



19



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 693 324 A5

⑤① Int. Cl.⁷: B 23 H 001/02

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-lichtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT A5

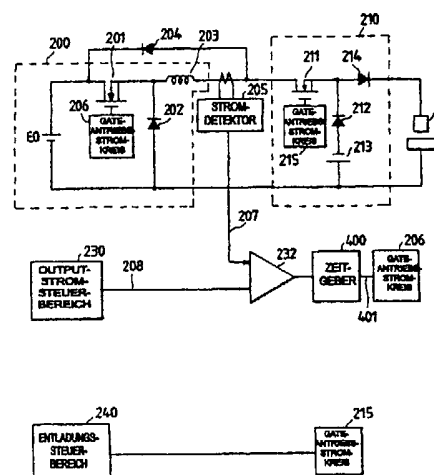
- | | | | | |
|----|----------------------------------|--|----|---|
| 21 | Gesuchsnummer: | 01071/99 | 73 | Inhaber:
Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha,
2-3, Marunouchi 2-chome,
Chiyoda-ku/Tokyo (JP) |
| 62 | Teilgesuch: | 03448930 | | |
| 22 | Anmeldungsdatum: | 18.11.1993 | 72 | Erfinder:
Taneda, Atsushi, Nagoya-shi/Aichi 461 (JP)
Ogawa, Hajime, Nagoya-shi/Aichi 461 (JP)
Uemoto, Kazuhiko, Nagoya-shi/Aichi 461 (JP)
Kinbara, Yoshihide, Nagoya-shi/Aichi 461 (JP) |
| 30 | Priorität: | 18.11.1992 JP A-4-308830
06.08.1993 JP A-5-196401 | | |
| 24 | Patent erteilt: | 13.06.2003 | | |
| 45 | Patentschrift
veröffentlicht: | 13.06.2003 | 74 | Vertreter:
Bovard AG Patentanwälte, Optingenstrasse 16,
3000 Bern 25 (CH) |

⑤4 Energieversorgungsgerät für eine Funkenerosionsmaschine.

(57) Die Stromversorgungsvorrichtung für eine Funkenerationsmaschine dient zum Zuführen einer impulsförmigen, elektrischen Leistung an einen Bearbeitungsspal zwischen einer Elektrode (1) und einem Werkstück (2) und setzt den Ausgangsstrompegel und die Ausgangsstromwelligkeit des Konstantstromquellenbereichs fest, definiert das Additionsresultat des gesetzten Ausgangsstrompegels und der Ausgangsstromwelligkeit als die Ausgangsstromführungsgrösse des Konstantstromquellenbereichs, vergleicht die Ausgangsstromführungsgrösse mit dem Ausgangsstrom des Konstantstromquellenbereichs und gibt das Signal ab, welches eine erste Schaltvorrichtung (201) des Konstantstromquellenbereichs entsprechend dem Resultat dieses Vergleichs abschaltet, und weiter gibt ein Zeitgebermittel (400) das Signal aus, welches die erste Schaltvorrichtung (201) des Konstantstromquellenbereichs einschaltet, wenn die vorbestimmte Zeitdauer verstreicht, nachdem das Vergleichsmittel (232) das Signal ausgegeben hat, welches die erste Schaltvorrichtung des Konstantstromquellenbereichs abschaltet.

Diese Energieversorgungsvorrichtung kann kostengünstig und mit reduzierten Abmessungen hergestellt werden. Es gelangt ein Leistungsschaltssystem mit mehreren Schalteinrichtungen zum Einsatz, um eine beliebige Wellenform zu erzeugen. Eine Stromkomponente, welche die

beim Schalten im Zeitpunkt der Stromimpulslieferung erzeugte Stromwelligkeit kompensiert, wird dem Stromimpuls überlagert und dem Bearbeitungsspalt zugeführt.



Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Energieversorgungsgerät zur Stromversorgung einer Funkenerosionsmaschine für die Anlegung einer impulsförmigen elektrischen Leistung an einem Bearbeitungsspalt zwischen einer Elektrode und einem Werkstück.

Eine Funkenerosionsmaschine führt einem Bearbeitungsspalt einen konstanten Entladungsstoss (Stromimpuls) zu, um ein Werkstück zu schmelzen und das geschmolzene Material von dort zu entfernen und das Werkstück durch die Energieentladung zu bearbeiten. Im Allgemeinen werden die folgenden vier herkömmlichen Stromversorgungsschaltungsanordnungen verwendet, um die Impulse mit konstantem Strom zuzuführen.

Eine bekannte Schaltungsanordnung für eine erste Stromversorgungsvorrichtung ist in Fig. 24 gezeigt. Diese Anordnung ist beispielsweise in der veröffentlichten japanischen Patentpublikation Nr. SHO62-27 928 als «Impulsgenerator zur Verwendung mit Funkenerosionsbearbeitungswerkzeug» offenbart.

In Fig. 24 bezeichnet das Bezugszeichen 1 eine Elektrode, 2 ein Werkstück, 3 eine Steuerschaltung für eine Schaltvorrichtung, 4 eine Schaltvorrichtung, 5 eine Stromversorgung zur Zuführung eines Bearbeitungsstromes, 6 eine Diode zum Verursachen, dass ein restlicher Strom fliesst, 7 einen Stromerfassungswiderstand, 8a und 8b eine Streuinduktivität der Verdrahtung, 9 einen Komparator, 10 einen Umhüllungssignalgenerator und 18 eine Servovorrichtung zur Durchführung der Servosteuerung der Elektrode 1.

Die Funktion dieser Schaltung wird nun beschrieben. Bevor eine Funkenerosion stattfindet, wird die Schaltvorrichtung 4 leitend und eine Bearbeitungsspannung wird an den Bearbeitungsspalt zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 durch die Stromversorgung 5 angelegt. Nach dem Start der Entladung wird ein Impulsbefehl 16, entsprechend einer Bearbeitungsstromwellenform, die dem Bearbeitungsspalt zugeführt wird, von einer Steuervorrichtung (in Fig. 24 nicht gezeigt) zum Umhüllungssignalgenerator 10 abgegeben. Der Impulsbefehl 16 wird durch den Umhüllungssignalgenerator 10 als Umhüllungssignale 13 und 14 abgegeben. Fig 55 zeigt die Formen der Umhüllungssignale 13 und 14. Im Komparator 9 wird der im Bearbeitungsspalt fließende Strom durch den Stromerfassungswiderstand 7 erfasst, um einen vorliegenden Bearbeitungsstromwert 15 zu erhalten, wobei die Umhüllungssignale 13 und 14 mit dem vorliegenden Bearbeitungsstromwert 15 verglichen werden und ein Steuersignal 12 zur Steuerschaltung 3 abgegeben wird. Die Steuerschaltung 3 schaltet das Schaltelement 4 an/ab unter der Steuerung des Steuersignales 12, um den Bearbeitungsstrom innerhalb eines vorbestimmten Wertes zu steuern. Wenn der vorliegende Bearbeitungsstromwert 15 das Umhüllungssignal 13 überschreitet, wird die Schaltungsvorrichtung 4 abgeschaltet. Umgekehrt, wenn der vorliegende Bearbeitungsstromwert 15 unterhalb des Umhüllungssignales 14 fällt, wird die Schaltvorrich-

tung 4 angestellt. Der Bearbeitungsstrom wird im obigen Verfahren gesteuert.

Bei diesem Verfahren wird die Anstiegsgeschwindigkeit der Bearbeitungsstromwellenform durch den Stromerfassungswiderstand 7 bestimmt und die Grösse der Induktivitäten 8a, 8b einer Bearbeitungssstromzuführung, d.h. der Widerstand und die Induktivitäten werden als Lasten verwendet, um die Schaltsteuerung durchzuführen.

Eine zweite herkömmliche Schaltungsanordnung für eine Stromversorgungsvorrichtung ist in Fig. 28 gezeigt, welche beispielsweise in der japanischen Gebrauchsmusterveröffentlichung SHO57-33 949 als «Impulserzeugungsschaltung gesteuert zur Bildung durch Intermittierende elektrische Entladungen» offenbart ist. Diese Stromversorgungsvorrichtung wurde für die Anstiegs- und Absinkgeschwindigkeiten des Bearbeitungsstromes verbessert im Vergleich zur ersten Stromversorgungsvorrichtung, um einen schnelleren Betrieb zu gewährleisten. In Fig. 28 bilden eine Hilfsstromversorgung 28, eine erste Schaltvorrichtung 4, ein Stromdetektor 24, ein Reaktor 22 sowie eine Diode 23 eine erste Hilfsschaltung. Eine Stromversorgung 5, die Hilfsstromversorgung 28, die erste Schaltvorrichtung 4, der Stromdetektor 24, der Reaktor 22, eine Elektrode 1, ein Werkstück 2 und eine zweite Schaltvorrichtung bilden eine Hauptschaltung.

Der Betrieb dieser Schaltung wird nun beschrieben. In der ersten Hilfsschaltung wird die Schaltvorrichtung 4 durch eine Steuerschaltung 27 getrieben, durch Steuerung des Erfassungssignals des Stromdetektors 24. Die Steuerschaltung 24 führt die Schaltsteuerung der Schaltvorrichtung 4 durch, damit der im Stromdetektor 24 fließende Strom konstant ist. In diesem Fall ermöglicht der in die Schaltung eingefügte Reaktor 22, dass der in der ersten Hilfsschaltung fließende Strom konstant gehalten werden kann.

Diese zweite Stromversorgungsvorrichtung ist mit einer zweiten Schaltungsvorrichtung 20 ausgerüstet, welche ausschliesslich verwendet wird, um den Entladungsimpuls an-/abzuschalten. Wenn der Entladungsimpuls abgeschaltet ist, fließt innerhalb eines vorbestimmten Bereiches ein Strom in der ersten Hilfsschaltung auf stationärer Basis und sobald die Entladung beginnt, wird der Bearbeitungsstrom von der ersten Hilfsschaltung zugeführt. Dies ermöglicht, dass der Strom extrem schnell ansteigt. Der Strom fließt während der Entladung in der Hauptschaltung, welche aus der Stromversorgung 5, der Hilfsstromversorgung 28, der ersten Schaltvorrichtung 4, dem Stromdetektor 24, dem Reaktor 22, der Elektrode 1, dem Werkstück 2 und der zweiten Schaltungsvorrichtung 20 besteht. Wenn die Entladung zu Ende ist, fließt der Strom, welcher im Reaktor 22 der Hauptschaltung geflossen ist, zur zweiten Diode 23 in der Hilfsschaltung, wobei der Strom des Bearbeitungsspaltess schnell unterbrochen wird.

Eine erste Diode 25 ist vorgesehen, um den Wirkungsgrad der Stromversorgung zu erhöhen, indem eine zweite Hilfsschaltung gebildet wird und bewirkt wird, dass der Strom, welcher im Reaktor 22 fließt, zur Stromversorgung 5 zurückfließt, wenn die erste Schaltvorrichtung 4 und die zweite Schaltvorrichtung

20 beide ausgeschaltet werden. Die zweite Hilfs-schaltung wird durch die erste Diode 25, den Strom-detektor 24, den Reaktor 22, die zweite Diode 23 und die Hauptstromversorgung 5 gebildet. Fig. 59 zeigt eine Bearbeitungsstromwellenform, welche durch die zweite Stromversorgungsvorrichtung erzeugt wird.

Es existiert eine dritte herkömmliche Schaltungs-anordnung für eine Stromversorgungsvorrichtung, die in Fig. 30 gezeigt ist und die beispielsweise in der offen gelegten japanischen Patentveröffentlichung Nr. HE12-34 732 als «Steuerverfahren für die Funkenerosionsmaschinenstromversorgung» offenbart ist. In Fig. 60 bezeichnen 30a bis 30e Treiber-vorrichtungen, welche bewirken, dass die Schaltvorrichtungen 32a bis 32e leiten und eine logische Schaltung 35 bilden. 33a bis 33e stellen Begrenzungswiderstände dar, welche einen Bearbeitungsstrom steuern und welche individuell verschiedene Werte aufweisen. Zwischen einer Elektrode 1 und einem Werkstück 2 ist ein Detektor 36 zur Erfassung des Entladungsbeginns angeordnet. Dieser Detektor 36 übermittelt ein Entladungserfassungssignal 37 zu der logischen Schaltung 35. Die logische Schaltung 35 wählt die Schaltvorrichtung 32a bis 32e, um unter der Steuerung des Ausgangssignals eines Oszillators 34 und des Entladungserfassungssignals 37 getrieben zu werden.

Der Betrieb dieser Schaltung wird nun beschrieben. In der Schaltung ist eine Stromversorgung 5 vorgesehen, zur Zuführung eines Stromes und eine parallele Verbindung von Schaltungen, die jede Serieverbindungen der Schaltvorrichtungen 32a bis 32e und die strombegrenzenden Widerstände 33a bis 33e umfasst, ist in Serie mit der Stromversorgung 5 geschaltet. Die Widerstandswerte der strombegrenzenden Widerstände 33a bis 33e, die verschieden voneinander sind, sind derart ausgelegt, dass sie eine Potenz von zwei sind, d.h. ein-, zwei-, viermal usw. Wenn eine rechteckige Quelle mit einem konstanten Stromwert und einer Dauer t_p , wie in Fig. 31 gezeigt, zugeführt wird, werden einige der Schaltvorrichtungen 32 durch ihre entsprechenden Treiberschaltungen 30 eingeschaltet und bewirken, dass ein Strom durch die entsprechenden strombegrenzenden Widerstände 33 fließt. Bei Beginn der Entladung wird ein Bearbeitungsstrom zum Bearbeitungsspalt durch ausgewählte Widerstände 33 zugeführt. Eine Differenzspannung zwischen der Ausgangsspannung der Hauptstromzuführung 5 und der Entladespannung, die am Bearbeitungsspalt zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 erzeugt wird, wird jedem strombegrenzenden Widerstand zugeführt und dabei wird der im strombegrenzenden Widerstand fließende Strom bestimmt. Da die Entladespannung im Allgemeinen einen konstanten Wert aufweist, wird der Bearbeitungsstrom ausschliesslich durch die Auswahl der strombegrenzenden Widerstände bestimmt.

Weiterhin kann, wie in Fig. 32 gezeigt, die Anstiegsgeschwindigkeit einer Stromwellenform gesteuert werden. Indem die Schaltvorrichtungen 32 kontinuierlich ein- und ausgeschaltet werden, nachdem der Entladestrom bis zu einem mit 48 in Fig. 62 bezeichneten Punkt angestiegen ist, kann

der Strom weiter erhöht werden, doch kann er nur mit weiter reduzierter Neigung erhöht werden. Eine solche absichtliche Steuerung der Entladestromwellenform wird oftmals durchgeführt, um eine feinere Steuerung des Bearbeitungsverfahrens zu erhalten.

Eine Schaltungsanordnung für eine vierte herkömmliche Stromversorgungsvorrichtung ist in Fig. 33 gezeigt, welche Vorrichtung beispielsweise in der US-Patentschrift Nr. 4 306 135 offenbart ist. In dieser Zeichnung bezeichnet das Bezugszeichen 49 einen festen strombegrenzenden Widerstand 50, einen Halbleiterverstärker, wie z.B. ein FET, 51 eine Schaltvorrichtung zum Ein- und Ausschalten des Halbleiterverstärkers 15, um einen Entladeimpuls an- und auszuschalten; 52 stellt ein digitales Signal dar, welches die Stromwellenform des Entladeimpulses spezifiziert, 53 einen Digital-Analog-Konverter, welcher das digitale Signal in ein analoges Signal umwandelt, 54 einen Verstärker zum Treiben des Verstärkers 50 und 55 einen Begrenzungswiderstand für den Verstärker 54.

Der Betrieb dieser Schaltung wird nun beschrieben. Für die Ein-Aus-Synchronisierung des Entladeimpulses wird vom Oszillator 21 ein Ausgangssignal erzeugt, um die Schaltvorrichtung 51 zu treiben. Der Strom, welcher zum Bearbeitungsspalt zwischen der Elektrode und dem Werkstück 2 zugeführt wird, nachdem die Entladung auftritt, wird durch die Widerstandswerte des festen Widerstandes 49 und des Halbleiterverstärkers 50 bestimmt. Wenn wie beispielsweise ein FET als Halbleiterverstärker 50 verwendet wird, kann er als variabler Widerstand betrieben werden.

Die Charakteristik des FET ist in Fig. 34 dargestellt. Wenn VGS beliebig bestimmt wird, wird ID konstant gehalten, wenn VDS leicht variiert. Der FET ist charakteristisch dafür, dass der Bearbeitungsstrom gesteuert wird, um konstant gehalten zu werden, unabhängig von einer kleinen Variation der Stromversorgungsspannung 5. Aus diesem Grund ist der Strom während der Entladung stabil und es ist unwahrscheinlich, dass eine so genannte Impulsunterbrechung, d.h. eine Entladung, die halb im Impuls aufhört, auftritt, wobei eine extrem stabile Bearbeitung erzeugt werden kann.

Das Ändern eines Signals zum Gate G des FET 50 innerhalb eines einzelnen Impulses ermöglicht eine beliebige Wellenform und stellt einem Sollwert G eine Konstant-Stromcharakteristik zur Verfügung, was speziell stabile Bearbeitung garantiert.

Die herkömmliche Stromversorgung für Funkenerosion, die wie oben beschrieben konstruiert ist, weist die folgenden Nachteile auf.

Da mit dem «Impulsgenerator, der mit dem Funkenerosionswerkzeug verwendet wird», offenbart in der offen gelegten japanischen Patentpublikation Nr. SHO62-27 928, versucht wird, den Bearbeitungsstromwert innerhalb des spezifizierten Bereichs in Schaltsteuerung wesentlich zu steuern, weist die Bearbeitungsstromwellenform 47 eine Welligkeit auf, wie in Fig. 25 gezeigt. Diese Welligkeit weist im Allgemeinen eine Breite von einigen Ampere auf. Beispiele von Bearbeitungsstromimpulsen, welche unter verschiedenen Bedingungen erzeugt werden, sind in den Fig. 26 und 27 darge-

stellt. Fig. 26 zeigt eine breite Bearbeitungsstromwert-Einstellung, d.h. eine Stromeinstellung für ein so genanntes Schruppen. In einer Stromwellenform 47b gemäss diesem Beispiel ist die Breite der Welligkeit (welche ungefähr dem Abstand zwischen den Sollwerten 13 und 14 entspricht) klein relativ zu einem Spitzenwert 13 des Bearbeitungsstrom-Sollwertes und bewirkt deshalb keine besonderen Fehler in der Bearbeitung. Wenn jedoch der Sollwert des Stromspitzenwertes reduziert wird, wie in Fig. 17 gezeigt, ist der untere Grenzwert 14 des Sollwertes nicht mehr signifikant und die ursprünglich rechteckig erwünschte Wellenform wird dreieckig, wie durch 17c angezeigt wird. Als Resultat davon kann der Impuls nicht für eine gewünschte Zeitperiode aufrechterhalten werden und wird diskontinuierlich. Diese Wellenform kann nicht das gewünschte Bearbeitungsergebnis erzeugen.

Auf Grund der Welligkeit in der Stromwellenform ist die Stromwellenform, die durch Schaltsteuerung gesteuert werden soll, ungeeignet zur Steuerung einer Mikrostromwellenform, wie bei der Endbearbeitung und kann die gewünschte Bearbeitung nicht erzielen.

Auch die «Impulserzeugungsschaltung, gesteuert zur Gestaltung durch diskontinuierliche elektrische Entladungen», offenbart in der japanischen offen gelegten Gebrauchsmusterpublikation Nr. SHO57-33 949, ist entwickelt, um die Nachteile der Technik, offenbart in der japanischen offen gelegten Patentpublikation SHO62-27 928, in gewissem Grade aufzuheben. Der Reaktor 22, der in die Schaltung gemäss Fig. 28 eingefügt ist, hält den Strom leichter konstant, wobei die Breite der Welligkeit der Stromwellenform beträchtlich kleiner sein kann als diejenige gemäss der Technik der Schaltung in Fig. 54. Im Allgemeinen ermöglicht die Einfügung eines Reaktors, dass der Strom leichter konstant gehalten werden kann, weist jedoch den Nachteil auf, dass steigende und fallende Geschwindigkeiten nicht vorgesehen werden können. In der Schaltung gemäss Fig. 28 wird die erste Hilfsschaltung jedoch verwendet, um den Spitzenstromwert im Voraus zu sichern, wobei nach dem Start des Entladeimpulses die zweite Schaltvorrichtung 20 verwendet wird, um zu bewirken, dass die Entladeschaltung leitet oder nicht leitet, wobei die Anstiegs- und Abfallgeschwindigkeiten verbessert werden. Die Hilfsstromversorgung 28 wird zu diesem Zweck verwendet.

Diese Hilfsstromversorgung 28 weist eine beträchtlich grössere Ausgangskapazität auf als die Stromversorgung 5, welche als Hauptstromversorgung dient, da sie eine kleinere Ausgangsspannung aufweisen kann, wobei jedoch ihr Ausgangsstrom im Wesentlichen gleich dem Bearbeitungsstrom sein muss. Ein anderer Nachteil dieser Technik ist die Schwierigkeit, die Schaltung zu niedrigen Kosten bereitzustellen.

Im Weiteren hat die Technik, welche in der offen gelegten japanischen Gebrauchsmusterpublikation Nr. SHO57-33 949 offenbart ist, einen Nachteil, dass es, verschieden von der Technik offenbart in der offen gelegten japanischen Patentpublikation Nr. SHO62-27 928, schwierig ist, eine beliebige Entladeimpulswellenform zusammen mit der Steuerung

der Anstiegs- und Abfallgeschwindigkeiten derselben zur Verfügung zu stellen und nur die Rechteckwelle, wie in Fig. 29 gezeigt, kann zur Verfügung gestellt werden. Ebenfalls ist die im «Steuerverfahren für die Funkenerosionsstromversorgung» in der japanischen offen gelegten Patentpublikation Nr. HEI2-34 732 offenbarte Technik gebaut, um die Nachteile in der Technik, gemäss der japanischen offen gelegten Patentpublikation Nr. SHO62-27 928 und der japanischen offen gelegten Gebrauchsmusterpublikation Nr. SHO57-33 949, zu vermeiden.

Die in der japanischen offen gelegten Patentpublikation Nr. HEI2-34 732 offenbarte Technik verwendet die Konstanzspannungsstromversorgung und den darin eingefügten Widerstand zur Steuerung des Bearbeitungsstromwertes, ohne dass der Funkenerosionsstrom durch Schaltsteuerung gesteuert wird.

Die vorgesehene Entladestromwellenform weist jedoch fast keine Stromwelligkeit auf, wie in Fig. 31 gezeigt, und das Ein-/Ausschalten der Widerstände 33a bis d in der Schaltung bei hoher Geschwindigkeit ermöglicht, dass die Anstiegsgeschwindigkeit 48 und die Stromwellenform beliebig eingestellt werden können, wie in Fig. 32 gezeigt.

Der Nachteil dieser Technik ist jedoch, dass der Strom nicht direkt gesteuert wird, sondern entsprechend dem Widerstandswert, welcher den Strom begrenzt, gesteuert wird, wobei der Entladungsstromwert entsprechend der Ausgangsspannung der Stromversorgung 5 variiert. In anderen Worten, wenn ein gegebener Stromwert eingestellt wurde, kann der gleiche Bearbeitungszustand nicht vorgesehen werden, wenn die Spannung der Stromversorgung variiert.

Im Weiteren ist es bekannt, dass der Entladungs-spalt zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 physikalisch als eine Konstantspannungslast von etwa 25 V wirkt. Aus diesem Grunde wird die Differenzspannung zwischen der Ausgangsspannung der Stromversorgung 5 und dem 25-V-Spannungsabfall des Entladespaltes meistens an die strombegrenzenden Widerstände 33 angelegt und als thermische Energie verbraucht. Als Stromversorgung der Funkenerosionsmaschine kann diese Technik eine Reduktion des Stromversorgungswirkungsgrades nicht vermeiden, im Vergleich zu den Techniken, die in der japanischen offen gelegten Patentpublikation Nr. SHO62-27 928 und der japanischen offen gelegten Gebrauchsmusterpublikation Nr. SHO57-33 949 offenbart sind. Dies hindert die Verkleinerung der Grösse der Stromversorgungsvorrichtung und macht es schwierig, die gleichen Funktionen bei niedrigen Kosten zu erfüllen. Wie oben beschrieben, weist die Vorrichtung in Information 3 den Nachteil auf, dass der Bearbeitungsstrom nicht leicht konstant gehalten wird, dass der Wirkungsgrad der Stromversorgung schlecht ist und dass dieser schlechte Wirkungsgrad der Stromversorgung eine grosse Ausdehnung und einen hohen Preis der Vorrichtung zur Folge hatte.

Im Weiteren wurden gemäss der Beschreibung der US-Patentschrift Nr. 4 306 135 einige Nachteile der Technik, die in der offen gelegten japanischen Patentpublikation Nr. HEI2-34 732 offenbart sind, gelöst.

Die in der Beschreibung der US-Patentschrift Nr. 4 306 135 offenbarte Technik verwendet einen Halbleiterverstärker an Stelle der Mehrzahl von strombegrenzenden Widerständen in der Technik, die in der offen gelegten japanischen Patentpublikation Nr. HEI2-34 732 offenbart ist. Da der FET als Halbleiterverstärker in dieser herkömmlichen Art verwendet wird, ergibt sich die Konstantstrom-Charakteristik, wie in Fig. 34 gezeigt. D.h. ein konstanter Strom kann aufrecht erhalten und relativ zur Variation in der Ausgangsspannung der Stromversorgung 5 gesteuert werden, wobei die Konstantstromsteuerung auch während der Dauer des Entladeimpulses durchgeführt werden und eine extrem stabile Bearbeitung erzielt werden kann. Im Sinne, dass der Eingangsimpuls-Strom konstant gemacht werden kann, kann eine stabilere Bearbeitung erzielt werden im Vergleich zu den Schaltstromversorgungen in den Techniken, die in der offen gelegten japanischen Patentpublikation Nr. SHO62-27 928 und der offen gelegten japanischen Gebrauchsmusterpublikation Nr. SHO57-33 949 offenbart sind. Da der Widerstandswert im Zeitpunkt, wo die Entladung beginnt, extrem klein ist im Vergleich zur offen gelegten japanischen Patentpublikation Nr. HEI2-34 732, kann der Entladestrom schneller angehoben werden.

Die Differenzspannung zwischen der Ausgangsspannung der Stromversorgung 5 und der Bearbeitungsspaltspannung wird jedoch vollständig an den Halbleiterverstärker 50 angelegt. Die durch den Halbleiterverstärker 50 verbrauchte thermische Energie ist gross. Im Vergleich zu gewöhnlichen elektrischen Teilen kann ein Halbleiter besonders leicht durch Hitze angegriffen werden, wobei die Wärme-Dissipation wichtig ist. Die Technik, die in der Beschreibung der US-Patentschrift Nr. 4 306 135 offenbart ist, erzeugt jedoch viel Hitze, da sie den Halbleiter nicht nur als Schaltvorrichtung, sondern auch als den variablen Widerstand in einem aktiven Bereich benützt, d.h., diese Technik erlaubt nicht, dass ein grosser Strom fliesst und es ist sehr schwierig, eine Schaltung zu entwickeln, mit welcher ein Funkenerosionsschruppen erzielt werden kann, welches einen Stromspitzenwert von einigen zehn Ampere oder höher erfordert.

Die Technik, die in der Beschreibung der US-Patentschrift Nr. 4 306 135 offenbart ist, weist den Nachteil auf, dass ein für das Schruppen adäquater grosser Strom nicht gesteuert werden kann.

Es ist entsprechend eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, diese Nachteile zu vermeiden, indem eine Stromversorgung für eine Funkenerosionsmaschine geschaffen wird, welche eine geringe Welligkeit in einem Bearbeitungsstromimpuls aufweist, welche die leichte Bildung eines Mikrostromes bei der Endbearbeitung ermöglicht und infolge des extrem hohen Wirkungsgrades der Stromversorgung eine Stromversorgungsvorrichtung mit kleinen Abmessungen und geringen Kosten ermöglicht.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist das Energieversorgungsgerät für Funkenerosionsmaschinen gemäss der Definition im Anspruch 1. In Ergänzung zur vorliegenden Erfindung wird ausdrücklich auf das Stammpatent CH 690 754 A5 Bezug genom-

men, insbesondere zum besseren Verständnis der Erfindung.

Das Energieversorgungsgerät entsprechend der Erfindung setzt den Ausgangsstrompegel und die Ausgangsstromwelligkeit des Konstantstromquellenbereichs fest, definiert das Additionsresultat des gesetzten Ausgangsstrompegels und der Ausgangsstromwelligkeit als die Ausgangsstromführungsgrösse des Konstantstromquellenbereichs, vergleicht die Ausgangsstromführungsgrösse mit dem Ausgangsstrom des Konstantstromquellenbereichs und gibt das Signal ab, welches ein erstes Schaltmittel des Konstantstromquellenbereichs entsprechend dem Resultat dieses Vergleichs abschaltet, und weiter gibt ein Zeitgebermittel das Signal aus, welches das erste Schaltmittel des Konstantstromquellenbereichs einschaltet, wenn die vorbestimmte Zeitdauer verstreicht, nachdem das Vergleichsmittel das Signal ausgegeben hat, welches das erste Schaltmittel des Konstantstromquellenbereichs abschaltet.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen.

Fig. 1 zeigt ein Verdrahtungsschema, welches ein erstes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung erläutert.

Fig. 2(a) bis (c) zeigen Wellenformdiagramme und eine Zeittafel, um den Betrieb des ersten Ausführungsbeispiels zu beschreiben.

Fig. 3 zeigt ein Hauptverdrahtungsschema, welches ein zweites Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung erläutert.

Fig. 4 zeigt ein Verdrahtungsschema, welches eine Steuerschaltung gemäss dem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung erläutert.

Fig. 5 zeigt ein Verdrahtungsschema, welches ein Beispiel einer Zeitgeberschaltung gemäss dem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung erläutert.

Fig. 6 zeigt ein Verdrahtungsschema, welches ein alternatives Beispiel der Zeitgeberschaltung gemäss dem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung erläutert.

Fig. 7 sind Zeittafeln, welche verwendet werden, um den Betrieb der Zeitgeberschaltung gemäss dem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zu beschreiben.

Fig. 8 zeigen Wellenformdiagramme und Zeittafeln, welche verwendet werden, um einen Hauptbetrieb gemäss dem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zu beschreiben.

Fig. 9 sind Wellenformdiagramme und Zeittafeln, welche verwendet werden, um den Betrieb zur Zeit eines Bearbeitungsspalt-Kurzschlusses gemäss dem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zu beschreiben.

Fig. 10 zeigt ein Verdrahtungsschema, welches ein alternatives Beispiel der Steuerschaltung gemäss dem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung erläutert.

Fig. 11 zeigt Wellenformdiagramme, welche verwendet werden, um einen effektiven Betrieb gemäss dem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zu beschreiben.

Fig. 12 zeigt Wellenformdiagramme, welche ver-

wendet werden, um einen effektiven Betrieb gemäss dem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zu beschreiben.

Fig. 13 zeigt ein Hauptverdrahtungsschema, welches ein drittes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung erläutert.

Fig. 14 zeigt ein Verdrahtungsschema, welches eine Steuerschaltung gemäss dem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung erläutert.

Fig. 15 sind Wellenformdiagramme und Zeittafeln, welche verwendet werden, um einen Hauptbetrieb gemäss dem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zu beschreiben.

Fig. 16 ist ein Hauptverdrahtungsschema, welches ein viertes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung erläutert.

Fig. 17 ist ein Verdrahtungsschema, welches eine Steuerschaltung gemäss dem vierten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung erläutert.

Fig. 18 zeigt Wellenformdiagramme und Zeittafeln, welche verwendet werden, um einen Hauptbetrieb gemäss dem vierten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zu erläutern.

Fig. 19 zeigt ein Hauptverdrahtungsschema zur Erläuterung eines fünften Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung.

Fig. 20 zeigt ein Verdrahtungsschema, welches seine Steuerschaltung gemäss dem fünften Ausführungsbeispiel der Erfindung erläutert.

Fig. 21 zeigt Wellenformdiagramme und Zeittafeln, welche verwendet werden, um den Hauptbetrieb gemäss dem fünften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zu beschreiben.

Fig. 22 zeigt ein Hauptverdrahtungsschema zur Erläuterung eines sechsten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung.

Fig. 23 zeigt ein Hauptverdrahtungsschema zur Erläuterung eines siebenten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung.

Fig. 24 zeigt ein Verdrahtungsschema zur Erläuterung eines ersten Beispiels gemäss dem Stand der Technik.

Fig. 25 zeigt ein Stromwellenformdiagramm, welches durch die Schaltung gemäss Fig. 54 erzeugt wird.

Fig. 26 zeigt ein Stromwellenformdiagramm, welches verwendet wird, um die Nachteile des ersten Beispiels des Standes der Technik zu beschreiben.

Fig. 27 zeigt ein Stromwellenformdiagramm, welches verwendet wird, um die Nachteile des ersten Beispiels des Standes der Technik zu beschreiben.

Fig. 28 zeigt ein Verdrahtungsschema, welches ein zweites Beispiel des Standes der Technik erläutert.

Fig. 29 zeigt ein Stromwellenformdiagramm, welches durch die Schaltung gemäss Fig. 58 erzeugt wird.

Fig. 30 zeigt ein Verdrahtungsschema, welches ein drittes Beispiel des Standes der Technik erläutert.

Fig. 31 zeigt ein Stromwellenformdiagramm, welches durch die Schaltung gemäss Fig. 60 erzeugt wird.

Fig. 32 zeigt ein Stromwellenformdiagramm, wel-

ches durch die Schaltung gemäss Fig. 60 erzeugt wird.

Fig. 33 zeigt ein Verdrahtungsschema, welches ein viertes Beispiel des Standes der Technik erläutert.

Fig. 34 zeigt ein Stromdiagramm eines Halbleiterverstärkers, der in der Schaltung gemäss Fig. 63 verwendet wird.

Es wird nun eine erste Ausführungsform gemäss Fig. 1 und 2(a)–(c) beschrieben. In Fig. 1 gibt 400 einen Zeitgeber an, welcher ein Signal 401 erzeugt. Hier ist eine konstante Stromliefersektion 200 aufgebaut durch eine erste Schalteinrichtung 201, eine erste Diode 204 und eine Drosselspule 203 ist verbunden mit einer Stromlieferereinheit E_0 zur Lieferung einer Gleichstromspannung, welche einen Strom ausgibt an einen Ausgangsstromein-/ausschaltbereich 210.

Der Konstantstromlieferbereich 200 umfasst einen Zerhacker für einen Stromabfall, bestehend aus der ersten Stromschalteinrichtung 201, der ersten Diode 204 und der Drosselspule 203, und eine zweite Diode 202 ist zwischen deren Ausgang und Eingang geschaltet. Sie ist auch mit einem Stromüberwacher 205 versehen, welcher den Strom der Drosselspule 203 überwacht. Der Ausgangsstrom Ein-/Ausschaltbereich 210 umfasst einen Seriostromkreis einer zweiten Schalteinrichtung 211, einer dritten Diode 212 und eine Spannungsquelle 213 sowie eine vierte Diode 214. Der Ausgang des Ausgangsstromein-/ausschaltbereiches 210 liefert Bearbeitungsenergie zu der Elektrode 1 und dem Werkstück 2, die im Dielektrikum vorgesehen sind, zur Ausführung der Funkenerosionsbearbeitung.

Dieses Gerät besitzt auch einen Komparator 232, welcher ein Signal 208 eines Ausgangsstromsteuerbereiches mit dem Signal des Stromüberwachers 205 zu vergleichen, welcher den Strom der Drosselspule 203 im konstanten Stromlieferbereich 200 überwacht. Ferner hat dieses Gerät einen Ansteuerstromkreis 206, welcher die erste Schalteinrichtung 201 steuert, um den Ausgangsstrom des Konstantstromlieferbereiches 200 auf einem vorbestimmten Stromwert zu halten und der auch einen Ansteuerstromkreis 215 hat, welcher die zweite Schalteinrichtung 211 ein- und ausschaltet, um das Signal eines Entladungssteuerbereiches 240 ein- und auszuschalten, wodurch der Ausgangsstromein-/ausschaltbereich 210 gesteuert wird.

Der Betrieb der vorliegenden Ausführungsform wird nun gemäss den Zeitdiagrammen in Fig. 2(a)–(c) beschrieben. In Fig. 2(a) gibt 208 das Signal des Stromausgleichsabschnittes 320 an, was einen Output darstellt, der mit dem Entladungsstart synchronisiert ist. 401 in Fig. 2(b) bezeichnet den Output des Zeitgebers 400.

Wenn die Entladung beginnt, wird der Ausgangsstrom des konstanten Stromversorgungsabschnittes 200 mit der Zeitkonstante der Induktivität des Reaktors 203 im Stromkreis erhöht. Wenn das Nachweissignal 207 über das Signal 208 steigt, gibt der Komparator 232 ein Signal aus, welches das erste Schaltmittel 201 schaltet. Wenn eine vorgegebene Zeitperiode danach abgelaufen ist, gibt der

Zeitgeber 400 ein Signal aus, das das erste Schaltgerät 201 schaltet. Dann steigt das Nachweissignal 207 über das Signal 208 und der Komparator 232 gibt das Signal aus, welches das erste Schaltmittel 201 ausschaltet. Als Resultat erhält man einen Stromnachweiswert, wie er durch das Signal 207 in Fig. 2(c) dargestellt ist.

Wenn der Induktivitätswert des Reaktors 203 und die Ein-/Aus-Zeit des Zeitgebers 400 gut ausgewählt sind, stellt dieses Stromkreissystem ebenfalls einen Strom mit niedriger Welligkeit zur Verfügung und gibt einen Entladungsstrom ab, der praktisch dem Niveau der Steuerspannung entspricht.

Eine zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann nun mittels der Fig. 3 bis 12 beschrieben werden. Fig. 3 ist ein Hauptstromkreisdiagramm, welches die zweite Ausführungsform betrifft, worin E1 ein erstes Direktstromversorgungsmittel und 201 ein erstes Schaltmittel darstellt, welches durch den Gate-Ansteuerungsstromkreis 206 ein-/ausgeschaltet wird. Der Reaktor 203 ist zwischen dem ersten Schaltmittel 201 und dem zweiten Schaltmittel 211 verbunden und die Elektrode 1 und das Werkstück 2 sind mit dem zweiten Schaltmittel 211 und der ersten Direktstromversorgung E1 verbunden. Die erste Diode 202 ist verbunden mit dem Verbindungspunkt des ersten Schaltmittels 201 und dem Reaktor 203 und der ersten Direktstromversorgung E1, und die zweite Diode 204 ist verbunden mit dem Verbindungspunkt der ersten Stromversorgung E1 und dem ersten Schaltmittel 201 und dem Verbindungspunkt des Reaktors 203 und dem zweiten Schaltmittel 211 in einer Richtung, in welcher der Strom zur ersten Direktstromversorgung E1 führt.

Eine serielle Verbindung der dritten Diode 212 und der Direktstromversorgung 213 ist mit der Elektrode 1 auf der Seite des zweiten Schaltmittels 211 und der Seite mit der negativen Spannung der ersten Direktstromversorgung E1 verbunden. Der Stromdetektor 205 ist so verbunden, dass er den Stromfluss im Reaktor 203 nachweisen kann. Eine serielle Verbindung der zweiten Direktstromversorgung E2 besitzt eine Spannung, die fähig ist, den Bearbeitungsspalt mit einer Spannung zu versorgen, die im Wesentlichen gleich oder kleiner ist als eine elektrische Entladungsspannung, ein drittes Schaltmittel 501 und eine Diode 502 sind parallel mit der genannten ersten Diode 202 verbunden. Dieses dritte Schaltmittel 501 wird durch einen Gatekreis 503 ein-/ausgeschaltet.

Es wird darauf hingewiesen, dass in dieser Ausführungsform das erste Schaltmittel 201, die erste Diode 202 und der Reaktor 203 den Abschnitt 200 für die Versorgung mit einem konstanten Strom bilden und der Ausgangsspannung Ein-/Aus-Abschnitt 210 aus einem zweiten Schaltmittel 211 und einem seriellen Stromkreis der dritten Diode 212 und dem Direktstromkreis 213 besteht.

Fig. 4 zeigt einen Steuerstromkreis mit den Gate-Ansteuerungsstromkreisen 503, 206, 215, dargestellt in Fig. 3, worin ein erster Komparator 504 einen Stromsteuerwert S1 mit einem Stromnachweiswert I1 des Stromdetektors 205 vergleicht und ein Signal zum Inputterminal des Zeitgeberstromkreises

512 ausgibt. Ein zweiter Komparator 505 vergleicht einen Überstromwert 507, welcher durch die Verbindung einer Direktspannung 506 in Serie mit einem Stromsteuerwert S1 mit einem Stromnachweiswert I1 des Stromdetektors 205 vergleicht und ein Signal ausgibt, um den Terminal R eines ersten Flip-Flop 508 zurückzusetzen. Das Ausgabesignal des genannten ersten Komparators 504 wird durch einen Inverter 509 invertiert und das Resultat der Inversion wird zum Einstellterminal S des ersten Flip-Flop 508 geführt.

In der Zwischenzeit schaltet ein elektrisches Entladungssignal H1 von einem NC-Apparat das zweite Schaltmittel 211 EIN/AUS, unter Kontrolle des Gate-Stromkreises 215. Ebenfalls wird die AND-Bedingung des elektrischen Entladungssignales H1, das Ausgangssignal des Zeitgeberstromkreises 512 und das Ausgangssignal des ersten Flip-Flop durch einen AND-Stromkreis ausgewertet, um das erste Schaltmittel 201, gesteuert vom Gate-Stromkreis 206, auszuschalten. Ebenso wird die AND-Bedingung des elektrischen Entladungssignales H1 und des Ausgangssignales des ersten Flip-Flop 508 durch den AND-Stromkreis 510 ausgewertet, um ein drittes Schaltmittel 501 ein-/auszuschalten, unter Kontrolle des Gate-Ansteuerungsstromkreises 503.

Fig. 5 und 6 zeigen spezifische Beispiele eines Zeitgeberstromkreises 512 in Fig. 4. Im Beispiel des Zeitgeberstromkreises 512 in Fig. 5 ist der erste Komparator 504 mit dem Input-Terminal IN verbunden. Ein MOSFET 512A schliesst/öffnet einen Kondensator 512C mit einem zeitkonstanten Stromkreis, welcher aus einem Widerstand 512B und einem Kondensator 512C zusammengesetzt ist. In Fig. 37, worin ein Inputsignal (a) und ein Ausgangssignal (b) gezeigt sind, wird, wenn die Ausgabe des ersten Komparators 504 auf einen Punkt 600 beim Eingang (a) hochgeschaltet wird, das MOSFET 512A eingeschaltet, um den Kondensator 512C zu schliessen, wobei die Ausgabe (b) hinuntergeschaltet wird.

Ebenfalls, wenn die Ausgabe (b) des ersten Komparators 504 auf einen Punkt 601 des Input (a) tief geschaltet wird, schaltet das MOSFET 512A aus, um den Kondensator 512C zu öffnen, wobei der Output (b) die Schwellenspannung des Puffers 512D überschreitet und auf einen Punkt 602 hochschaltet, nach einer gewissen Zeitdauer 603, durch den zeitkonstanten Stromkreis, der aus einem Widerstand 512B und einem Kondensator 512C besteht. D.h., der Output OUT wird tiefgeschaltet, wenn der Output des ersten Komparators 504 hochgeschaltet wird und der Output OUT wird hochgeschaltet nach einer gewissen Zeitdauer, nachdem der Output des ersten Komparators tiefgeschaltet ist. Der Zeitgeberstromkreis 512 arbeitet wie oben beschrieben. Im Beispiel des Zeitgeberstromkreises 512 in Fig. 6, der als logischer Stromkreis eines monostabilen Multivibrators 512E und eines Flip-Flop 512F zusammengesetzt ist, wird der Betrieb des Outputs OUT hochgeschaltet, nachdem die Zeiteinstellung des monostabilen Vibrators 512E identisch mit derjenigen in Fig. 7 ist.

Die Zeitdiagramme und Wellenformdiagramme, die in Fig. 8 dargestellt sind, zeigen den Betrieb

dieser zweiten Ausführungsform. In Fig. 8 zeigt (a) zeigt ein elektrisches Entladungssignal H1, (b) eine Ausgangswellenform, (c) zeigt die Wellenform des Stromsteuerwertes S1, der von einem Steuerapparat (nicht dargestellt) der elektrischen Entladungsmaschine ausgegeben wird, (d) zeigt eine Ausgangswellenform, (e) zeigt den EIN-/AUS-Status des ersten Schaltmittels 201, (f) zeigt den EIN-/AUS-Status des dritten Schaltmittels 501, (g) zeigt den Stromdurchgangsstatus der Diode 202, (h) zeigt den Stromdurchgangsstatus der Diode 502, (i) zeigt den Ausgangsstatus des ersten Komparators 504, (k) zeigt den Ausgangsstatus des Zeitgeberstromkreises 512, (l) zeigt den Ausgangsstatus des ersten Flip-Flop 508 und (m) zeigt den Ausgangsstatus des zweiten Komparators 505.

Wenn das elektrische Entladungssignal H1 bei einem Punkt 700 in Wellenform (a) eingeschaltet ist, wird das zweite Schaltmittel 211 durch den Gate-Stromkreis 215 eingeschaltet. Da das erste Schaltmittel 201 in Fig. 3 gleichzeitig wie in (e) eingeschaltet wird, wird die Spannung des ersten Direktstromversorgungsgerätes E1 zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 wie in (b) dargestellt angelegt. Der Spalt zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 wird mit dem dielektrischen Fluidum gefüllt, wie mit Öl oder Wasser, und wird extrem präzise durch einen Servomechanismus, einen numerischen Steuerapparat usw. (nicht dargestellt) gesteuert. Wenn ein dielektrischer Zusammenbruch in dieser aussergewöhnlich kleinen Spalte stattfindet, wird eine elektrische Entladung zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 gebildet. Dies ist durch 701 in der Wellenform (a) angegeben und die Ausgangsspannung in (b) wirkt als elektrische Entladungsspannung 702. Diese elektrische Entladungsspannung ist zwischen 25 und 30 Volt nahezu konstant. Sobald die elektrische Entladung stattfindet, beginnt der Strom zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 zu fließen. Der Strom, welcher durch 703 (d) angegeben wird, fließt durch die erste Direktstromversorgung E1, das erste Schaltmittel 201, den Reaktor 203 und das zweite Schaltmittel 211 und steigt schnell an, da die Spannung der ersten Direktstromversorgung E1 ungefähr 80 Volt höher ist als die elektrische Entladungsspannung 702.

Hat der Ausgangsstrom, d.h. der Strom des Reaktors 203, den Stromsteuerwert S1 erreicht, wird der Ausgang des ersten Komparators 504 auf einen Punkt 704, wie in (i) dargestellt, hochgeschaltet. Demzufolge wird der Output des Zeitgeberstromkreises 512, der in (k) dargestellt ist, tiefgeschaltet, und das erste Schaltmittel 201 wird, wie in (e) dargestellt, ausgeschaltet. Wird der Output des ersten Komparators 504 hochgeschaltet, wird der Output des Zeitgeberstromkreises 512 nur während einer vorgegebenen Zeitdauer tiefgeschaltet, angegeben durch 705 (k), und dann hochgeschaltet, wobei das erste Schaltmittel 201 wiederum eingeschaltet wird.

Während dieser vorgegebenen Zeit des Zeitgeberstromkreises 512, d.h. der Periode 705, wenn das erste Schaltmittel 201 ausgeschaltet wird, wird eine Spannung vom zweiten Direktstromversorgungsgerät E2 zwischen die Elektrode 1 und dem

Werkstück 2 angelegt, durch ein drittes Schaltmittel 501, welches schon eingeschaltet ist, die Diode 502 und den Reaktor 203. Da die zweite Direktstromversorgung E2 auf eine Spannung eingestellt ist, die gleich oder leicht kleiner ist als die elektrische Entladungsspannung 702, wird der Ausgangsstrom wie in 707 in (d) angegeben, leicht reduziert. Dies wegen der leichten Variation des Stromes auf Grund der Reduktion der terminalen Spannung des Reaktors 203. Dies wird wiederholt, um zu bewirken, dass die Ausgangsspannung dem Wert der Steuer-spannung S1, wie in (d) dargestellt, folgt.

Wenn der Stromsteuerwert S1 einen gewissen Wert erreicht, wie bei 703 in (c) dargestellt, vermindert sich der Ausgangsstrom schwach, wie durch 709 in (d) angegeben, erhöht sich jedoch schnell wie angegeben bei 710 in (d). Da die Zeit der Abnahme bei 709 die Einstellzeit des Zeitgeberstromkreises 512 gemäss 707 darstellt, fällt die Schaltfrequenz des ersten Schaltmittels 201 nicht unterhalb die Periodenzeit von 709, wenn 710 sich der Null nähert. Da der Strom, der durch 709 dargestellt ist, langsam abnimmt, werden die Welligkeiten des Ausgangsstromes klein. Demzufolge kann durch Verbindung der zweiten Direktstromverbindung E2, währenddem das erste Schaltmittel 201 während einer gewissen Zeitdauer ausgeschaltet ist, ein Stromversorgungsapparat für eine elektrische Entladungsmaschine angeordnet werden, welche eine Ausgangswellenform aufweist, die niedere Welligkeiten besitzt.

Fig. 9 stellt ein Wellenformdiagramm und ein Zeitdiagramm dar, welche verwendet werden, um den Betrieb zu beschreiben, wenn ein Kurzschluss zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 während der Bildung einer Funkenentladung stattfindet. Wenn am Punkt 711 ein Kurzschluss stattfindet, wenn der elektrische Entladungsstrom wie in Fig. 8 dargestellt fließt, fällt die Ausgangsspannung (b) unterhalb die Spannung des zweiten Direktversorgungsgerätes E2, wobei der Ausgangsstrom in (d) wie durch 712 angegeben, zunimmt. Wenn dieser Strom, welcher ebenfalls den Strom des Reaktors 203 darstellt, gegen den Überstromnachweiswert 507 strebt und diesen erreicht, welcher durch 713 in (d) dargestellt ist, wird der Ausgang des zweiten Komparators 505, welcher den Stromnachweiswert I1 des Stromdetektors 505 mit dem Überstromsteuerwert 507 vergleicht, welcher von der Addition der Spannung einer Direktspannungsversorgung 506 zum Steuerstromwert S1 stammt, hochgeschaltet.

Demzufolge wird der Output Q des ersten Flip-Flop 508 tiefgeschaltet und das dritte Schaltmittel 501 wird ausgeschaltet durch den AND-Stromkreis 510. Es ist zu beachten, dass zu dieser Zeit das erste Schaltmittel 201 schon ausgeschaltet ist. Demzufolge wird der Ausgangsstrom durch die zweite Diode 202, den Reaktor 203 und das zweite Schaltmittel 201 geleitet und vermindert, wie in 714 angegeben. Wenn der Ausgangsstrom weiter abnimmt auf den Stromschaltwert S1, wird der Ausgang des ersten Komparators 504 tief geschaltet in (i) auf einen Punkt 715, wobei das durch den Inverter 509 invertierte Signal den Flip-Flop 508 derart

setzt, dass der Ausgang Q hochgeschaltet wird. Damit wird das dritte Schaltmittel 501 eingeschaltet, um den Ausgangsstrom zu erhöhen. Demzufolge wird, wenn ein Kurzschluss zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 stattfindet, der Ausgangsstrom zwischen dem Stromsteuerwert S1 und dem Überstromsteuerwert 507 erhöht und vermindert, und nicht so schnell ansteigt wie der Kurzschlussstromkreis, wobei verhindert wird, dass die Elektrode 1 oder das Werkstück 2 durch einen hohen Stromwert beschädigt wird.

Wenn der Kurzschlusszustand aus irgendwelchen Gründen überwunden wird, kehrt die Ausgangsspannung auf den elektrischen Entladungsstrom beim Punkt 716 zurück, wie durch 717 in (b) angegeben. Demzufolge nimmt der Ausgangsstrom in (d) scharf ab, und wenn er bis zum Stromsteuerwert S1, welcher durch 718 angegeben ist, abnimmt, wird der Ausgang des ersten Komparators 504 tiefgeschaltet und der erste Flip-Flop 508 wird durch den Inverter 509 gesetzt, wobei sein Ausgang Q hochgeschaltet wird, das dritte Schaltmittel 501 eingeschaltet wird und der Ausgangsstrom, wie durch 719 angegeben, schwach abnimmt. Der Zeitgeberstromkreis gibt ein 1 schwaches Signal ab, nachdem der Output des ersten Komparators 504 tiefgeschaltet ist und zu seinem normalen Betrieb zurückkehrt.

Fig. 10 zeigt eine Modifikation des Steuerstromkreises für die Gate-Ansteuerungsstromkreise 206, 215, 503, die in Fig. 4 dargestellt sind, und erläutert ein Verfahren der Zugabe der Direktspannung 506 des Stromkreises in Fig. 4 zum Stromsteuerwert S1 mittels des Additors 513, um den Überstromsteuerwert 507 zu finden. Diese Modifikation kann einen Betrieb durchführen, welcher mit demjenigen des Stromkreises 34 identisch ist.

Fig. 11 gibt ein Wellenformdiagramm wieder, worin die aktuellen Ausgangsströme gemessen wurden, wenn der Spitzenwert des Stromsteuerwertes S1, im Apparat, welche die zweite Ausführungsform darstellt, 35A ist. (a) zeigt die Änderungen der Steuerstromwerte S1, deren Spitzenwert 35A ist. (b) zeigt eine Wellenform zu der Zeit, wenn die Spannung der ersten Direktstromversorgung E1 80V ist und die Spannung der zweiten Direktstromversorgung E2 0V ist, (c) zeigt eine Wellenform zum Zeitpunkt, wenn die Spannung der ersten Direktstromversorgung E1 80V ist und die Spannung der zweiten Direktstromversorgung E2 15V ist und (d) zeigt eine Wellenform zum Zeitpunkt, wenn die Spannung der ersten Direktstromversorgung E1 80V ist und die Spannung der zweiten Direktstromversorgung E2 30V ist. Diese Diagramme zeigen an, dass, wenn Welligkeiten 604 von nahezu 16A vorhanden sind, wenn die Spannung der zweiten Direktstromversorgung 0 ist, d.h. bei einem konventionellen Apparat, wo die zweite Direktstromversorgung E2 abwesend war, die Welligkeiten extrem kleiner sind als in (c), wo die Welligkeiten 605 7A sind, wenn die Spannung der zweiten Direktstromversorgung E2 15V ist und, wie in (d), wo die Welligkeiten 606 2A sind, wenn die Spannung der zweiten Stromversorgung E2 30V ist.

In Fig. 12 sind ebenfalls Wellenformdiagramme

dargestellt, worin die aktuellen Ausgangsströme gemessen werden, wenn der Spitzenwert des Stromsteuerwertes S1 10A ist, im Apparat, welcher die zweite Ausführungsform darstellt. (a) zeigt die Änderungen beim Steuerstromwert S1, dessen Spitzenwert CA ist. (b) zeigt eine Wellenform zum Zeitpunkt, wenn die erste Direktstromversorgung E1 eine Spannung von 80V abgibt und die zweite Direktstromversorgung E2 eine Spannung von 0V abgibt, (c) zeigt eine Wellenform zum Zeitpunkt, wenn die erste Direktstromversorgung E1 eine Spannung von 80V abgibt und die zweite Direktstromversorgung E2 eine Spannung von 15V abgibt und (d) zeigt eine Wellenform zum Zeitpunkt, wenn die erste Direktstromversorgung E1 eine Spannung von 80V abgibt und die zweite Direktstromversorgung E2 eine Spannung von 30V abgibt. Diese Diagramme zeigen, dass dort Welligkeiten 604 von nahezu 10A vorhanden waren, wenn die Spannung der zweiten Stromversorgung E2 0 war, waren die Welligkeiten in extremer Weise kleiner als in (c), wo die Welligkeiten 605 5A sind, wenn die Spannung der zweiten Direktstromversorgung E2 15V ist und in (d), wo die Welligkeiten 606 nahezu schwinden, wenn die Spannung der zweiten Direktstromversorgung E2 von 30V annimmt.

Insbesondere in (b), wo der Ausgangsstromwert 0 ist, findet auf einer Führungskante 607 des Stromes die elektrische Funkenentladungsbearbeitung statt, mit einer solchen Wellenform, welche die gebildete elektrische Entladung stoppt, was die Stromwellenform des Steuerwertes (a) von seiner Ausgabe behindert. Mittlerweile, wenn die zweite Direktstromversorgung E2 30V ist, kann eine Stromwellenform gebildet werden, die ähnlich derjenigen des Steuerwertes ist, wie es in 608 angegeben ist und die Welligkeiten sind nahezu null, wie dies durch 606 gezeigt ist. Während 30V für die zweite Direktstromversorgung E2 ausgewählt wurde, sind ein drittes Schaltmittel 501, die Diode 502, der Direktstromwiderstandswert des Reaktors 203 und die EIN-Spannung des zweiten Schaltmittels 211 vorhanden und demzufolge wird eine Spannung, welche einen Wert besitzt, die durch Subtraktion der genannten EIN-Spannung von den 30V der zweiten Direktstromversorgung E2 erhalten wurde, die resultierende Direktstromspannungsquelle sein, welche bewirkt, dass der Strom zur Spannung über der Elektrode und dem Werkstück 2 fließt. D.h., dass das vorausgesagte Ziel erreicht werden kann, wenn die Spannung, welche auf dem Bearbeitungsspalt angelegt wird, durch die zweite Direktstromversorgung E2, etwa 1 bis 2V grösser ist als die elektrische Entladungsspannung.

Eine 14. Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf Fig. 13 bis 15 beschrieben. Fig. 13 ist das Hauptstromdiagramm, welches die dritte Ausführungsform betrifft, wobei E1 eine erste Direktstromversorgung angibt, 201 ein erstes Schaltmittel bedeutet, welches durch den Gate-Ansteuerungsstromkreis 206 ein-/ausgeschaltet wird. Der Reaktor 203 ist zwischen dem ersten Schaltmittel 201 und dem zweiten Schaltmittel 211 verbunden und die Elektrode 1 und das Werkstück 2 sind mit dem zweiten Schaltmittel 211

und der ersten Direktstromenergieversorgung E1 verbunden. Die erste Diode 202 ist zwischen dem Verbindungspunkt des ersten Schaltmittels 201 und dem Reaktor 203 und der ersten Direktstromversorgung E1 verbunden und die zweite Diode ist zwischen dem Verbindungspunkt der ersten Direktstromkraftversorgung E1 und dem ersten Schaltmittel 201 und dem Verbindungspunkt des Reaktors 203 und dem zweiten Schaltmittel 211 in einer Richtung verbunden, in welcher der Strom zur ersten Direktstromversorgung E1 fließt.

Eine serielle Verbindung der dritten Diode 212 und der Direktstromversorgung 213 wird zwischen der Elektroden- und der negativen Spannungsseite der ersten Direktstromversorgung E1 verbunden. Der Stromdetektor 205 ist derart verbunden, um den in den Reaktor 203 fließenden Strom nachzuweisen. Eine serielle Verbindung der zweiten Direktstromversorgung E2, die eine Spannung besitzt, die fähig ist, den Bearbeitungsspalz mit einer Spannung zu versorgen, die im Wesentlichen gleich oder kleiner ist als die elektrische Entladungsspannung, das dritte Schaltmittel 501 und die Diode 502 ist parallel mit der genannten ersten Diode 202 verbunden. Dieses dritte Schaltmittel 501 wird durch den Gate-Ansteuerungsstromkreis 503 ein-/ausgeschaltet. Eine serielle Verbindung einer dritten Direktstromversorgung E2, die eine Spannung aufweist, die fähig ist, die Bearbeitungsspalte mit einer Spannung zu versorgen, welche höher ist als die elektrische Entladungsspannung und kleiner ist als die Spannung, welche durch die genannte erste Direktstromversorgung abgegeben wird, ein viertes Schaltmittel 514 und eine Diode 515 sind parallel mit der genannten ersten Diode 502 verbunden. Dieses vierte Schaltmittel 514 wird ein-/ausgeschaltet durch einen Gate-Ansteuerungsstromkreis 516.

Fig. 14 zeigt einen Steuerstromkreis, die Gate-Steuerungsstromkreise 503, 516, 206, 215 gemäß Fig. 13 wo der erste Komparator 504 den Stromsteuerwert S1 mit dem Steuernachweiswert I1 des Stromdetektors 205 vergleicht und ein Signal zum Terminal-Input des Zeitgeberstromkreises 512 ausgibt. Der zweite Komparator 505 vergleicht den Überstromsteuerwert 507, der durch die serielle Verbindung der Direktstromsteuerspannung 506 mit dem Stromsteuerwert S1 abgegeben wird, mit dem Stromnachweiswert I1 des Stromdetektors 205 und gibt ein Signal an den Reset-Terminal R des ersten Flip-Flop 508 ab. Das Ausgangssignal des genannten ersten Komparators 504 wird durch den Inverter 509 invertiert und das Resultat der Inversion wird mit dem Set-Terminal S des ersten Flip-Flop 508 verbunden.

In der Zwischenzeit schaltet das elektrische Entladungssignal H1 des zweiten Schaltmittels 201 unter Kontrolle des Gate Betriebskreises 215 ein/aus. Die AND-Bedingung eines Stromverstärkungssignals H2, der Ausgang des Zeitgeberstromkreises 512 und des elektrischen Entladungssignals H1 wird durch einen AND-Stromkreis 509 ausgewertet, um das erste Schaltmittel 201 unter Steuerung des Gate-Ansteuerungsstromkreises 206 ein-/auszuschalten. Die AND-Bedingung des Outputs eines

OR-Kreises 507, welcher die OR-Bedingung des Stromverstärkungssignals H2 abgibt, und der Output des Zeitgeberstromkreises 512, das elektrische Entladungssignal H1 und der Output des ersten Flip-Flop 508 werden durch einen AND-Stromkreis 518 ausgewertet, um das vierte Schaltmittel 514 unter Steuerung des Gate-Ansteuerungsstromkreises 516 ein-/auszuschalten. Auch die AND-Bedingung des elektrischen Entladungssignals H1 und der Output des ersten Flip-Flop 508 werden durch den AND-Stromkreis 510 verwendet, um das dritte Schaltmittel 501, unter Kontrolle des Gate-Ansteuerungsstromkreises 503, ein-/auszuschalten.

Die Zeit- und Wellenformdiagramme, die in Fig. 15 dargestellt sind, zeigen den Betrieb dieser dritten Ausführungsform. In Fig. 15 zeigt (a) das elektrische Entladungssignal H1, zeigt (b) die Ausgangsspannungswellenform, zeigt (c) die Wellenform des Stromsteuerwertes S1, der vom Steuergerät (nicht dargestellt) der elektrischen Entladungsmaschine ausgeht, zeigt (d) die Ausgangsstromwellenform, zeigt (e) den Ein-/Ausstatus des ersten Schaltmittels 201, zeigt (f) den Ein-/Ausstatus des dritten Schaltmittels 501, zeigt (g) den Stromdurchgangstatus der Diode 202, zeigt (h) den Stromdurchgangstatus der Diode 502, zeigt (i) den Ausgangsstatus des ersten Komparators 504, zeigt (j) das Ausgangsverstärkungssignal H2, zeigt (k) den Ausgangsstatus des Zeitgeberstromkreises 512, zeigt (m) den Ein-/Ausstatus des vierten Schaltmittels 514 und (o) zeigt den Stromdurchgangstatus der Diode 515.

Wenn das elektrische Entladungssignal H1 beim Punkt 700 in Fig. 15 (a) eingeschaltet wird, wird das zweite Schaltmittel 211 durch den Gate-Ansteuerungsstromkreis 215 eingeschaltet. Der Strom zwischen Signal H2 wird ebenfalls am Punkt 700 eingeschaltet. Da das erste Schaltmittel 201 in Fig. 13 zu diesem Zeitpunkt ausgeschaltet ist, wie in (e) dargestellt, wird die Spannung der ersten Direktstromversorgung E1 zwischen Elektrode 1 und dem Werkstück 2 als Nicht-Ladungsspannung angelegt, wie in (b) dargestellt. Die Spalte zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 wird mit dem dielektrischen Fluidum, wie Öl oder Wasser gefüllt, und wird aussergewöhnlich präzise durch einen Servomechanismus, einen numerischen Steuerapparat usw. (nicht dargestellt) gesteuert. Der elektrische Zusammenbruch erfolgt in dieser aussergewöhnlich kleinen Spalte, wobei eine elektrische Entladung zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 gebildet wird. Dies wird durch 701 in Fig. 15 (a) dargestellt und die Ausgangsspannung (b) dient als elektrische Entladungsspannung 702. Diese elektrische Entladungsspannung ist nahezu zwischen 25 bis 30 V konstant. Sobald die elektrische Ladung stattfindet, beginnt der Strom zwischen Elektrode 1 und Werkstück 2 zu fließen. Der Strom, der durch 701 in (d) angegeben ist, fließt durch die erste Direktstromversorgung E1, das erste Schaltmittel 201, den Reaktor 203 und das zweite Schaltmittel 211 und erhöht sich schnell, da die erste Direktstromversorgung E1 von ungefähr 80V höher ist als die elektrische Entladungsspannung 702.

Wenn der Ausgangsstrom, d.h. der Strom des

Reaktors 203, den Stromsteuerwert S1 erreicht hat, wird der Ausgang des ersten Komparators 504 auf einen Punkt 704, wie in (i) dargestellt, hochgeschaltet. Demzufolge wird die Ausgabe des Zeitgeberstromkreises 512, dargestellt in (k), tiefgeschaltet und das erste Schaltmittel 201 wird, wie in (e) dargestellt, ausgeschaltet. Wenn die Ausgabe des ersten Komparators 504 tiefgeschaltet ist, wird der Zeitgeberstromkreis 512 nur während vorbestimmter Zeitdauer, wie durch 705 in (k) dargestellt, tiefgeschaltet und wird dann hochgeschaltet, wobei das erste Schaltmittel 201 wiederum eingeschaltet wird.

Während dieser vorgegebenen Zeit des Zeitgeberstromkreises 512, d.h. dieser Periode 705, wenn das erste Schaltmittel 201 ausgeschaltet wird, ist das vierte Schaltmittel 514, das in Fig. 15 (n) dargestellt ist, schon eingeschaltet, wobei der Strom, welcher von der dritten Direktstromversorgung E3 zwischen Elektrode 1 und dem Werkstück 2 durch das dritte Schaltmittel 514, welches schon eingeschaltet wird, die Diode 515, den Reaktor 203 und das zweite Schaltmittel 211 fliesst. Da die dritte Direktstromversorgung E3 eine Spannung erhält, die um keine Werte höher ist als die elektrische Entladungsspannung 702, wird der Ausgangsstrom, wie durch 707 in (d) angegeben, leicht erhöht. Dies findet wegen der leichten Zunahme des Stromes statt, da die terminale Spannung des Reaktors 203 leicht höher ist. Dies wird wiederholt, um zu verursachen, dass der Ausgangsstrom dem Stromsteuerwert S1, wie in (d) dargestellt, folgt.

Wenn das Stromverstärkungssignal H2 in (j) bei einem Punkt 720 in (c) von Fig. 15, wo der Stromsteuerwert S1, welcher anstieg, einen gewissen Wert erreicht, tiefgeschaltet wird, vermindert sich der Anfangsstrom langsam wie durch 709 angegeben, da das dritte Schaltmittel 501 eingeschaltet ist, da aber die dritte Direktstromversorgung E3 verbunden ist, während das vierte Schaltmittel 514 eingeschaltet ist, erhöht sich der Ausgangsstrom ebenfalls langsam, wie durch 721 angegeben. Da die Abschwächungszeit zu diesem Zeitpunkt gemäss 709 die Basiszeit des Zeitgeberstromkreises 512 darstellt, wie bei 707, und der Strom schwach erhöht wird, wobei die Schaltfrequenz etwa zweimal so gross ist, wie die Periode bei 709. Die Welligkeit des Ausgangsstroms ist schmal und die Schaltfrequenz ist tief. Demzufolge kann ein Stromversorgungsapparat für eine elektrische Entladungsmaschine angeordnet werden, welche eine Ausgangsstromwellenform aufweist, welche eine schwache Welligkeit besitzt, wenn der Induktivitätswert des Reaktors 203 klein ist. Insbesondere wenn das Stromverstärkungssignal H2 eingeschaltet wird, um den Stromsteuerwert zu erhöhen, wird durch die dritte Direktstromversorgung E3 ein Strom ausgegeben, um die Stromerhöhung beizubehalten, wenn das erste Schaltmittel 201 ausgeschaltet wird, wobei ein Stromversorgungsapparat für eine elektrische Entladungsmaschine gebildet wird, die eine Ausgangswellenform besitzt, die eine schwache Welligkeit aufweist.

Eine vierte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die Fig. 16 bis 18 beschrieben. Fig. 16 ist ein Hauptstromdia-

gramm, welches die vierte Ausführungsform betrifft, wobei E1 eine erste Direktstromversorgung bedeutet, 201 ein erstes Schaltmittel darstellt, welches ein-/ausgeschaltet wird durch den Gate-Versorgungsstromkreis 206. Der Reaktor 203 ist zwischen dem ersten Schaltmittel 201 und dem zweiten Schaltmittel 211 verbunden und die Elektrode 1 und das Werkstück 2 sind mit einem zweiten Schaltmittel 211 und der ersten Direktstromversorgung verbunden. Die erste Diode 202 ist mit dem Verbindungspunkt eines ersten Schaltmittels 201 und dem Reaktor 203 und der ersten Direktstromversorgung E1 verbunden und die zweite Diode 204 ist zwischen dem Verbindungspunkt der ersten Direktstromversorgung E1 und dem ersten Schaltmittel 201 und dem Verbindungspunkt des Reaktors 203 und dem zweiten Schaltmittel 211 in einer Richtung verbunden, worin der Strom zur ersten Direktstromversorgung E1 fliesst.

Eine serielle Verbindung der ersten Diode 212 und der Direktstromversorgung wird zwischen der Elektrode 1 auf der Seite des zweiten Schaltmittels 211 und der Seite mit negativer Spannung der ersten Direktstromversorgung E1 verbunden. Der Stromdetektor 205 wird verbunden, um den Strom nachzuweisen, welcher in den Reaktor 203 fliesst. Eine serielle Verbindung einer zweiten Direktstromversorgung E1, welche eine Spannung aufweist, welche fähig ist, den Bearbeitungsspalt mit einer Spannung zu versorgen, die im Wesentlichen gleich oder kleiner ist als die elektrische Entladungsspannung, wird mit dem dritten Schaltmittel 501 und der Diode 502 parallel mit der genannten ersten Diode 202 verbunden. Dieses dritte Schaltmittel 501 wird durch den Gate-Ansteuerungsstromkreis 503 ein-/ausgeschaltet. Eine serielle Verbindung einer variablen vierten Direktstromversorgung E1, eines fünften Schaltmittels 521 und einer Diode 522 wird parallel mit der genannten ersten Diode 202 verbunden. Dieses fünfte Schaltmittel 521 wird durch einen Gate-Ansteuerungsstromkreis 520 ein-/ausgeschaltet.

Fig. 17 zeigt einen Steuerstromkreis der Gate-Ansteuerungsstromkreise 503, 520, 206, 215, dargestellt in Fig. 16, wobei der erste Komparator 504 den Steuerstromwert S1 und den Stromnachweiswert I1 des Stromdetektors 205 vergleicht und ein Signal auf den Eingangsterminal des Zeitgeberstromkreises 512 ausgibt. Der zweite Komparator 505 vergleicht den Überstromsteuerwert 507, welcher durch die Verbindung der Direktspannung 506 in Serie mit dem Stromsteuerwert S1 erhalten wird, mit dem Stromnachweiswert I1 des Stromdetektors 205 und gibt ein Signal ab, um den Terminal R des ersten Flip-Flop 508 zurückzustellen. Das Ausgangssignal des ersten Komparators 504 wird durch einen Inverter 509 invertiert und das Resultat der Inversion wird zur Einstellung des Terminals S des ersten Flip-Flop 508 verwendet.

In der Zwischenzeit schaltet das elektrische Entladungssignal H1 das zweite Schaltmittel 211 EIN/AUS unter der Steuerung des Gate-Ansteuerungsstromkreises 215. Die AND-Bedingung eines Nichtladungsspannungssignales H3 und des elektrischen Entladungssignales H1 wird durch einen AND-

Stromkreis 514 verwendet, um das erste Schaltmittel 201 ein-/auszuschalten unter Steuerung des Gate-Ansteuerungsstromkreises 206. Die AND-Bedingung der Ausgabe des Zeitgeberstromkreises 512, das elektrische Entladungssignal H1 und die Ausgabe des ersten Flip-Flop 508 werden durch einen AND-Stromkreis 523 verarbeitet, um das fünfte Schaltmittel 521 ein-/auszuschalten, unter Steuerung des Gate-Ansteuerungsstromkreises 520. Ebenso wird die AND-Bedingung des elektrischen Entladungssignales H1 und der Ausgabe des ersten Flip-Flop 508 durch den AND-Stromkreis 510 verwendet, um das dritte Schaltmittel 501 unter Kontrolle des Gate-Betriebsstromkreises 503 ein-/auszuschalten.

Zeittabellen und Wellenformdiagramme, die in der Fig. 18 gezeigt sind, zeigen den Betrieb dieser vierten Ausführungsform. In der Fig. 18 zeigt (a) das elektrische Entladesignal H1, (b) die Wellenform der Ausgangsspannung, (c) die Wellenform des Stromführungswertes S1, ausgegeben von einem Steuergerät (nicht gezeigt) der Funkenerosionsmaschine, (d) die Wellenform des Ausgangsstromes, (e) zeigt den Ein-/Ausstatus der ersten Schalteinrichtung 201, (f) zeigt den Ein-/Ausstatus der dritten Schalteinrichtung 501, (g) zeigt den Stromdurchgangstatus der Diode 202, (h) den Stromdurchgangstatus der Diode 502, (i) den Ausgangsstatus des ersten Komparators 504, (j) zeigt das unbelastete Spannungssignal H3, (k) zeigt den Ausgangsstatus des Zeitkreises 512, (n) zeigt den Ein-/Ausstatus der fünften Schalteinrichtung 521 und (o) den Stromdurchgangstatus der Diode 522.

Wenn das elektrische Entladesignal H1 bei einem Punkt 700 in der Fig. 18 (a) eingeschaltet wird, dann wird die zweite Schalteinrichtung 211 durch den Tortreiberstromkreis 215 eingeschaltet. Das nicht belastete Spannungssignal H3 wird ebenfalls beim Punkt 700 eingeschaltet. Seitdem die erste Schalteinrichtung 201 in der Fig. 16 zu diesem Zeitpunkt, wie in (e) gezeigt, eingeschaltet ist, ist die Spannung der ersten Gleichstromenergieversorgungseinheit E1 zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 als eine unbelastete Spannung angelegt, wie in (b) gezeigt. Der Stromführungswert S1 in der vorliegenden Ausführung kann eine Wellenform aufweisen, welche nur den Spitzenwert des elektrischen Entladestromes gemäss (c) betätigt.

Der Spalt zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 ist mit der dielektrischen Flüssigkeit, wie Öl oder Wasser, gefüllt, und ist durch einen Servomechanismus durch ein numerisch gesteuertes Gerät etc. (nicht gezeigt) extrem präzise gesteuert. Wenn ein dielektrischer Durchschlag am extrem kleinen Spalt auftritt, wird eine elektrische Entladung zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 erzeugt. Dies ist in der Fig. 18 durch das Bezugszeichen 701 angegeben, wobei die Ausgangsspannung (b) als die elektrische Entladespannung 702 agiert. Diese elektrische Entladespannung ist zwischen 25 und 30 Volt annähernd konstant. Sobald die elektrische Entladung auftritt, beginnt der Strom zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 zu fließen und das nicht belastete Spannungssignal H3 wird, wie in (j) gezeigt, tief geschaltet. Dadurch

wird die erste Schalteinrichtung 201, wie in (e) gezeigt, ausgeschaltet.

Da der Ausgangsstrom, wie durch das Bezugszeichen 722 in (d) angegeben, durch die vierte Gleichstromenergieversorgungseinheit E4 fliesst, liegen die fünfte Schalteinrichtung 521, die Drossel 203 und die zweite Schalteinrichtung 211 sowie die vierte Gleichstromenergieversorgungseinheit E4 an der voreingestellten Spannung (ungefähr 25 bis 100 Volt), wobei der Ausgangsstrom an der Anstiegsflanke des Ausgangsstromes, die durch das Bezugszeichen 722 (d) angegeben ist, zunimmt, was durch eine Differenzialspannung zwischen der Spannung der vierten Gleichstromenergieversorgungseinheit E4 und der Spannung über der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 sowie dem Induktionswert der Drossel 203 bestimmt wird. Beim Bezugszeichen 723 in (d), welches angibt, dass die Spannung der vierten Gleichstromenergieversorgungseinheit E4 zugenommen hat, bewirkt das Ändern der Spannung der vierten Gleichstromenergieversorgungseinheit E4, eine gewünschte Neigung der Anstiegsflanke des Ausgangsstromes. Da die Anstiegsflanke des Ausgangsstromes keine Welligkeit hat, braucht ein glatter Niedrigpegelausgangsstrom nicht auf Null gesetzt zu werden, um stabile Funkenerosionsverhältnisse zu gewährleisten.

Später, wenn der Ausgangsstrom, beispielsweise der Strom in der Drosselspule 203, den Wert der Stromführungsgrösse S1 erreicht hat, wird der Ausgang des ersten Komparators 504 bei einem Punkt 724, wie in (i) gezeigt, hoch geschaltet. Dementsprechend wird der Ausgang des Zeitkreises 512, gezeigt in (k), tief geschaltet und die fünfte Schalteinrichtung 521 wird, wie in (n) gezeigt, ausgeschaltet. Wenn der Ausgang des ersten Komparators 504 tief geschaltet wird, wird der Ausgang des Zeitkreises 512 nur für eine voreingestellte Zeitdauer, wie dies durch 705 in (k) angegeben ist, tief geschaltet.

Während dieser voreingestellten Zeit des Zeitkreises 512, beispielsweise dem Zeitintervall 705, wenn die fünfte Schalteinrichtung 521 ausgeschaltet ist, die dritte Schalteinrichtung 501 gemäss (f) schon eingeschaltet ist, wird der Strom von der zweiten Gleichstromenergieversorgungseinheit durch die dritte Schalteinrichtung 501, die Diode 502 und die Drosselspule 203 an den Spalt zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 geliefert. Da die Spannung der zweiten Gleichstromenergieversorgungseinheit E2 leicht tiefer als die elektrische Entladespannung 702 eingestellt wird, nimmt der Ausgangsstrom, wie durch 727 in (d) gezeigt, langsam ab. Dann wird der Ausgang des Zeitkreises 512 beim Punkt 726 hoch geschaltet, wobei die fünfte Schalteinrichtung 521 zum Erhöhen des Stromes ebenfalls eingeschaltet wird. Dies wird wiederholt, um den Ausgangsstrom zu veranlassen, dem Stromführungswert S1, wie in (d) gezeigt, zu folgen.

Gemäss dieser vierten Ausführungsform nimmt der Ausgangsstrom mit einer gewissen Neigung, wie durch 722 und 723 zu, wobei während der Zunahme des Stromes keine Welligkeit erzeugt wird, und die fünfte Schalteinrichtung 521 während dieser Zeitdauer eingeschaltet bleibt, weil kein Schalten er-

forderlich ist. Nachdem der Wert der Führungsgrösse erreicht worden ist, nimmt der Ausgangsstrom, wie durch 727 angegeben, langsam ab, wobei die Abnahmezeit, die durch 727 gekennzeichnet ist, der gesetzten Zeit des Zeitkreises 512, gekennzeichnet durch 705, entspricht und wobei die Schaltfrequenz ungefähr der Zeitdauer von 705 entspricht und die Wenigkeit des Ausgangsstromes klein und die Schaltfrequenz tief ist. Dadurch kann ein Energieversorgungsgerät für eine Funkenerosionsmaschine festgelegt werden, welches eine Ausgangsstromwellenform mit wenigen Wellen liefert, wenn der Induktionswert der Drosselspule 203 klein ist.

Eine fünfte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nun mit Bezugnahme auf die Fig. 19 bis 21 beschrieben. Die Fig. 19 ist ein Schaltplan eines Hauptstromkreises, der die fünfte Ausführungsform betrifft, wobei eine Serieschaltung von einer fünften Gleichstromenergieversorgungseinheit E5, einer sechsten Schalteinrichtung 526 und einem Widerstand 529 zum Bearbeitungsspalt, gebildet durch die Elektrode 1 und das Werkstück 2 gemäss der zweiten Ausführungsform, parallel geschaltet ist. Die zweite Schalteinrichtung 211 umfasst eine Diode 527, um einen inversen Stromfluss zu verhüten. Die fünfte Gleichstromenergieversorgungseinheit E5 sollte eine Spannung haben, die befähigt ist, den Bearbeitungsspalt mit einer höheren Spannung als derjenigen der ersten Gleichstromenergieversorgungseinheit zu beliefern. Es sei vermerkt, dass das Bezugszeichen 525 einen Gate-Antriebsstromkreis für die Schalteinrichtung 526 kennzeichnet.

Die Fig. 20 zeigt einen Steuerstromkreis, der Gatetreiberstromkreise 503, 206, 215 und 525, die in der Fig. 19 gezeigt sind, umfasst, wobei der UND-Zustand eines Hochspannungsimpulssignales H4 und des elektrischen Entladesignales H1 durch ein UND-Gate 528 ausgelesen wird, um die sechste Steuereinrichtung 526 unter der Kontrolle des Gatetreiberstromkreises 525 im Steuerstromkreis, der in der Fig. 4 mit der zweiten Ausführungsform gezeigt ist, ein- und auszuschalten. Es sei vermerkt, dass die übrige Anordnung identisch mit derjenigen des Steuerstromkreises, die in der Fig. 4 mit der zweiten Ausführungsform gezeigt ist, und hier nicht beschrieben wird.

Die Zeittabellen und Wellenformdiagramme, die in der Fig. 21 gezeigt sind, zeigen den Betrieb dieser fünften Ausführungsform. In der Fig. 21 zeigt (a) das elektrische Entladesignal H1, (b) die Ausgangsspannung, (d) den Ausgangsstrom, (e) den Ein-/Ausstatus der ersten Schalteinrichtung 201, (f) das Hochspannungsimpulssignal und (g) den Ein-/Ausstatus der sechsten Schalteinrichtung 526. Wenn das elektrische Entladesignal H1 zu einem Zeitpunkt 700 in der Fig. 21 (a) eingeschaltet wird, wird die Schalteinrichtung 211 durch den Gatetreiberstromkreis 215 eingeschaltet. Da die Schalteinrichtung 201 in der Fig. 19 zu diesem Zeitpunkt, wie in (e) gezeigt, eingeschaltet ist, wird die Spannung der ersten Gleichstromenergieversorgungseinheit E1 an den Spalt zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2, wie durch das Bezugszeichen 728 in (b) gekennzeichnet, als unbelastete Spannung angelegt.

Der Spalt zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 ist mit einer dielektrischen Flüssigkeit, wie Öl oder Wasser, gefüllt und ist durch einen Servomechanismus durch ein numerisch gesteuertes Gerät etc. (nicht gezeigt) sehr präzise gesteuert. Wenn ein dielektrischer Durchbruch bei diesem sehr kleinen Spalt auftritt, wird eine elektrische Entladung zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 erzeugt. Selten setzt die elektrische Entladung nicht ohne weiteres ein, was in einem un stabilen Funkenerosionszustand resultiert.

Um dies zu verhindern, wenn die elektrische Entladung nicht innerhalb der Zeit 729, nachdem das elektrische Entladesignal H1 eingeschaltet worden ist, auftritt, wird mit dem Hochspannungsimpulssignal H4, wie in (f) zu einem Zeitpunkt 730 vorgesehen, die sechste Schalteinrichtung 526 in (g) eingeschaltet und dabei die Spannung der fünften Gleichstromenergieversorgungseinheit E5 ausgegeben. Diese Spannung ist durch das Bezugszeichen 731 in (b) gekennzeichnet. Die Spannung der fünften Gleichstromenergieversorgungseinheit E5 liegt zwischen 100 und 300 Volt.

Wenn die elektrische Ladung erzeugt wird, wird der Hochspannungsimpuls H4 zu einem Zeitpunkt 701 tief geschaltet, um die sechste Schalteinrichtung 526 auszuschalten, wobei die Spannung der ersten Gleichstromenergieversorgungseinheit E1 durch die erste Schalteinrichtung 201, welche bereits eingeschaltet ist, zwischen die Elektrode 1 und das Werkstück 2 geschaltet wird, und der Ausgangsstrom zunimmt. Im Moment, wo diese elektrische Entladung auftritt, fliesst ein Strom im Widerstand 529, aber der Widerstand 529 verbraucht praktisch keine Leistung, weil die sechste Schalteinrichtung 526 sofort ausschaltet. Da die Spannung von 150 bis 350 Volt dieser Gleichstromenergieversorgungseinheit E5 höher ist als diejenige der ersten Gleichstromenergieversorgungseinheit von 80 Volt, erfolgt die elektrische Entladung zuverlässig. Es sei vermerkt, dass die anderen Operationen identisch zu denjenigen in der zweiten Ausführungsform sind und demzufolge hier nicht mehr beschrieben sind.

Während die vorliegende fünfte Ausführungsform, unter Verwendung des Gerätes, worin die Serieschaltung der fünften Gleichstromenergieversorgungseinheit E5 der sechsten Schalteinrichtung 526 und des Widerstandes 529 mit dem Bearbeitungsspalt, gebildet durch die Elektrode 1 und durch das Werkstück 2 in der zweiten Ausführungsform parallel geschaltet ist, beschrieben worden ist, könnte die Serieschaltung der fünften Gleichstromenergieversorgung E5 der sechsten Schalteinrichtung 526 und des Widerstandes 529 ebenfalls mit dem Bearbeitungsspalt, gebildet durch die Elektrode 1 und das Werkstück 2, der dritten oder vierten Ausführungsform parallel geschaltet werden, um die gleichen Wirkungen zu erzielen. In diesem Fall ist es unnötig zu erwähnen, dass die fünfte Gleichstromenergieversorgungseinheit E5 eine Spannung aufweist, die höher ist als diejenige der anderen Gleichstromenergieversorgungseinheiten E1, E2, E3, E4.

Eine sechste Ausführungsform der vorliegenden

Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die Fig. 22 beschrieben. Fig. 22 ist ein Schema des Hauptstromkreises, welches sich auf die sechste Ausführungsform bezieht, wobei die zweite Gleichstromenergieversorgungseinheit E2, eine sechste Gleichstromenergieversorgungseinheit E6, eine siebente Gleichstromenergieversorgungseinheit E7 und eine achte Gleichstromenergieversorgungseinheit E8 in Serie geschaltet sind, wobei ein Ende der Serieschaltung der dritten Schalteinrichtung 501 und der Diode 502 mit dem Verbindungspunkt der zweiten Gleichstromenergieversorgungseinheit E2 und der sechsten Gleichstromenergieversorgungseinheit E6 verbunden ist und der andere Punkt dieser Serieschaltung mit dem Verbindungspunkt der Drosselspule 203 und der Diode 202 verbunden ist. Ein Ende der Serieschaltung der vierten Schalteinrichtung 514 und der Diode 515 ist mit dem Verbindungspunkt der sechsten Gleichstromenergieversorgungseinheit E6 und der siebenten Gleichstromenergieversorgungseinheit E7 verbunden und das andere Ende dieser Serieschaltung ist an den Verbindungspunkt der Drosselspule 203 und der Diode 202 geschaltet. Ein Ende der ersten Schalteinrichtung 201 ist an den Verbindungspunkt der siebenten Gleichstromenergieversorgungseinheit E7 und der achten Gleichstromenergieversorgungseinheit E8 geschaltet und das andere Ende dieser Serieschaltung ist mit dem Verbindungspunkt der Drosselspule 203 und der Diode 202 verbunden. Im Weiteren ist ein Ende der Serieschaltung der sechsten Schalteinrichtung 526 und des Widerstandes 529 mit einem Ende der achten Gleichstromenergieversorgungseinheit E8 verbunden und das andere Ende der Serieschaltung ist an die Elektrode 1 (oder an das Werkstück 2) geschaltet. Es sei bemerkt, dass das Bezugszeichen 527 in der Fig. 22 eine Diode bezeichnet.

Entsprechend der zweiten, der dritten und der vierten Ausführungsform, wo für die Beziehung der Spannungen der ersten, zweiten, dritten und fünften Gleichstromenergieversorgungseinheiten E1, E2, E3, E5 zu der elektrischen Entladespannung gilt: $E5 > E1 > E3 \geq \text{elektrische Entladespannung} \geq E2$, kann die Spannung der sechsten Gleichstromenergieversorgungseinheit E6 definiert werden als $E3 - E2$, diejenige der siebenten Gleichstromenergieversorgungseinheit E7 als $E1 - E6 - E2$ und diejenige der achten Gleichstromenergieversorgungseinheit E8 als $E5 - E7 - E6 - E2 = E5 - E1$. Insbesondere sind die Gleichspannungen von E2, E6, E7 und E8 ungefähr 20 bis 30 Volt bzw. 5 bis 15 Volt bzw. 40 bis 60 Volt und bzw. 70 bis 230 Volt, wobei die verwendeten Gleichstromenergieversorgungseinheiten kleine Spannungen haben und wirksam verwendet werden können.

Wenn gewünscht wird, den Betrieb der zweiten Ausführungsform mit der vorliegenden Ausführung durchzuführen, können die vierte Schalteinrichtung 514 und die sechste Schalteinrichtung 526 ausgeschaltet und die erste Schalteinrichtung 201 und die dritte Schalteinrichtung 501, wie in der zweiten Ausführungsform, gesteuert ein- und ausgeschaltet werden. Wenn gewünscht wird, den Betrieb der dritten Ausführungsform auszuführen, kann die sechste

Schalteinrichtung 526 ausgeschaltet werden und die erste Schalteinrichtung 201, die dritte Schalteinrichtung 501 und die vierte Schalteinrichtung 514 können, wie in der dritten Ausführungsform, gesteuert ein- und ausgeschaltet werden. Im Weiteren, wenn gewünscht wird, den Betrieb der fünften Ausführung auszuführen, kann die vierte Schalteinrichtung 514 ausgeschaltet werden und die erste Schalteinrichtung 201, die dritte Schalteinrichtung 501 und die sechste Schalteinrichtung 526 können, wie in der fünften Ausführungsform, gesteuert ein- und ausgeschaltet werden. Da die Details dieser Betriebsverhältnisse in der bereits gegebenen Betriebserklärung leicht zu verstehen sind, werden sie hier nicht beschrieben.

Eine siebente Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die Fig. 23 beschrieben. Die Fig. 23 ist ein Schema eines Hauptstromkreises, welches sich auf die siebente Ausführungsform bezieht, wobei diese Ausführungsform eine Kombination der dritten Ausführungsform und der fünften Ausführungsform ist. Der Seriestromkreis ist nämlich der dritten Gleichstromenergieversorgungseinheit E3, der vierten Schalteinrichtung 514 und der Diode 515 in der dritten Ausführungsform parallel geschaltet mit der ersten Diode 202 in der fünften Ausführungsform. Ihre Funktionsweise ist in der bereits gegebenen Betriebserklärung leicht zu verstehen und demzufolge hier nicht beschrieben.

Die verwendeten Transistoren sowie die Schalteinrichtungen in der zweiten bis zur siebten Ausführungsform können irgendwelche Einrichtungen sein, die elektrisch ein- und ausgeschaltet werden können, und können durch solche Schalteinrichtungen wie MOSFETs, IGBTs und SITs ersetzt werden, wobei die Wirkungen erhalten bleiben.

Die Komparatoren, Zeitstromkreise, Flip-Flops, Führungsgrößen, UND-Gates und Inverter, die in den Steuerstromkreisen der achten bis sechsten Ausführungsform auf analoger Basis angeordnet sind, können durch digitale Signalprozessoren, Mikroprozessoren etc., welche auf einer digitalen Basis arbeiten, ersetzt werden, wobei auch hier die Wirkungen erhalten bleiben.

Es ist ersichtlich, dass die vorliegende Erfindung, wie vorgängig beschrieben, ein Energieversorgungsgerät hervorbringt, welches eine hohe Leistungsfähigkeit aufweist, welches einen gewünschten elektrischen Entladestrom erzeugt, welches eine hohe Ansprechgeschwindigkeit aufweist und welches extrem wenig Stromwelligkeiten vorsieht. Mit der vorliegenden Erfindung wird ein kompaktes kostengünstiges Energieversorgungsgerät zur Verfügung gestellt, welches eine stabile Bearbeitung gewährleistet.

Es wird ausdrücklich auf den gesamten Inhalt der ausländischen Patentanmeldungen Bezug genommen, für welche die Priorität der vorliegenden Anmeldung beansprucht worden ist.

Obschon die vorliegende Erfindung durch bevorzugte Ausführungsformen mit einem gewissen Grad von Besonderheiten erläutert worden ist, sollen die bevorzugten Ausführungsformen lediglich als Beispiele verstanden werden. Es können zahlreiche

Modifikationen von Einzelheiten und Kombinationen von Komponenten vorgenommen werden, ohne dass vom Geist und Ausmass der vorliegenden Erfindung gemäss der Definition im Anspruchsteil abgewichen wird.

Patentansprüche

1. Energieversorgungsgerät für eine Funkenerosionsmaschine für die Anlegung einer impulsförmigen elektrischen Leistung an einem Bearbeitungsspalt zwischen einer Elektrode (1) und einem Werkstück (2), enthaltend:

- einen ersten Versorgungsstromkreis für einen konstanten Strom (200) mit einer Energieversorgung (E_0 , E_1), einem ersten steuerbaren Schaltmittel (201) für die Unterbrechung der Verbindung zwischen der Energieversorgung (E_0 , E_1) und dem Ausgang des konstanten Versorgungsstromkreises (200) und einer Drosselspule (203);
- ein erstes Stromnachweismittel (205) für den Nachweis des Ausgangsstromes des ersten konstanten Versorgungsstromkreises (200) und für die Abgabe eines Stromnachweissignals (207);
- einen Schaltkreis (230) für die Vorgabe eines gewünschten Wertes für die Einstellung eines Ausgangswertbefehles (208) des konstanten Versorgungsstromkreises (200);
- ein erstes Vergleichsmittel (232, 504) für den Vergleich des Ausgangswertbefehles (208) und dem Stromnachweissignal (207) und einem Ausgangsteuersignal für das erste steuerbare Schaltmittel (201) des konstanten Versorgungsstromkreises (200) auf Basis des Vergleichsresultates;
- ein Zeitgebermittel (400, 512), welches zwischen dem Vergleichsmittel (232, 504) und dem ersten steuerbaren Schaltmittel (201) vorgesehen ist, für den Empfang des Steuersignals des Vergleichsmittels (232, 504) und für die Abgabe eines Ein-Signals für das erste Schaltmittel (201), wenn eine vorbestimmte Zeitdauer abgelaufen ist, nachdem das Vergleichsmittel (232, 504) ein Aus-Signal abgegeben hat, wobei das Aus-Signal für das Vergleichsmittel (232, 504) während der vorbestimmten Zeitdauer an das erste Schaltmittel (201) abgegeben wird;
- einen Ein-/Aus-Schaltkreis (210) welcher zwischen dem Output des konstanten Versorgungsstromkreises (200) und dem Bearbeitungsspalt angeordnet ist mit einem zweiten steuerbaren Schaltmittel (211), welches in Abhängigkeit des Entladungsbefehles in Abhängigkeit der vorbestimmten Pulsform gesteuert wird.

2. Energieversorgungsgerät gemäss Anspruch 1, gekennzeichnet durch

- eine erste Diode (202), welche im ersten konstanten Steuerstromkreis (200) vorgesehen ist, von welchem ein Ende mit der Klemme einer ersten Energieversorgung (E_0 , E_1) verbunden ist und dessen anderes Ende mit dem Verbindungspunkt des ersten Schaltmittels (201) und der Drosselspule (203) verbunden ist.

3. Energieversorgungsgerät gemäss Anspruch 2, gekennzeichnet durch

- eine serielle Verbindung, enthaltend eine zweite

Energieversorgung (E_2), welche eine Spannung aufweist, die fähig ist, den Bearbeitungsspalt mit einer Spannung zu versorgen, die gleich oder kleiner als die elektrische Entladungsspannung ist, ein drittes Schaltmittel (501) und eine zweite Diode (502), wobei die serielle Verbindung parallel zur ersten Diode (202) des ersten konstanten Stromkreises (200) angeordnet ist.

4. Energieversorgungsgerät gemäss Anspruch 3, gekennzeichnet durch

- ein zweites Vergleichsmittel (505) welches das Stromnachweissignal (207), das durch das erste Stromnachweismittel (205) mit einem Überstrombefehl (507) abgegeben wird, welcher durch die Summierung des Ausgabewertbefehles (208) und einer vorgegebenen Gleichstromspannung (506) resultiert, vergleicht;
- ein Statusspeichermittel (508) mit einem Reset-Input, der mit dem Output des zweiten Vergleichsmittels (505) verbunden ist und einem vorgegebenen Input, an welchem das invertierte Outputsignal des ersten Vergleichsmittels (504) abgegeben wird;
- wobei das erste steuerbare Schaltmittel (201) durch das Produkt des Outputsignals des Zeitgebermittels (512) des Outputsignals des ersten Statusspeichermittels (508) und des Entladungsbefehls gesteuert wird, und das dritte Schaltmittel (501) durch das Produkt des Outputsignals des ersten Statusspeichermittels (508) und dem Entladungsbefehl gesteuert wird; und
- wobei das erste Schaltmittel (201) für eine Zeitdauer ausgeschaltet wird, welche durch das Zeitgebermittel (512) festgelegt wird, wenn der Stromnachweiswert grösser wird als der Ausgabewertbefehl (208) und das dritte Schaltmittel (501) ebenfalls ausgeschaltet wird, wenn das Stromnachweissignal grösser wird als der Überstrombefehlswert (507).

5. Energieversorgungsgerät gemäss Anspruch 4, gekennzeichnet durch

- eine dritte Energieversorgung (E_3) welche in Serie mit einem vierten Schaltmittel (514) und einer dritten Diode (515), die parallel mit der ersten Diode (202) des ersten konstanten Versorgungsstromkreises (200) verbunden ist, geschaltet ist, wobei die dritte Energieversorgung eine Spannung aufweist, die fähig ist, den Bearbeitungsspalt mit einer Spannung zu versorgen, die höher ist als die elektrische Entladungsspannung und tiefer als die Spannung, welche durch die erste Energieversorgung (E_1) abgegeben wird; und
- wobei das vierte Schaltmittel (514) durch das Ausgabesignal des Zeitgebermittels (512) und ein Stromzunahmesignal gesteuert wird, das Ausgabesignal des ersten Statusspeichermittels (508) ebenso wie der Entladungsbefehl, und wobei das vierte Schaltmittel (514) für eine Zeitdauer ausgeschaltet wird, welche durch das Zeitgebermittel (512) – vorgegeben wird, wenn der Stromnachweiswert den Outputwertbefehl überschreitet und das dritte und vierte Schaltmittel (501, 514) ausgeschaltet sind, wenn der Stromnachweiswert den Überstrombefehlswert überschreitet.

6. Energieversorgungsgerät gemäss Anspruch 4, gekennzeichnet durch

- eine serielle Verbindung, die eine vierte Energie-

versorgung (E₄) aufweist mit einer variablen Spannung, einem vierten Schaltmittel (514) und einer dritten Diode (522), parallel verbunden mit der ersten Diode (202) des konstanten Versorgungsstromkreises;

– wobei das vierte Schaltmittel (514) gesteuert wird durch das Produkt des Ausgabesignals des Zeitgebermittels (512), dem Ausgabesignal des ersten Statusspeichermittels (508) und dem Entladungsbefehl des ersten Schaltmittels (201), das durch das Produkt eines Nullladungsspannungssignals und eines Entladungsbefehls gesteuert wird, dem dritten Schaltmittel (501), das gesteuert wird durch das Produkt des Ausgangssignals des ersten Statusspeichermittels (508) und des Entladungsbefehls, und wobei das vierte Schaltmittel (514) im Weiteren während einer Zeitdauer ausgeschaltet ist, die durch das Zeitgebermittel (512) vorgegeben wird, wenn der Stromnachweiswert des ersten Stromnachweismittels (205) den Ausgabewert überschreitet und das dritte und vierte Schaltmittel (501, 514) ebenfalls ausgeschaltet werden, wenn der Stromnachweiswert des Stromnachweismittels (205) den Überstrombefehlswert überschreitet.

7. Energieversorgungsgerät gemäss Anspruch 4, gekennzeichnet durch

– eine serielle Verbindung, enthaltend eine dritte Energieversorgung (E₃), mit einer Spannung, die fähig ist, den Bearbeitungsspalt mit einer Spannung zu versorgen, die höher ist als eine Spannung, die durch die erste Energieversorgung (E₁) abgegeben wird, ein viertes Schaltmittel (514) und einen Widerstand (529), wobei die serielle Verbindung parallel zum Bearbeitungsspalt angeordnet ist; und

– wobei das erste Schaltmittel (201) gesteuert wird durch das Produkt des Ausgabesignals des Zeitgebermittels (512) des Ausgabesignals des ersten Statusspeichermittels (508) und dem Entladungsbefehl, das dritte Schaltmittel (501) durch das Produkt des Ausgabesignals des ersten Statusspeichermittels (508) und den Entladungsbefehl gesteuert wird, das zweite Schaltmittel (211) durch den Entladungsbefehl gesteuert wird und im Weiteren das erste Schaltmittel (201) für eine Zeitdauer ausgeschaltet wird, die durch das Zeitgebermittel (512) festgelegt wird, wenn der Nachweisstromwert des Stromnachweismittels (205) den Ausgabewert überschreitet und das dritte Schaltmittel ebenfalls ausgeschaltet wird, wenn der Nachweisstromwert des Stromnachweismittels (205) den Überstrombefehlswert überschreitet und das vierte Schaltmittel (514) durch das Produkt eines hohen Spannungsimpuls-signals und des Entladungsbefehls eingeschaltet wird.

8. Energieversorgungsgerät gemäss Anspruch 2, gekennzeichnet durch

– die erste Energieversorgung, umfassend mehrere Energieversorgungen (E₂, E₆, E₇), die mehrere vorbestimmte Spannungen besitzen und in Serie geschaltet sind, wobei eine der vielen Energieversorgungen (E₂, E₆, E₇) eine Energieversorgung ist, die eine Spannung aufweist, die fähig ist, den Bearbeitungsspalt mit einer Spannung zu versorgen, die gleich oder kleiner als die elektrische Entladungsspannung ist; und

– wobei eine serielle Verbindung mit einem dritten Schaltmittel (501) und einer zweiten Diode (502) vorgesehen ist, wobei eines der Enden der seriellen Verbindung mit dem Verbindungspunkt der zweiten Energieversorgung (E₂) und der dritten Energieversorgung (E₃) verbunden ist, und das andere Ende mit dem Verbindungspunkt des ersten Schaltmittels (201) und der Drosselspule (203) verbunden ist.

9. Energieversorgungsgerät gemäss Anspruch 8, gekennzeichnet durch

– eine der mehreren Energieversorgungen als vierte Energieversorgung (E₇) verwendet wird, welche eine Spannung aufweist, die fähig ist, den Bearbeitungsspalt mit einer Spannung zu versorgen, die höher ist als die elektrische Entladungsspannung und tiefer als die Spannung, welche durch die erste Energieversorgung in Verbindung mit der zweiten Energieversorgung abgegeben wird, wobei ein Ende der seriellen Verbindung des dritten Schaltmittels (501) und der zweiten Diode (502) mit dem Verbindungspunkt der dritten Energieversorgung und einer fünften Energieversorgung, die verschieden von der zweiten Energieversorgung ist, verbunden ist, und das andere Ende mit dem Verbindungspunkt des ersten Schaltmittels (201) und der Drosselspule (203) verbunden ist.

10. Energieversorgungsgerät gemäss Anspruch 8, gekennzeichnet durch eine sechste Energieversorgung (E₆), welche mit der ersten Energieversorgung (E₁) verbunden ist, wobei ein Ende einer seriellen Verbindung eines fünften Schaltmittels (526) und eines Widerstandes (529) mit einem Ende der sechsten Energieversorgung (E₆) und ihr anderes Ende entweder mit der Elektrode (1) oder dem Werkstück (2) verbunden ist.

FIG. 1

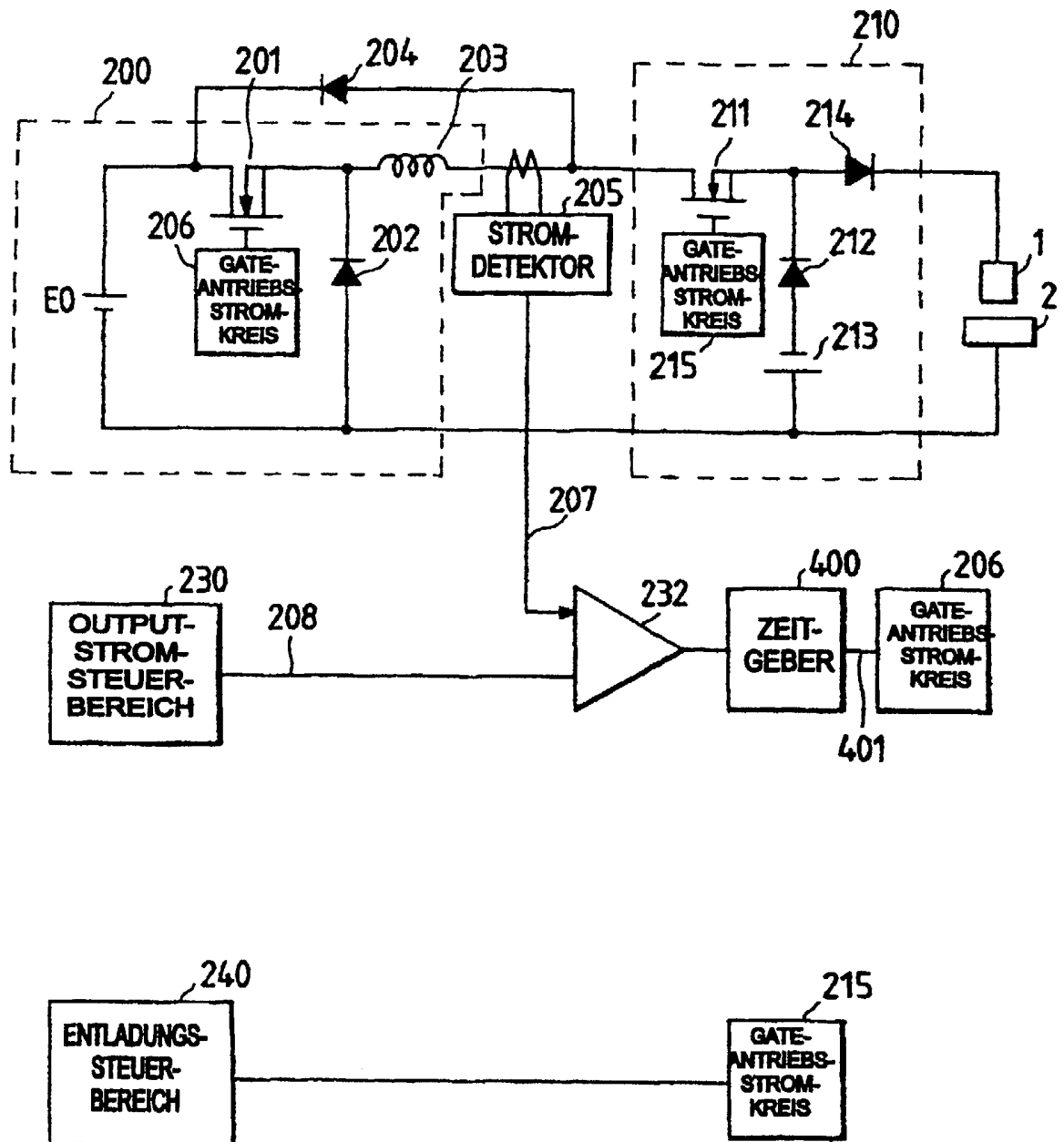


FIG. 2(a)



FIG. 2(b)

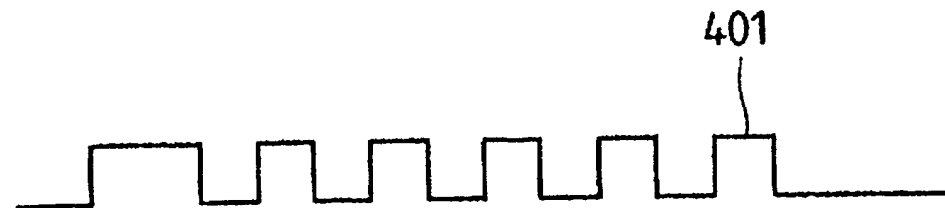


FIG. 2(c)

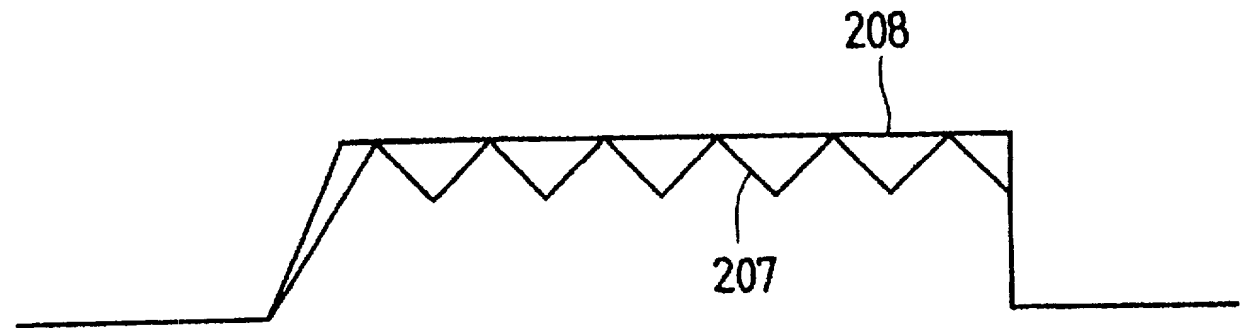


FIG. 3

BD1-BD3:
GATE-ANTRIEBSSTROMKREIS

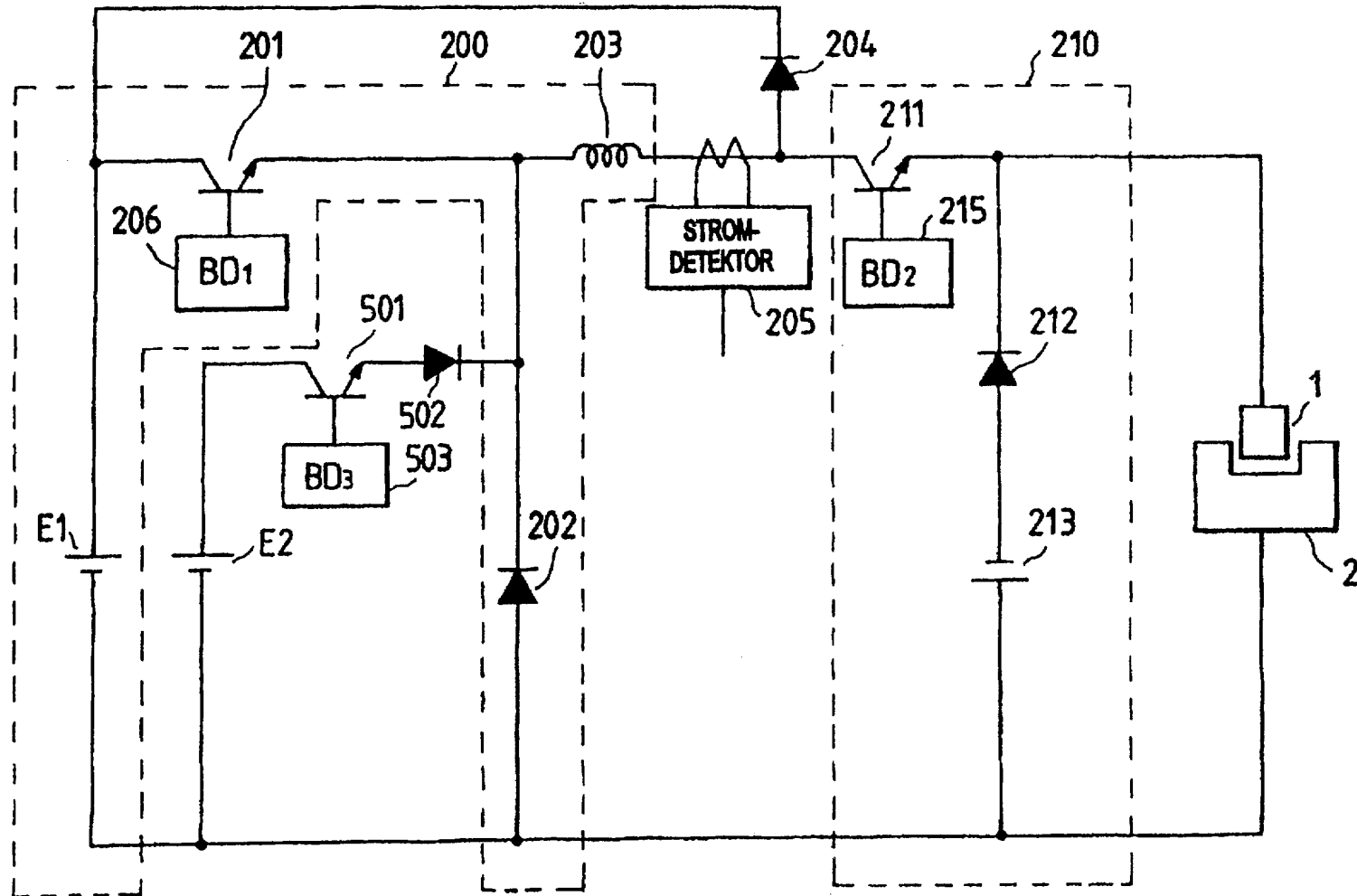


FIG. 4

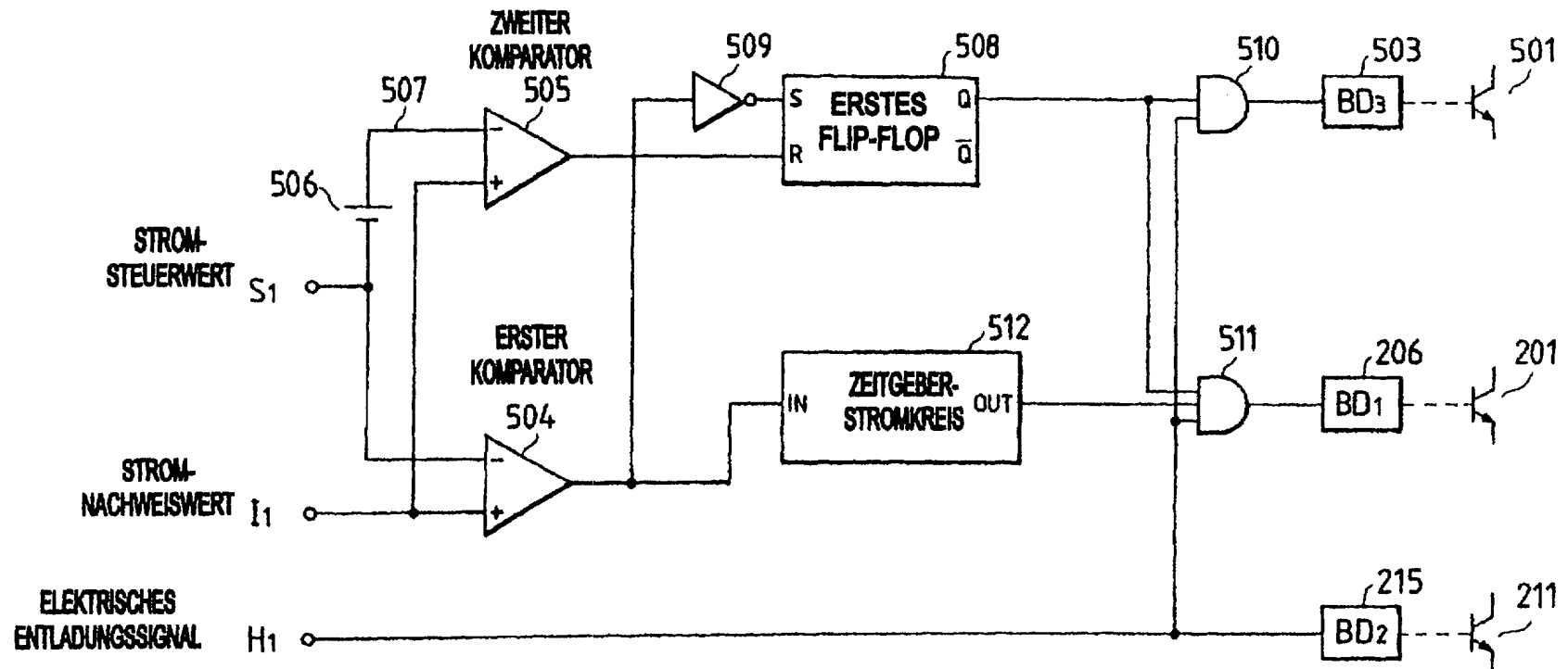


FIG. 5

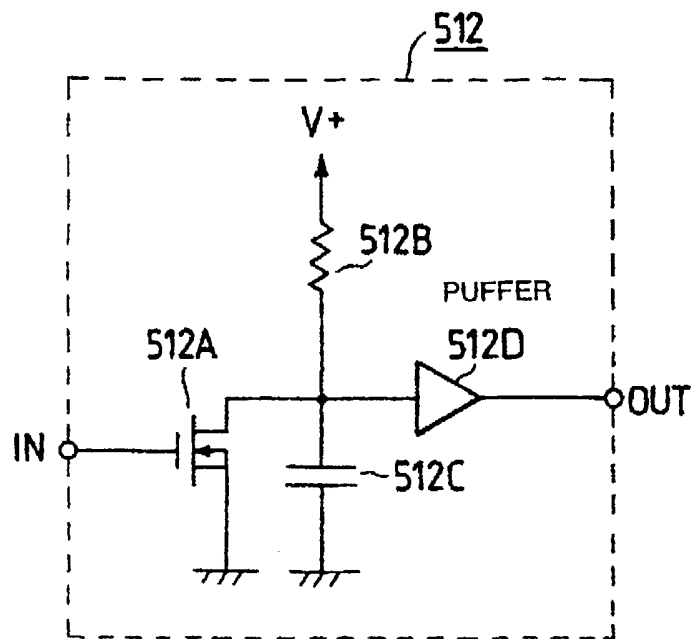


FIG. 6

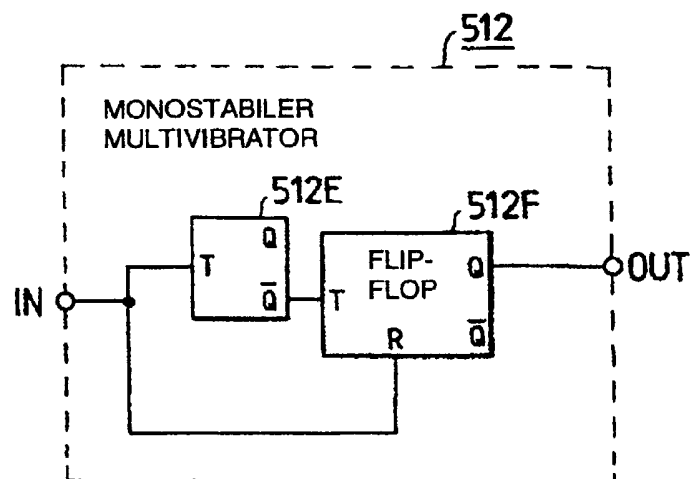


FIG. 7

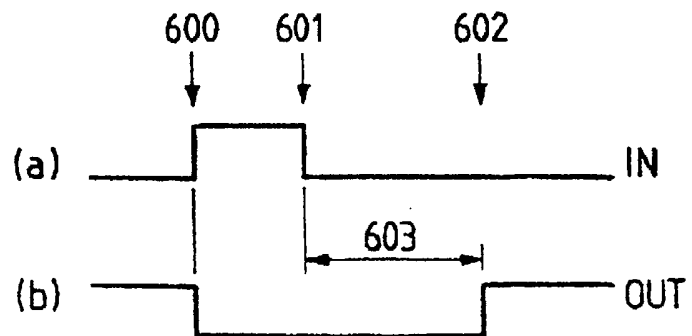


FIG. 8

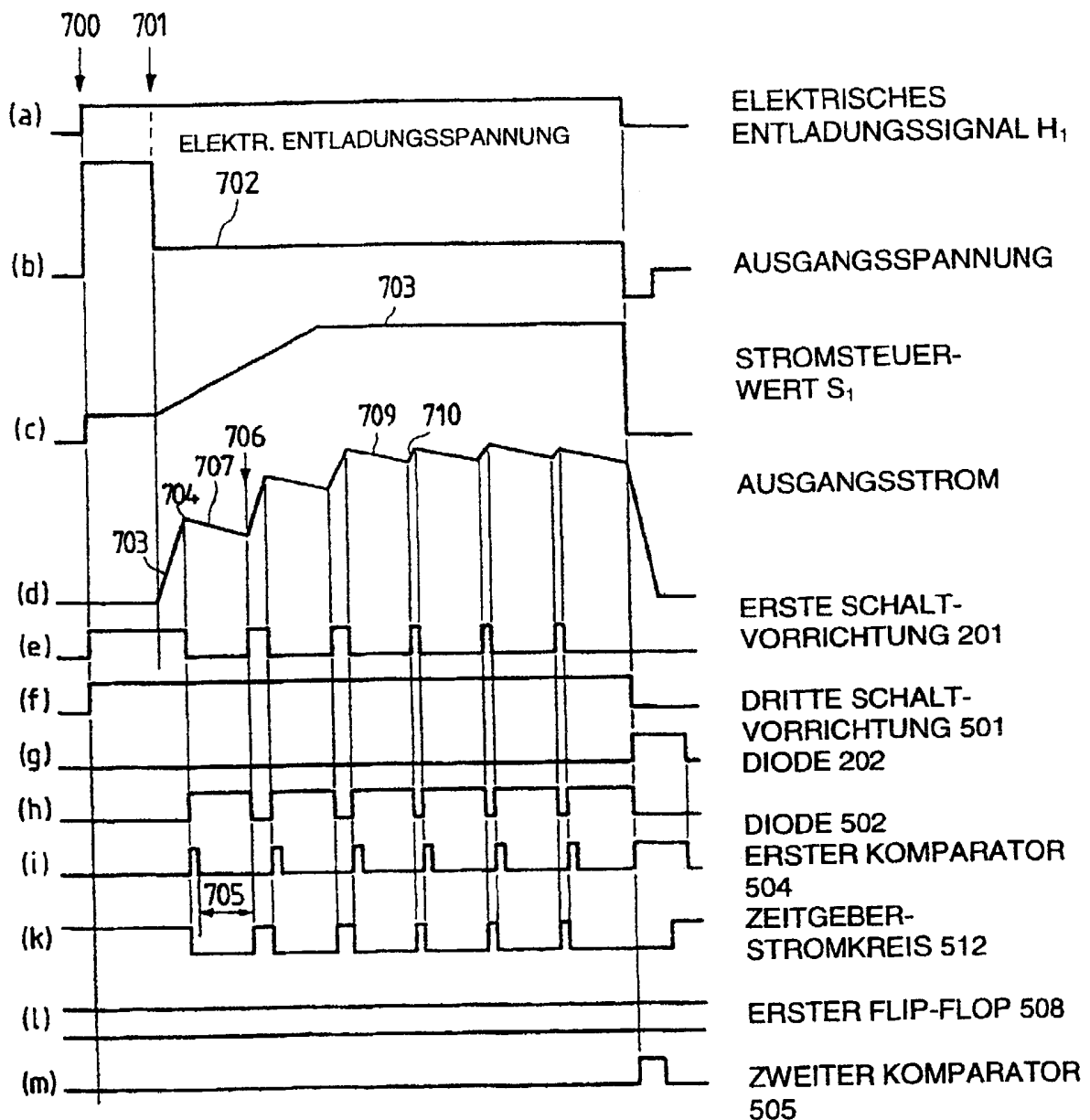


FIG. 9

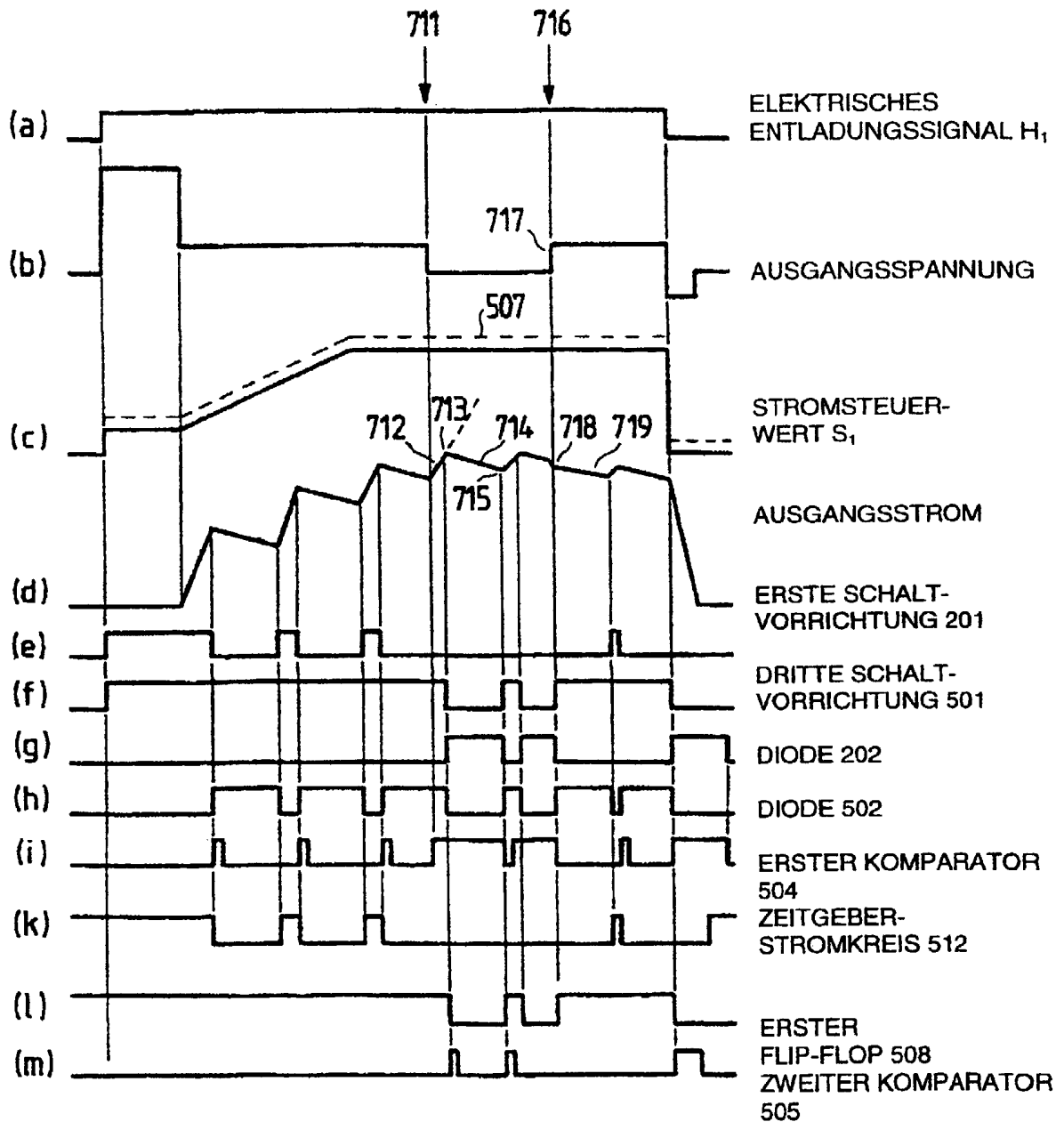


FIG. 10

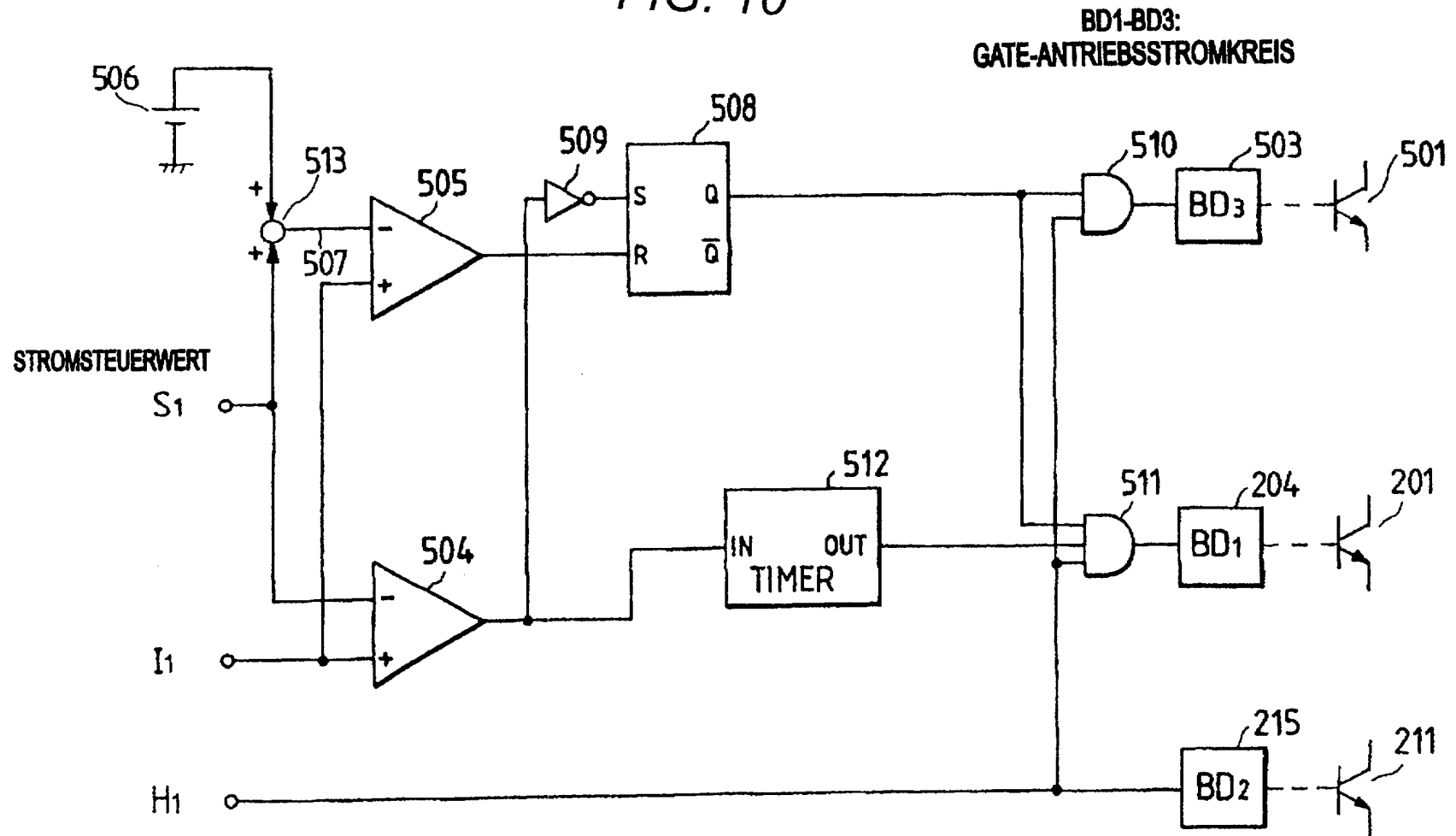


FIG. 11

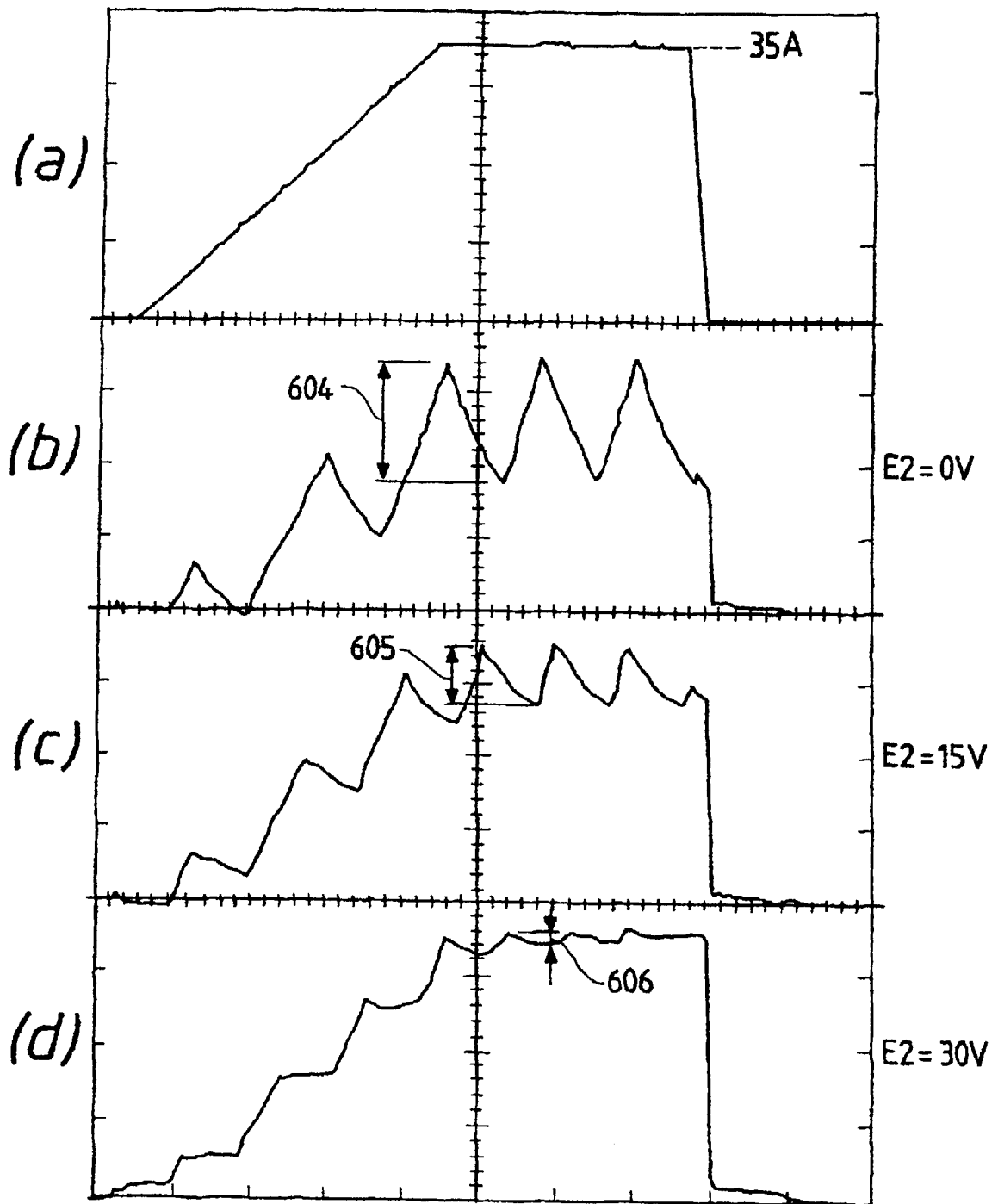
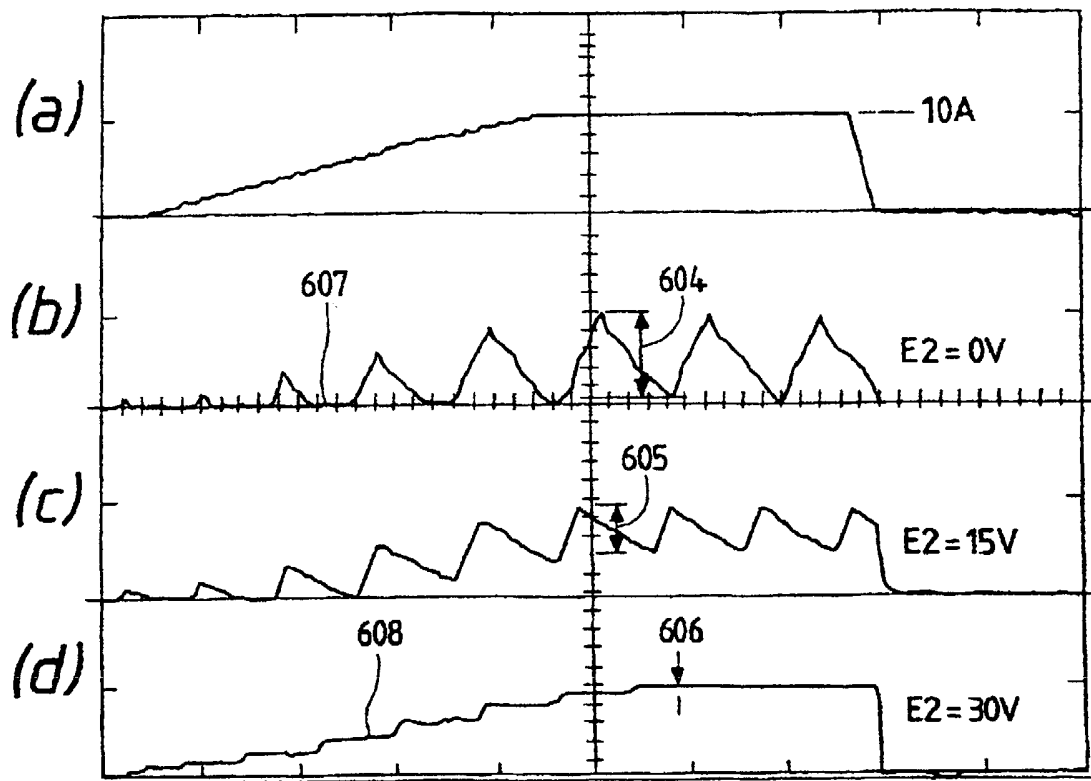


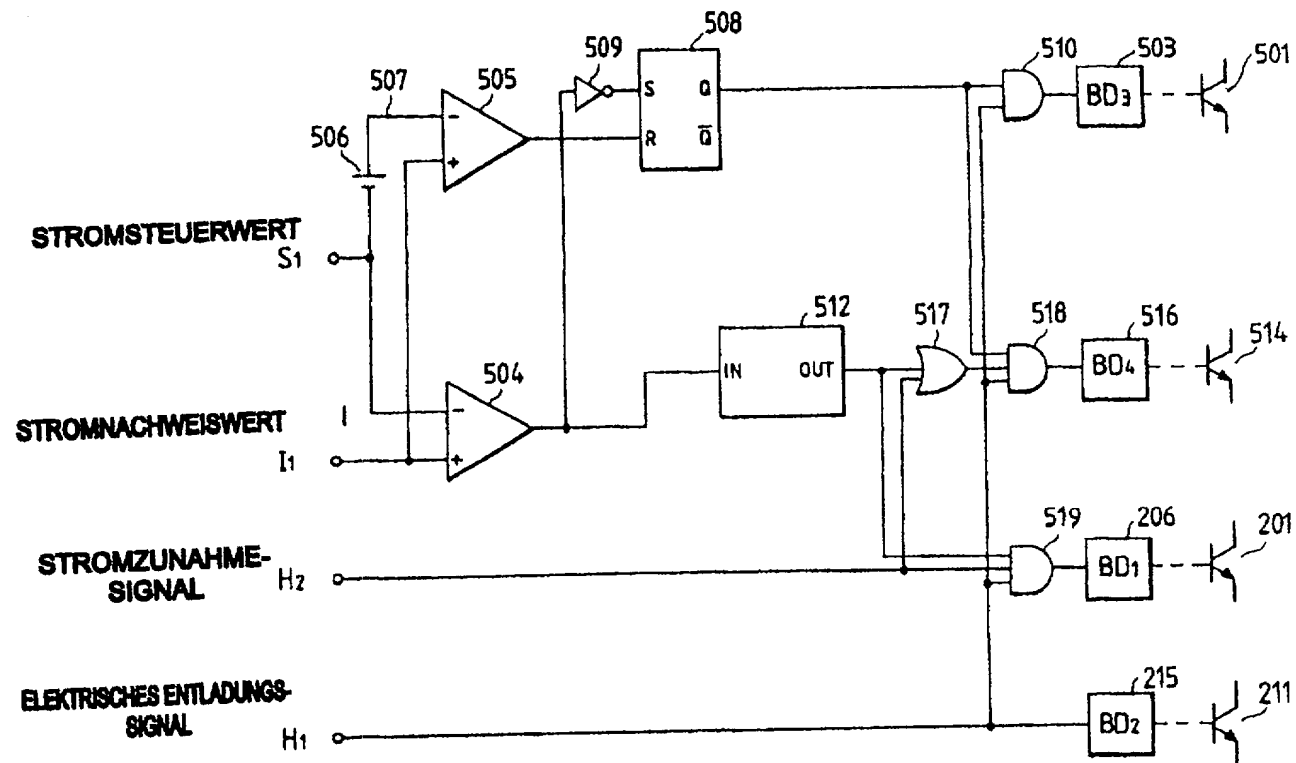
FIG. 12



The diagram illustrates a magnetic field detector circuit. It features a power supply $E1$ connected to a network of components. A dashed box encloses the main circuitry, which includes transistors $BD1$, $BD2$, $BD3$, and $BD4$, diodes 201 , 202 , 203 , 204 , 211 , and 212 , and resistors 205 and 213 . A 'STROM DETEKTOR' (Current Detector) is connected to the circuit. The output is connected to a magnetic field sensor assembly (1 and 2). The circuit is powered by $E1$, with additional sources $E2$ and $E3$ connected to specific components.

CH 693 324 A5

FIG. 14



BD1-BD4: GATE-ANTRIEBSSTROMKREIS

FIG. 15

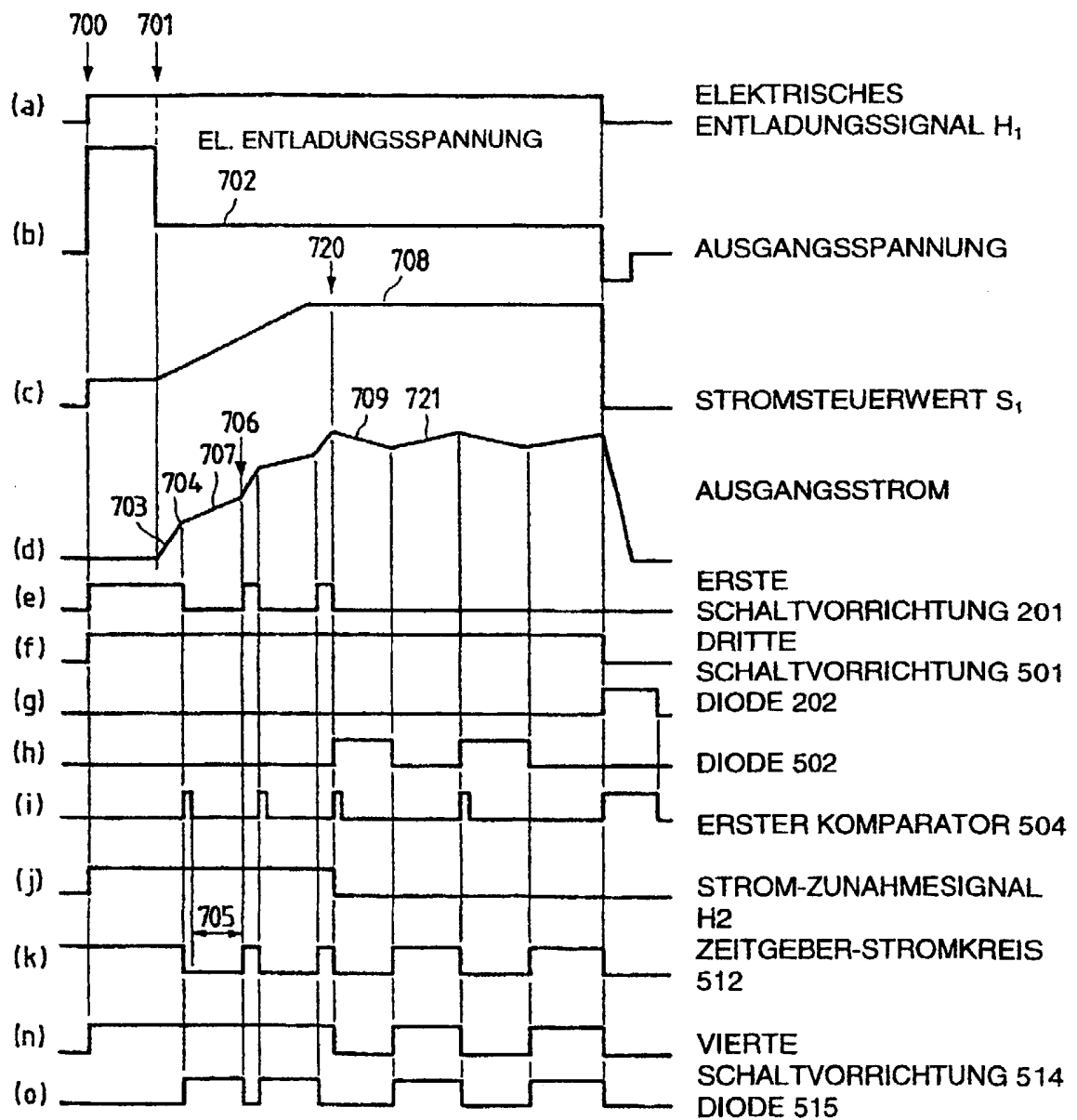
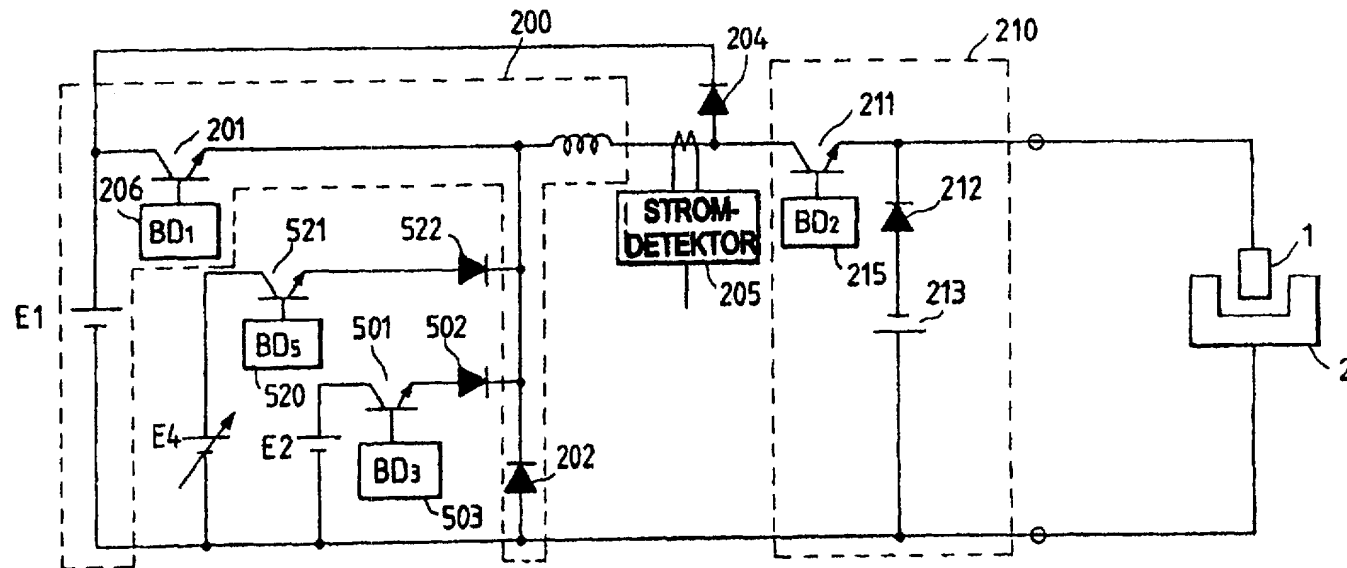


FIG. 16



BD1-BD3, BD5:
GATE-ANTRIEBSSTROMKREIS

FIG. 17

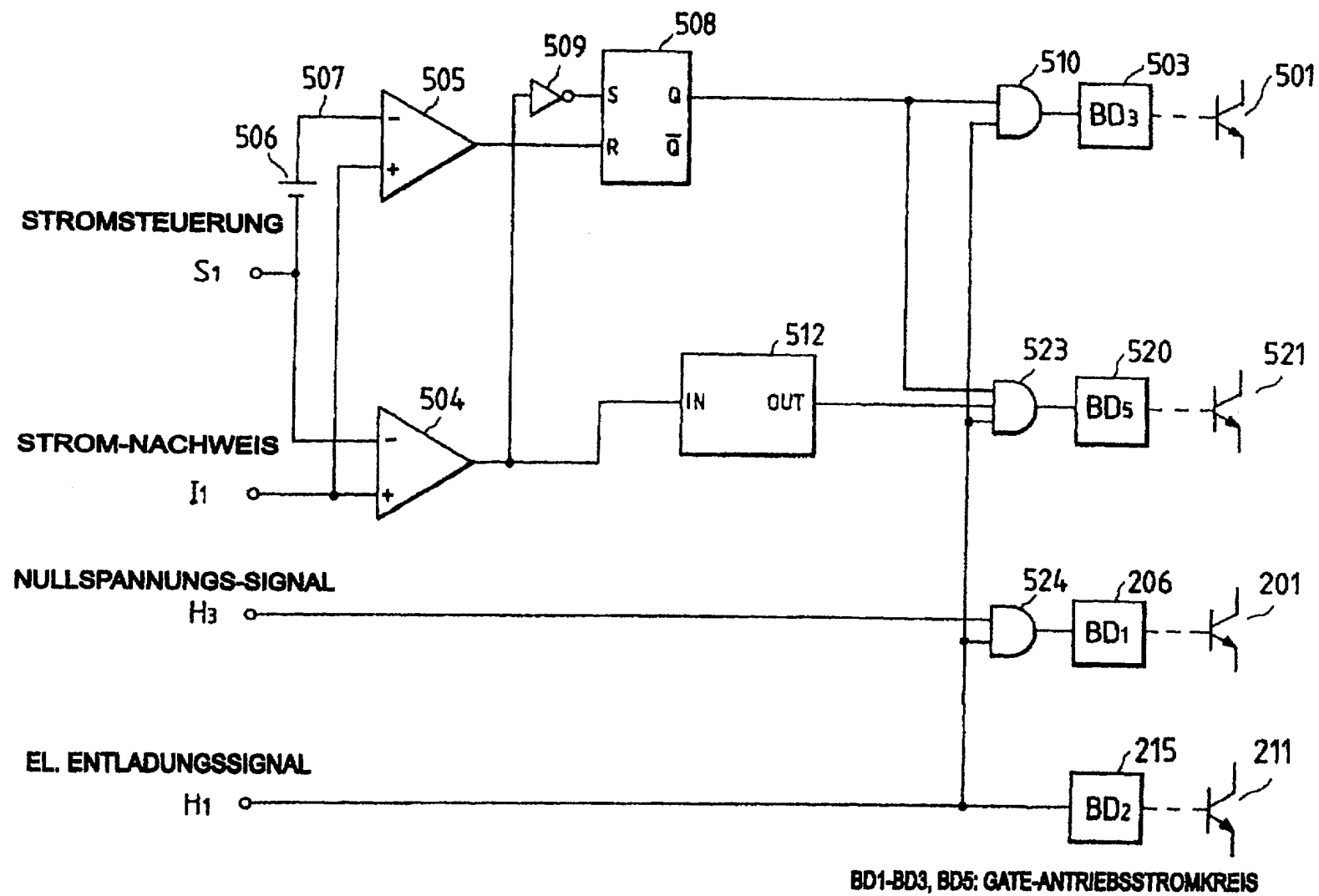


FIG. 18

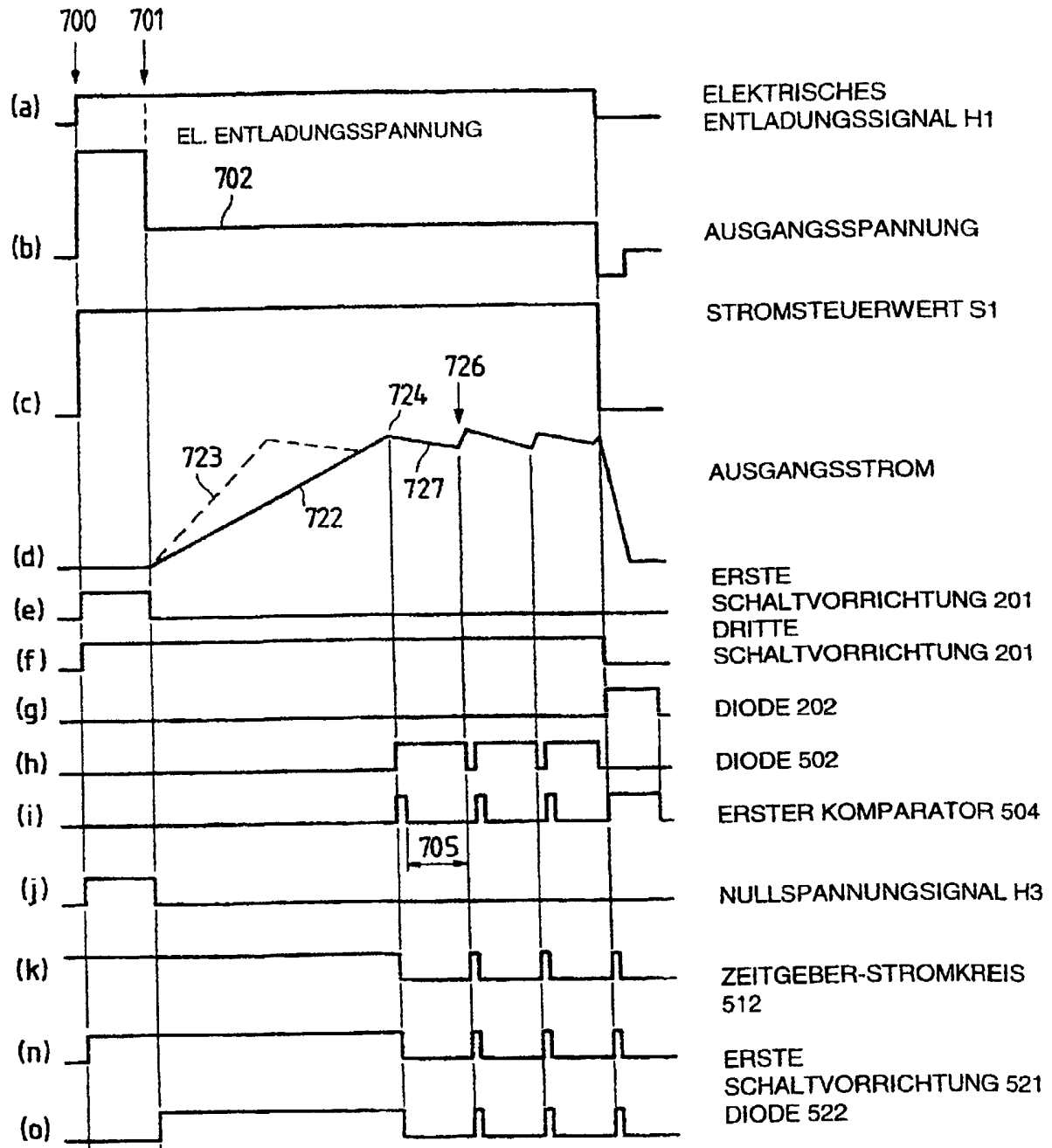
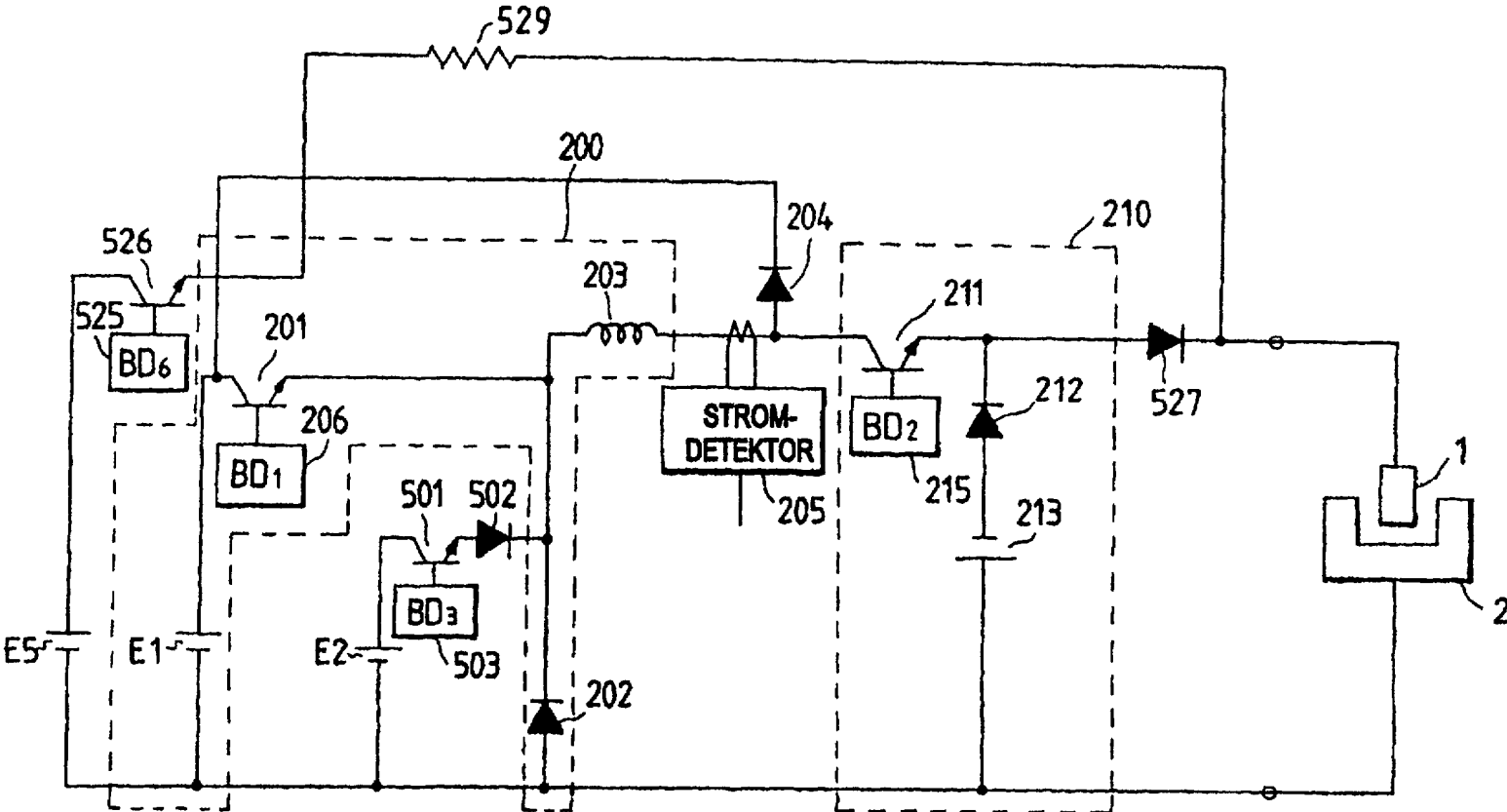


FIG. 19



BD1-BD3, BD6: GATE-ANTRIEBSSTROMKREIS

FIG. 20

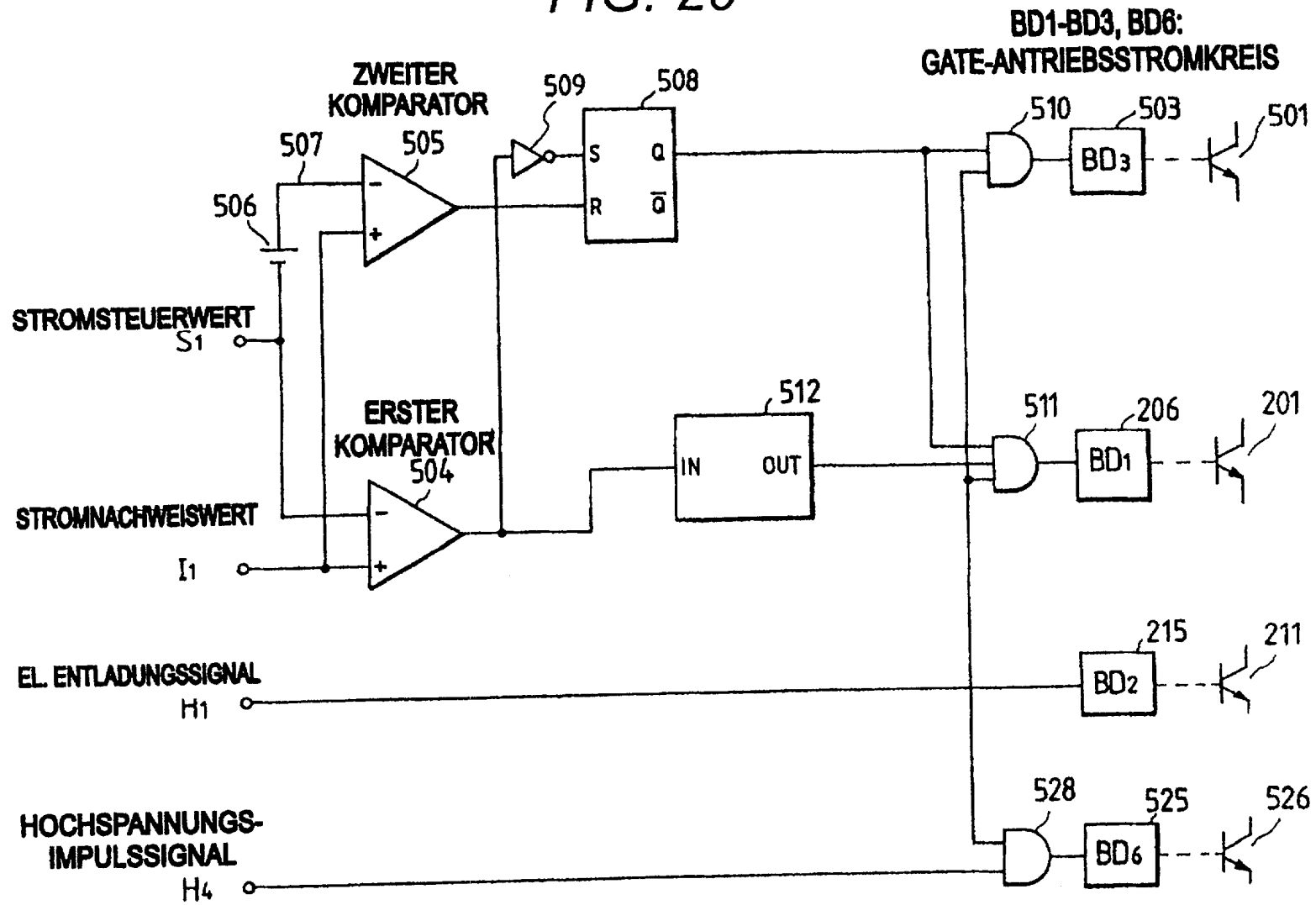


FIG. 21

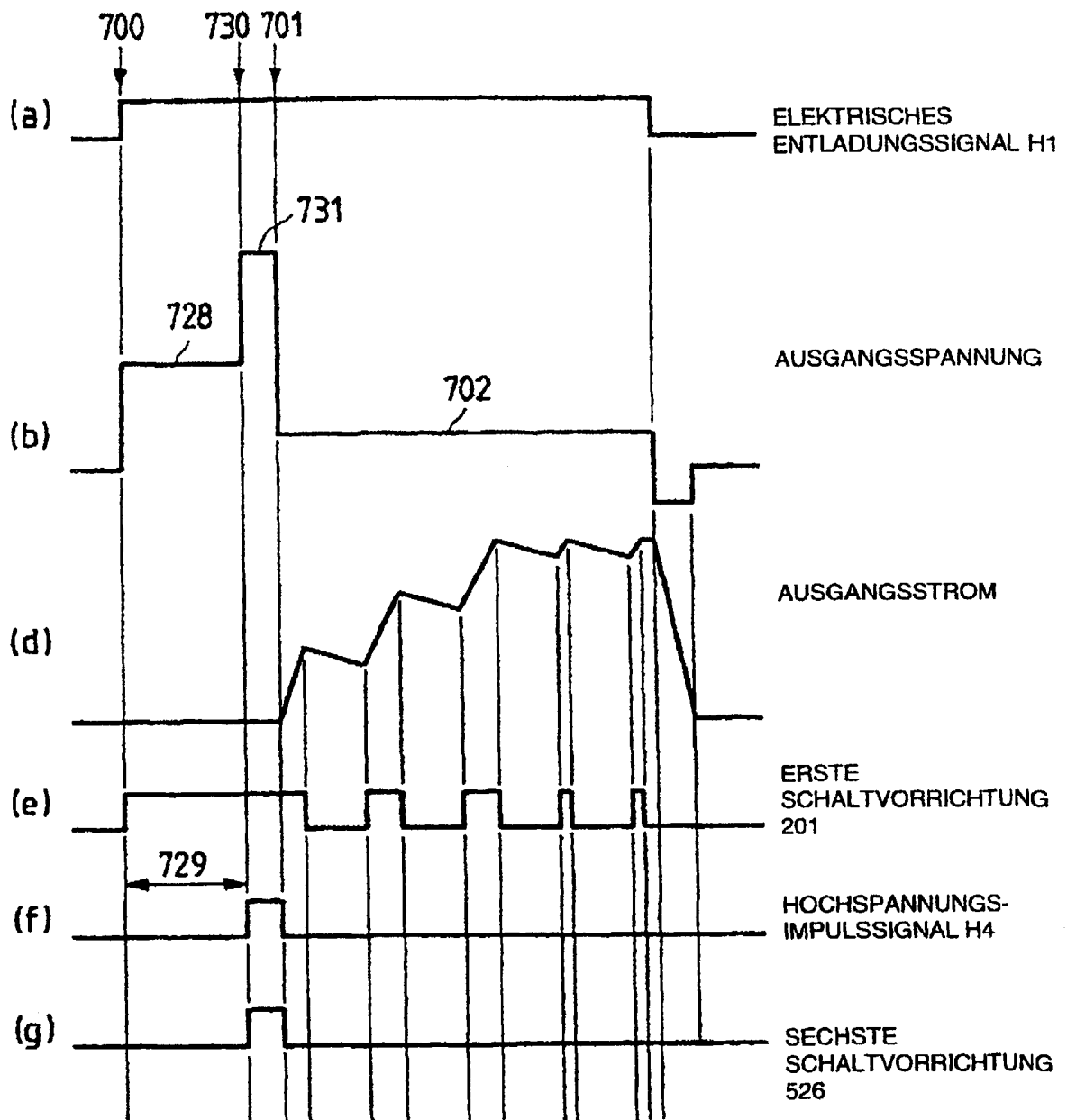


FIG. 22

BD1-BD4, BD6: GATE-ANTRIEBSSTROMKREIS

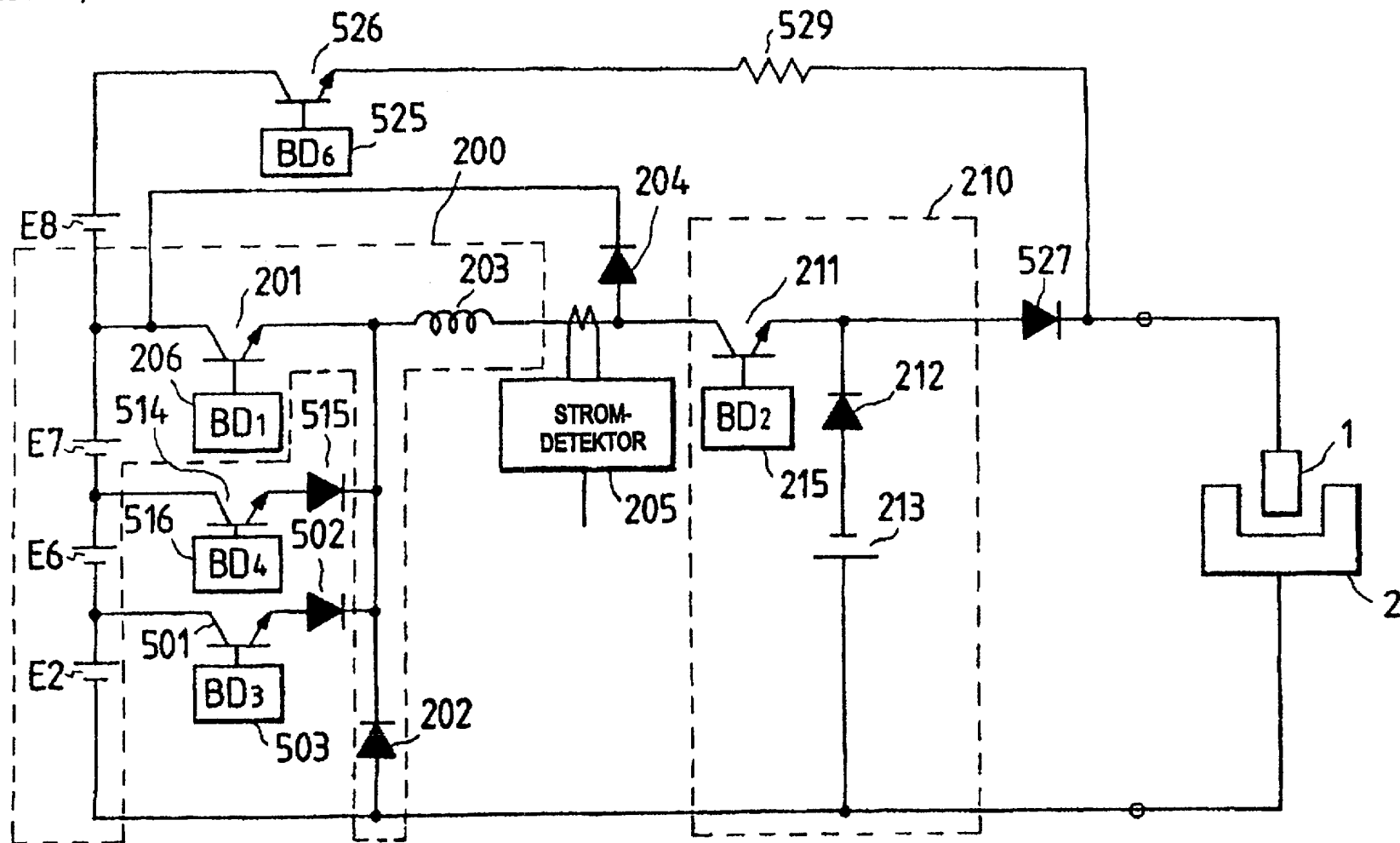
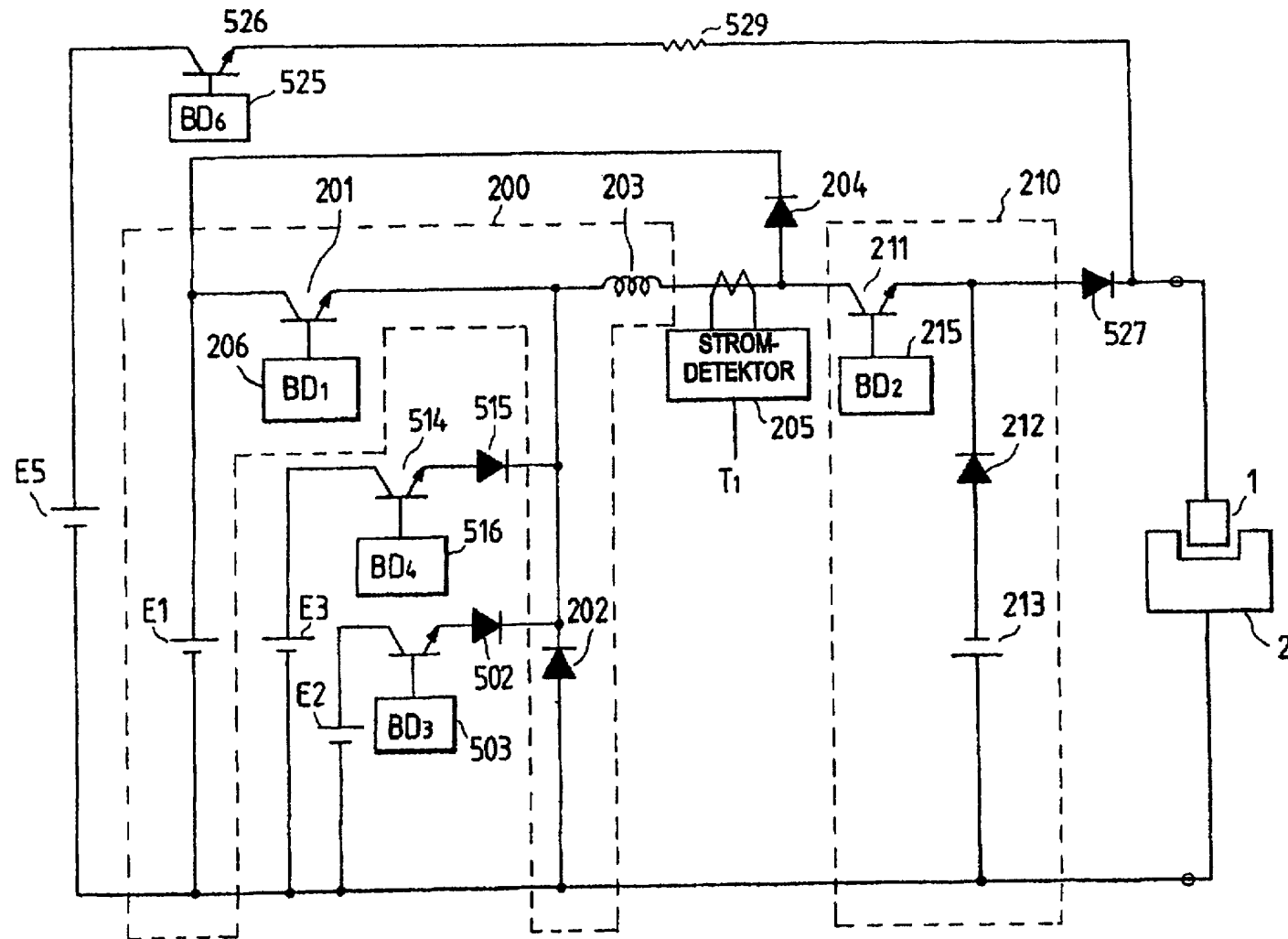


FIG. 23



BD1-BD4, BD6: GATE-ANTRIEBSSTROMKREIS

FIG. 24

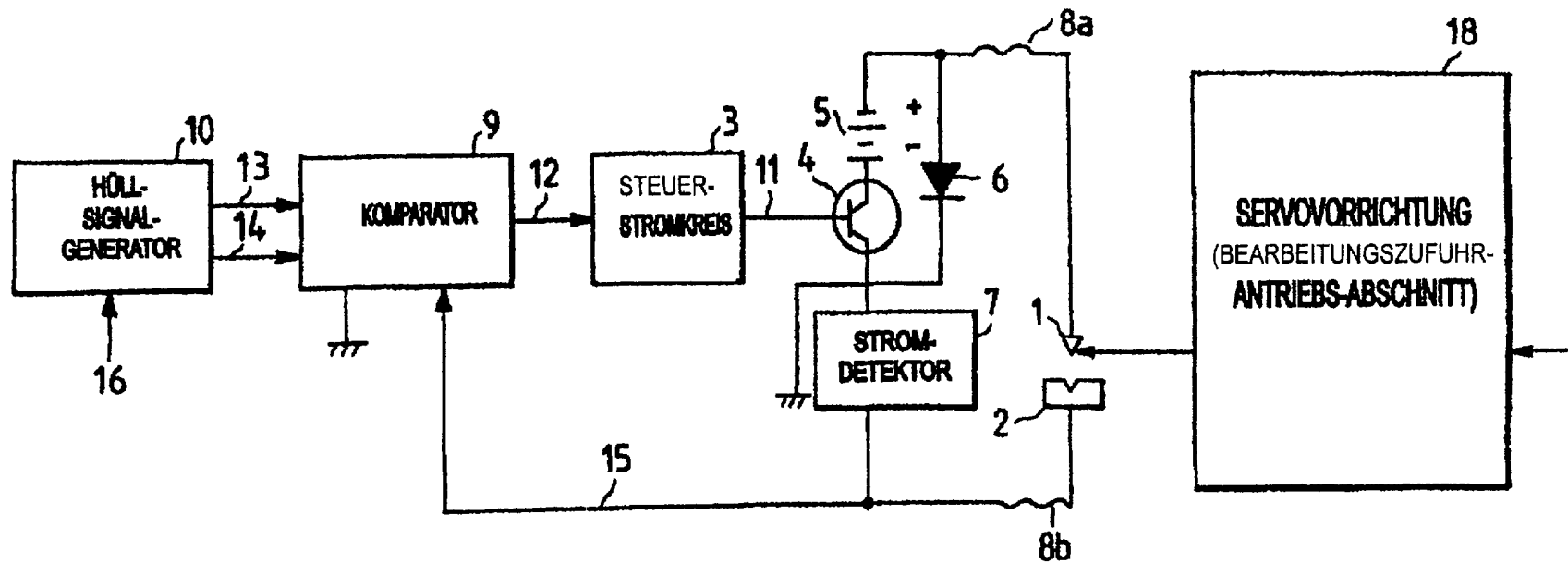


FIG. 25

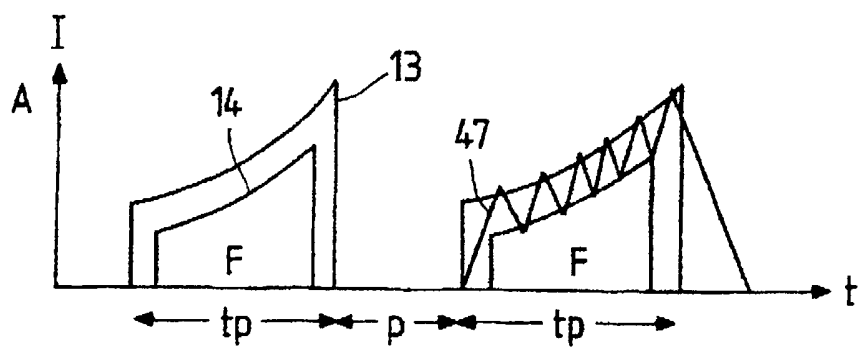


FIG. 26

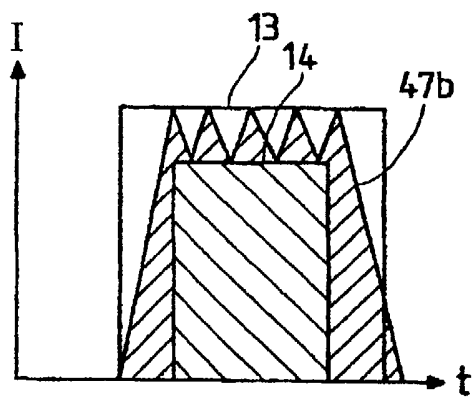


FIG. 27

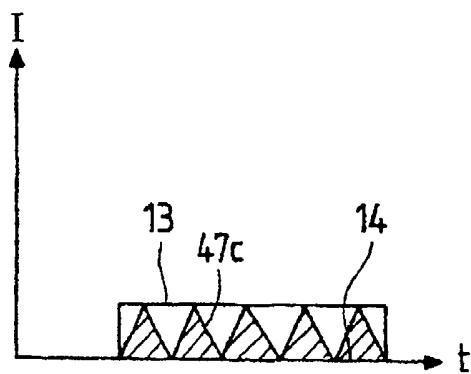


FIG. 28

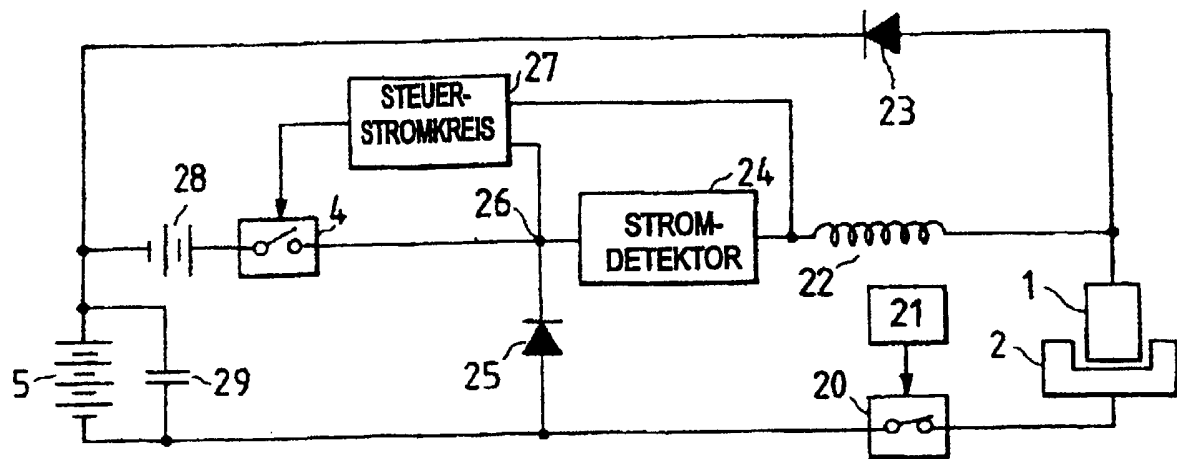


FIG. 29

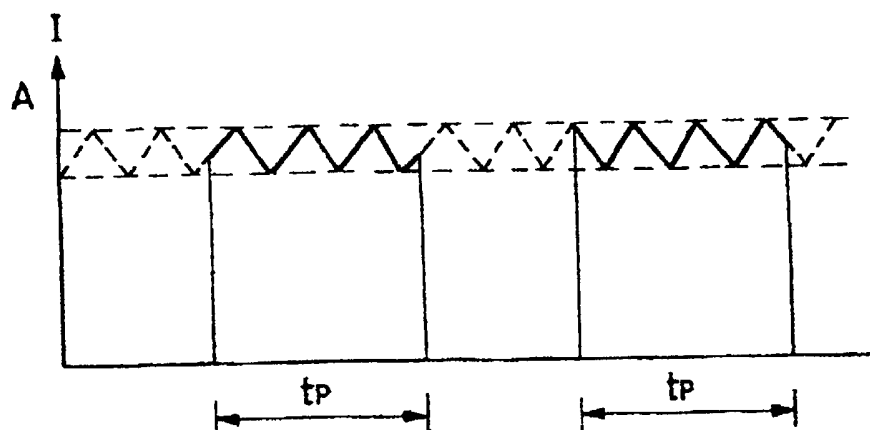


FIG. 30

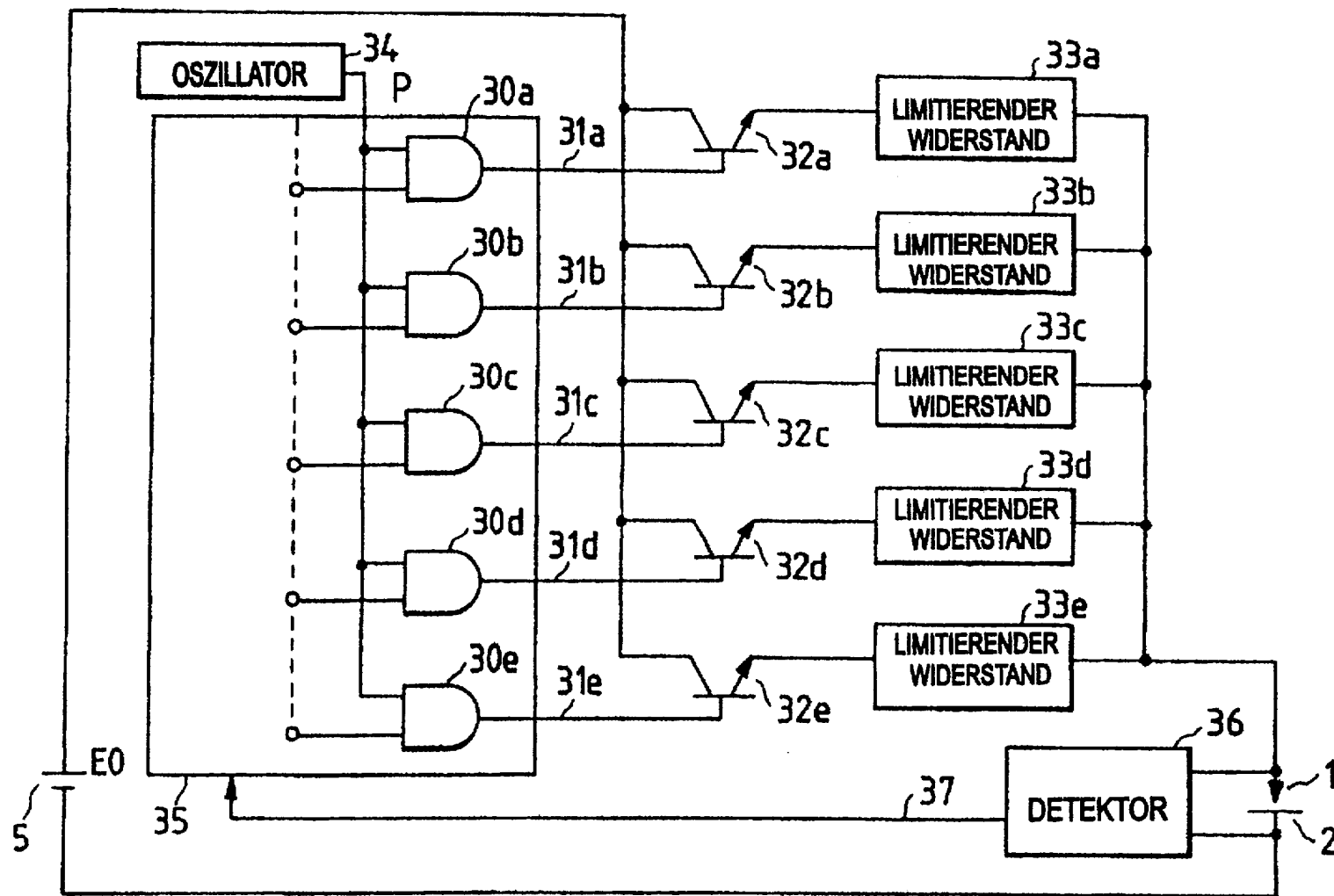


FIG. 31

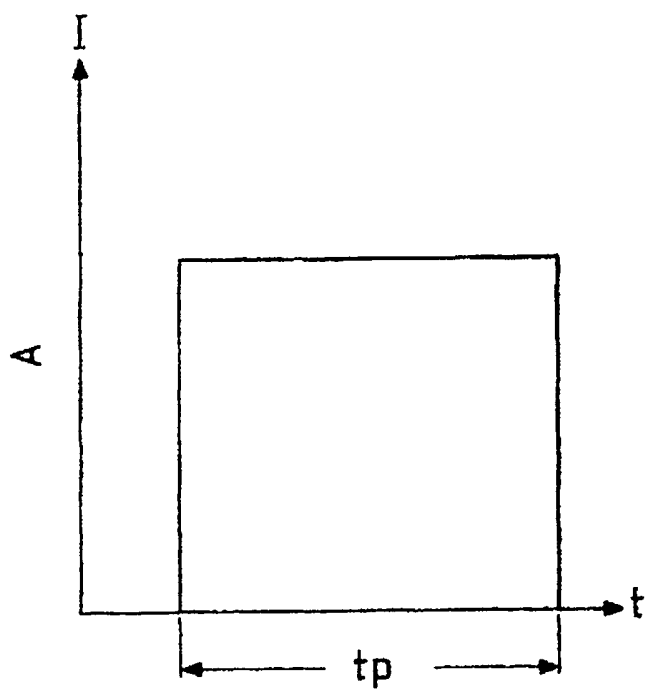


FIG. 32

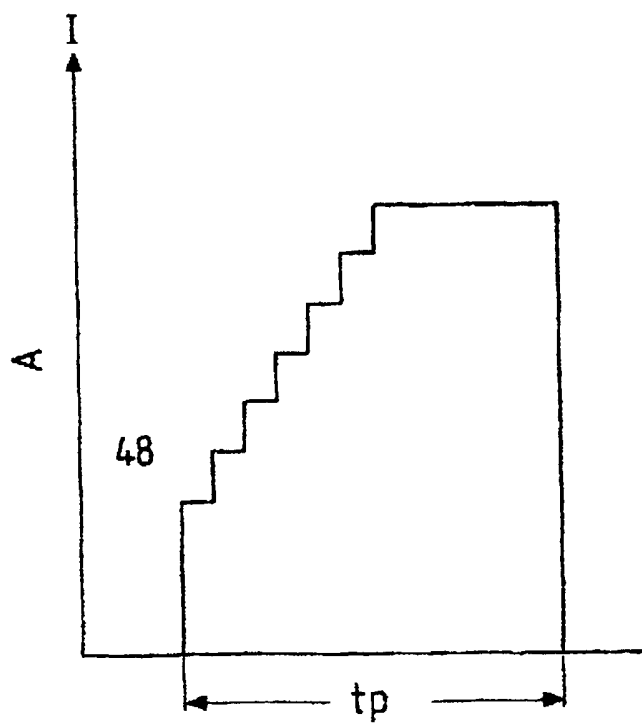


FIG. 33

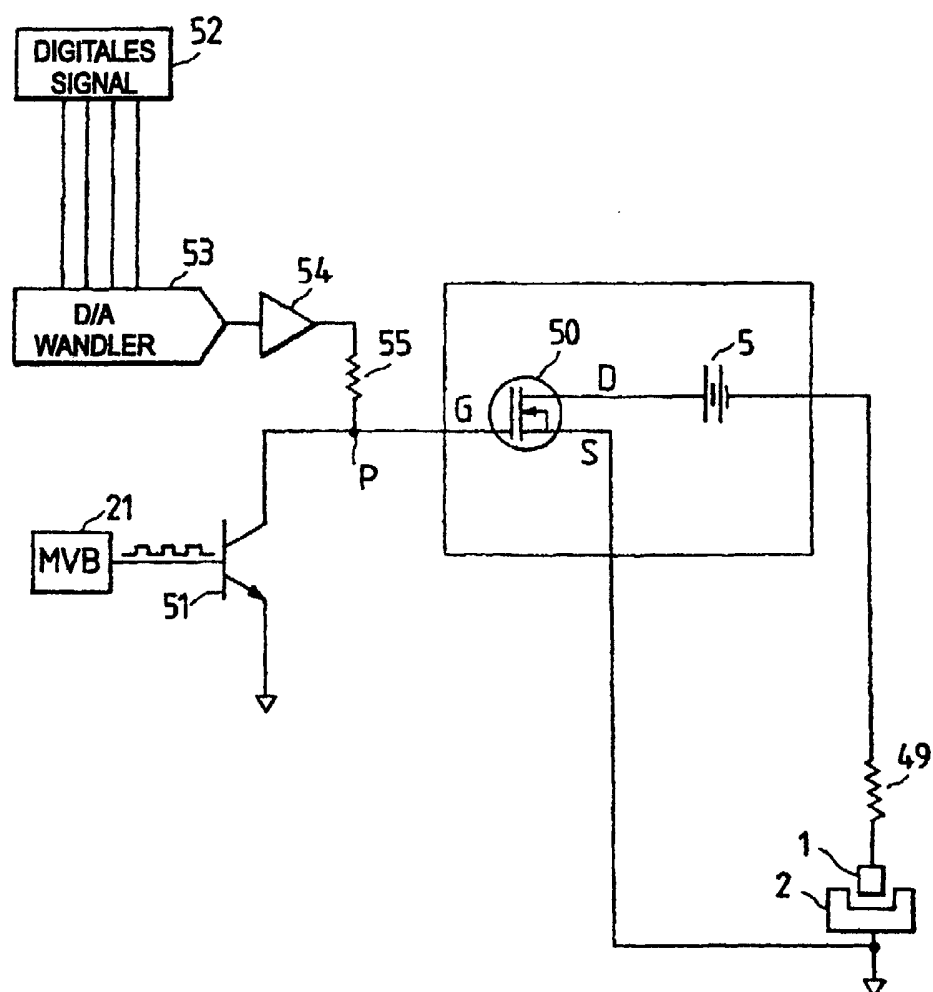


FIG. 34

