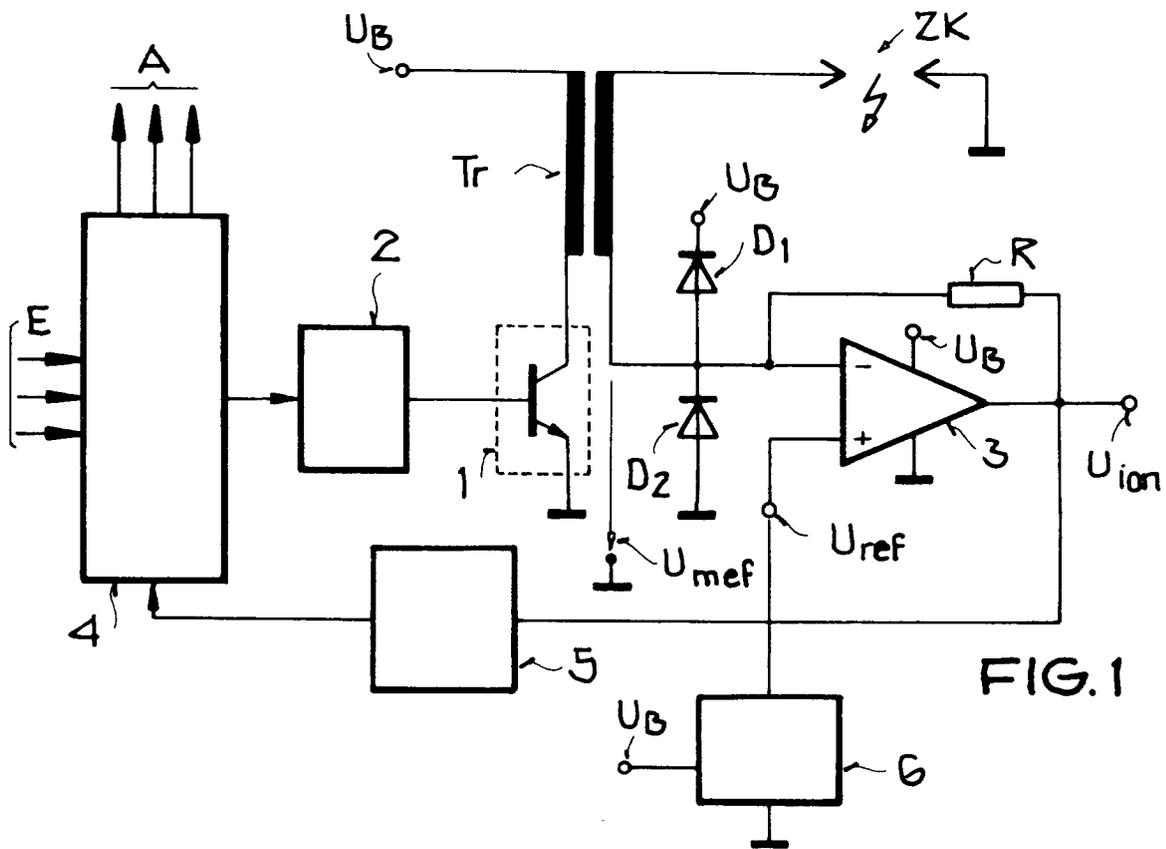


FIG. 1

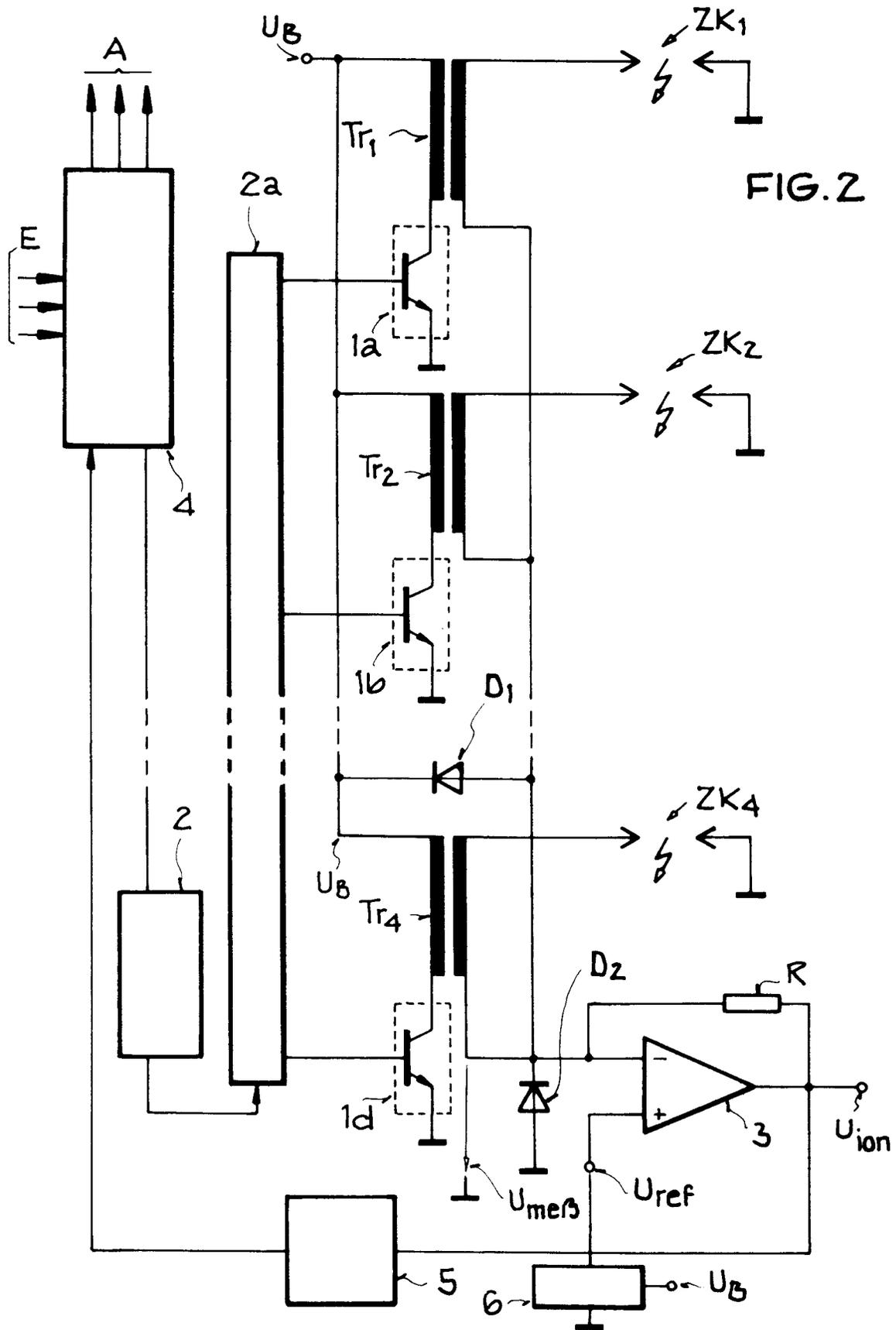


FIG. 2