(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 199 597 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
23.06.2010 Patentblatt 2010/25

(51) Int Cl.:
F02P 3/01 *(2006.01)* ***F02P 23/04*** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **09014969.1**

(22) Anmeldetag: **03.12.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA RS

(30) Priorität: **16.12.2008 AT 19572008**

(71) Anmelder: **GE Jenbacher GmbH & Co OHG**
6200 Jenbach (AT)

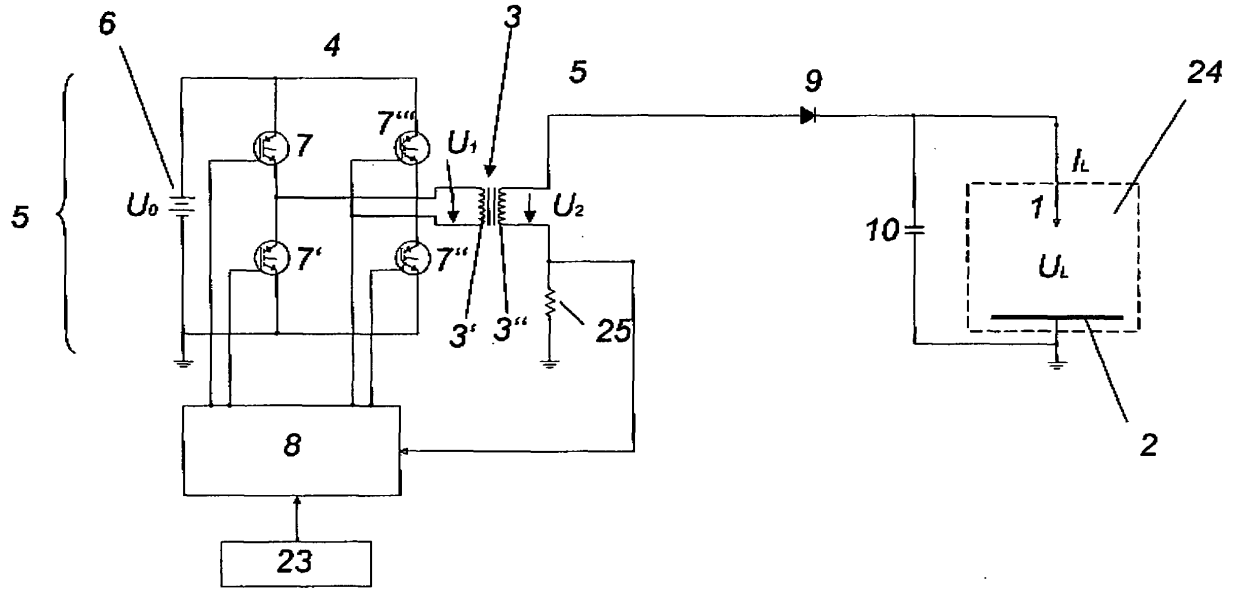
(72) Erfinder:
- **Kraus, Markus**
  6200 Wiesing (AT)
- **Lu, Hang**
  6330 Kufstein (AT)

(74) Vertreter: **Hofinger, Stephan et al**
Torggler & Hofinger
Patentanwälte
Wilhelm-Greil-Strasse 16
6020 Innsbruck (AT)

(54) **Zündeinrichtung für eine Brennkraftmaschine, welche eine Koronaentladung bereitstellt**

(57) Zündeinrichtung für eine Brennkraftmaschine, welche zur Zündung eines Treibstoff-/Luftgemischs im Brennraum (24) der Brennkraftmaschine eine Koronaentladung bereitstellt, wobei die Zündeinrichtung zur Auslösung und Aufrechterhaltung der Koronaentladung für jeden Zündvorgang eine stets von Null verschiedene Grundspannung U_L liefert.

Fig. 1



EP 2 199 597 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Zündeinrichtung für eine Brennkraftmaschine, welche zur Zündung eines Treibstoff-/Luftgemischs im Brennraum der Brennkraftmaschine eine Koronaentladung bereitstellt. Weiters betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Zünden eines Treibstoff-/ Luftgemischs vorzugsweise im Brennraum einer Brennkraftmaschine mittels einer Koronaentladung. Schließlich betrifft die Erfindung eine Brennkraftmaschine sowie eine stationäre Kraftanlage mit einer ebensolchen Zündeinrichtung.

[0002] Zur Zündung von ottomotorisch betriebenen Brennkraftmaschinen werden verschiedene Technologien eingesetzt. Zum überwiegenden Teil erfolgt die Zündung mittels sogenannter Funkenzündanlagen. Aufgrund steigender Anforderungen zur Optimierung der Verbrennung wurden neben dieser Möglichkeit auch noch andere Technologien, wie beispielsweise die Dieselpilot-, Laser- oder Koronazündung entwickelt und bei Hochleistungsmotoren eingesetzt.

[0003] Bei Koronazündeinrichtungen wird das Treibstoff-/Luftgemisch im Brennraum der Brennkraftmaschine durch hohe elektrische Feldstärken, aber ohne Bogenentladung gezündet. Im Gegensatz zu Funkenzündanlagen wird bei der Koronazündung nur eine Glimmentladung, nicht jedoch die Ausbildung der Bogenentladung zugelassen. Von Bogenentladung spricht man, wenn ein Durchschlag mit der Ausbildung eines elektrischen Zündfunkens zwischen den Elektroden entsteht. Eine Koronaentladung ist also ein Zustand, in dem es in der Luftstrecke zwischen zwei Elektroden zu Teilentladungen kommt, welche sich in kurzen hochfrequenten Stromspitzen ausdrückt. Es wird jedoch kein dauerhafter Stromfluss erzeugt. Kurz vor dem Durchbruch zwischen den beiden Elektroden treten die Teilentladungen sehr häufig auf. Im Durchbruch wird ein kontinuierlicher Stromfluss zwischen den beiden Elektroden erzeugt. Als Ladungsträger wirken dabei Ionen, die durch ein Plasma um wenigstens eine der Elektroden erzeugt werden. Es wird also ein Fluid ionisiert, das einen elektrischen Leiter umgibt.

[0004] Für eine Koronazündeinrichtung wird zur Erzeugung der erforderlichen Feldstärken üblicherweise eine Elektrode, welche vorzugsweise als Spitze oder mit mehreren Spitzen ausgeführt ist, im Bereich eines jeden Zylinderkopfes der Brennkraftmaschine eingesetzt. Als Gegenpol wird in der Regel der Brennraum des Zylinders selbst verwendet. Der Kolben und die Unterseite des Zylinderkopfes bilden die Masselektrode für derartige Koronazündeinrichtungen.

[0005] In der US 6,883,507 von Paul Douglas Freen wurde eine Zündeinrichtung für eine Brennkraftmaschine, welche zur Zündung eines Treibstoff-/luftgemischs im Brennraum der Brennkraftmaschine eine Koronaentladung bereitstellt, beschrieben. Dabei wird eine Wechselspannung mit 30 kHz bis 3 MHz bereitgestellt. In der US 5,649,507 wird ebenfalls eine gattungsgemäße Zündeinrichtung bereitgestellt. Für den Zündvorgang wird eine Spannung bereitgestellt, die nur aus den positiven Sinuswellen einer Wechselspannung bestehen.

[0006] Um den Arbeitsbereich der Koronaentladung zu optimieren, muss die Entstehung der Bogenentladung verhindert werden. Der Spannungsbereich ist daher eingeschränkt durch eine untere Spannung, welche hoch genug sein muss, um die Elektronen anzuregen und eine obere Spannung, welche zur Bogenentladung führt. Die Bogenentladung kann verhindert werden, indem einerseits diese obere Spannungsgrenze nicht überschritten wird oder die Zeit zur Entstehung der Bogenentladung zu kurz ist. Bei der Verwendung von Wechselspannungsquellen gibt es hierbei eine spannungsmäßige bzw. zeitliche Einschränkung, da einerseits der Scheitelwert der Spannung unterhalb des Durchbruchs zur Bogenentladung gehalten werden muss und andererseits auch die Zeit der Umladung nicht genutzt werden kann. Erschwerend kommt hinzu, dass die Grenze zur Bogenentladung und zur Entstehung einer Koronaentladung von der Polarität abhängig ist.

[0007] Die beim Stand der Technik verwendeten Zündeinrichtungen weisen den Nachteil auf, dass die zur Entflammung des Treibstoff-/Luftgemischs eingebrachte Energie nicht optimal genutzt wird.

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Zündeinrichtung der eingangs genannten Gattung bereitzustellen, bei der diese Probleme vermindert sind.

[0009] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Zündeinrichtung, vorzugsweise Koronazündeinrichtung, für eine Brennkraftmaschine, welche zur Zündung eines Treibstoff-/Luftgemischs im Brennraum der Brennkraftmaschine eine Koronaentladung bereitstellt, die dadurch gekennzeichnet ist, dass die Zündeinrichtung zur Auslösung und Aufrechterhaltung der Koronaentladung für jeden Zündvorgang eine stets von Null verschiedene Grundspannung U_L liefert.

[0010] Bei Versuchen hat es sich gezeigt, dass der optimale Energieeintrag erreicht wird, wenn kontinuierlich die Spannung an der Grenze kurz vor der Bogenentladung gehalten wird. Wesentlich ist dabei, dass zur Auslösung und Aufrechterhaltung jeder einzelnen Koronaentladung die zur Verfügung gestellte Grundspannung stets von Null verschieden ist. Das bedeutet, dass im Gegensatz zu einer Wechselspannung kein Nulldurchgang vorgesehen ist bzw. im Gegensatz zur Vorrichtung gemäß US 5,649,507 die an der Elektrode anliegende Spannung nie über einen längeren Zeitraum auf Null abfällt. Beim Stand der Technik gibt es nämlich einerseits Verluste beding durch die Umladung an den Elektroden. Unterhalb der "Koronagrenze" bricht die Korona während der Umladung zusammen und muss anschließend bei emeutern Erreichen der Koronagrenze wieder aufgebaut werden. Andererseits kann man bei der Verwendung einer stets von 0 verschiedenen Grundspannung näher an die die Durchschlagsgrenze zur Bogenentladung herangehen, da Polaritätseffekte durch die Umpolung an den

Elektroden nicht mehr auftreten, sodass die Effektivität des Energieeintrages erhöht ist. Daher ist bevorzugt vorgesehen, dass die von 0 verschiedene Grundspannung stets oberhalb der Koronagrenze gehalten wird.

[0011] In einer bevorzugten Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass die Zündeinrichtung gekennzeichnet ist durch einen Transformator, wobei auf der Primärseite des Transformators eine Spannungsquelle vorgesehen ist, welche Wechselstrom oder eine variierende Gleichspannung liefert. Als variierende Gleichspannung ist dabei eine solche Gleichspannung gemeint, die sich in Abhängigkeit von der Zeit in ihrer Höhe ändert. Im einfachsten Fall ist eine herkömmliche Wechselstromquelle vorgesehen, die eine sinusförmige oder rechteckförmige Spannung erzeugt.

[0012] Um eine kleine Spannungsquelle auf der Primärseite einsetzen zu können, kann günstigerweise vorgesehen sein, dass auf der Sekundärseite des Transformators ein Spannungsvervielfacher vorgesehen ist.

[0013] Um die Spannung auf der Sekundärseite im Wesentlichen konstant zu halten, kann vorgesehen sein, dass auf der Sekundärseite des Transformators ein Spannungsglätter angeordnet ist. Im einfachsten Fall kann dabei vorgesehen sein, dass der Spannungsglätter ein Einwegglätter ist. Beispielsweise bietet sich hier ein sogenannter Glättkondensator an. Für aufwändigere Anwendungen hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn der Spannungsglätter ein Mehrwegglätter ist.

[0014] Für eine besonders optimale Koronaentladung kann vorgesehen sein, dass die Steuereinrichtung und/ oder Regeleinrichtung die Spannung U_L an der Elektrode im Brennraum im Wesentlichen konstant hält. Hier kann einerseits im einfachsten Fall eine Steuereinrichtung vorgesehen sein, mit der die Spannung auf einem im Wesentlichen konstanten Wert gehalten wird. Um Störeinflüsse noch besser berücksichtigen zu können, kann eine Regeleinrichtung vorgesehen sein, die die Spannung auf der Sekundärseite des Transformators im Wesentlichen konstant hält. Hierzu wird die Spannung idealerweise auf einen Sollwert nachgeregelt, der beispielsweise in Abhängigkeit von unterschiedlichen Motorparametern ermittelt wird. Dabei kann vorgesehen sein, dass der wenigstens eine Motorparameter ausgewählt ist aus der Gruppe Zündzeitpunkt, Zünddauer oder Kombinationen daraus. Die Zündeinrichtung kann so ausgebildet sein, dass die Steuereinrichtung und/oder Regeleinrichtung die Grundspannung U_L stets unterhalb der Durchbruchsspannung U_B für eine Bogenentladung hält. Weiters kann die Zündeinrichtung so ausgebildet sein, dass die Steuereinrichtung und/oder Regeleinrichtung die Grundspannung U_L stets oberhalb der Koronagrenze U_K hält.

[0015] Im einfachsten Fall ist die Zündeinrichtung dabei so ausgebildet, dass an der Sekundärseite eine Elektrode vorgesehen ist, die in den Brennraum der Brennkraftmaschine hineinreicht. An dieser Elektrode wird die von Null verschiedene Grundspannung angelegt. Die Gegenelektrode kann ebenfalls in den Brennraum hineinreichen. Die Gegenelektrode kann allerdings auch vom Brennraum selbst gebildet werden, beispielsweise über Kolben und / oder Unterseite des jeweiligen Zylinderkopfes.

[0016] Neben der zuvor beschriebenen Zündeinrichtung wird die eingangs gestellte Aufgabe selbstverständlich auch durch ein entsprechendes Verfahren gelöst. Bei einem solchen Verfahren zum Zünden eines Treibstoff-/Luftgemischs vorzugsweise im Brennraum einer Brennkraftmaschine mittels einer Koronaentladung ist vorgesehen, dass zur Auslösung und Aufrechterhaltung der Koronaentladung eine stets von Null verschiedene Grundspannung U_L bereitgestellt wird. Die weiteren Ausgestaltungen des Verfahrens ergeben sich im Wesentlichen aus der zuvor genannten Zündeinrichtung bzw. aus der noch folgenden Figurenbeschreibung.

[0017] In einem weiteren Aspekt der Erfindung ist eine Brennkraftmaschine mit einer Zündeinrichtung der vorgenannten Art vorgesehen. Weiters ist eine stationäre Kraftanlage umfassend einen Generator, eine Brennkraftmaschine und eine Zündeinrichtung der vorgenannten Art erfindungsgemäß vorgesehen. Im bevorzugten Fall handelt es sich bei der Brennkraftmaschine um eine stationäre Brennkraftmaschine, wie sie beispielsweise in stationären Kraftanlagen Einsatz finden. Stationäre Kraftanlagen weisen in der Regel eine Brennkraftmaschine und einen elektrischen Generator zur elektrischen Stromerzeugung auf.

[0018] Weiters kann es sich bei der, vorzugsweise stationären, Brennkraftmaschine um einen Gasmotor handeln, d.h. um einen Verbrennungsmotor, der ein einen gasförmigen Treibstoff wie Methan verbrennt. Besonders bevorzugt handelt es sich um einen gemischaufgeladenen Gasmotor. Bei gemischaufgeladenen Gasmotoren wird als Fluid nicht reine Luft, sondern ein Treibstoff/Luftgemisch in den Verdichtungseinrichtungen verdichtet. Gasmotoren eignen sich besonders hervorragend für Zündeinrichtungen mit Koronaentladung.

[0019] Weitere Vorteile und Details der Erfindung werden anhand der folgenden Figuren und Figurenbeschreibungen erläutert. Es zeigt

- Fig. 1 das Schaltbild einer ersten erfindungsgemäßen Zündeinrichtung,
- Fig. 2 eine zweite Ausführungsvariante einer erfindungsgemäßen Zündeinrichtung,
- Fig. 3 eine dritte Ausführungsvariante einer erfindungsgemäßen Zündeinrichtung,
- Fig. 4 ein Blockdiagramm eines Regelkreises für eine erfindungsgemäße Zündeinrichtung
- Fig. 5 ein Diagramm, das den verbesserten Energieeintrag demonstriert und
- Fig. 6 den Zeitverlauf verschiedener Spannungen und Stromstärken anhand des Beispiels der Zündeinrichtung gemäß Fig. 3.

[0020] Die Fig. 1 zeigt schematisiert eine Zündeinrichtung für eine Brennkraftmaschine gemäß der Erfindung. Dabei ist eine erste Elektrode 1 vorgesehen, die in den

schematisch (strichliert) angedeuteten Brennraum der Brennkraftmaschine reicht. Die Gegenelektrode 2 wird zumindest teilweise vom Brennraum 24 bzw. den Wandungen des Brennraums 24 gebildet. Zwischen Elektrode 1 und Gegenelektrode 2 wird innerhalb des Brennraums 24 eine Koronaentladung bereitgestellt. Die Zündeinrichtung liefert dabei zunächst für die Auslösung und anschließend für die Aufrechterhaltung der Koronaentladung innerhalb des Brennraums für jeden Zündvorgang eine stets von Null verschiedene Grundspannung U_L über den gesamten Zeitraum der Koronaentladung. Hierfür ist auf der Primärseite 4 des Transformators 3 eine Spannungsquelle 5 vorgesehen. Diese weist eine Gleichspannungsquelle 6 und mehrere Thyristoren 7, 7', 7", 7"' auf. Mittels einer Regeleinrichtung 8 wird aus der Gleichspannung der Gleichspannungsquelle 6 eine getaktete Wechselspannung durch schalten der Thyristoren 7, 7', 7", 7"' erzeugt. Dabei ist vorgesehen, dass die erzeugte Spannung in eine Wechselspannung mit etwa 150 bis 200 kHz Frequenz umgewandelt wird. Auf der Sekundärseite 5 des Transformators 3 ist - wie bereits angedeutet - die eigentliche Elektrode 1 und die Gegenelektrode 2 vorgesehen. Mittels der Diode 9 und dem Kondensator 10 erzielt man eine Gleichrichtung der Spannung. Der Kondensator 10 und die Diode 9 bilden gemeinsam einen Einwegglätter, wobei der Kondensator 10 als Glättkondensator wirkt. Die Zündeinrichtung weist also eine Gleichspannungsquelle, beispielsweise eine Batterie, mit einer Spannung U_0 auf. Über die Regeleinrichtung 8 und die Thyristoren 7, 7', 7", 7"', die gemeinsam mit der Gleichspannungsquelle 6 die Spannungsquelle 5 bilden wird aus der Gleichspannung U_0 eine Wechselspannung U_1 erzeugt. Über den Transformator 3 und das Wicklungszahlverhältnis n_1 / n_2 von Primärspule 3' und Sekundärspule 3" ergibt sich die transformierte Spannung U_2. Die Diode 9 und der Kondensator 10 machen aus der Wechselspannung U_2 eine an den Elektroden 1, 2 anliegende Gleichspannung U_L. Eine zusätzlich vorgesehene Regeleinrichtung 8 erfasst über den Widerstand 25 an der Sekundärseite 5 des Transformators 3 den Sekundärstrom I_2. Gleichzeitig erfasst die Regeleinrichtung 8 diverse Motorparameter. Über einen geschlossenen Regelkreis kann über Betätigung einzelner Thyristoren 7, 7', 7", 7"' die Primärspannung U_1 so nachgeregelt werden, dass die Sekundärspannung U_2 auf ihren Sollwert nachgeführt wird. Zur genaueren Regelung wird auf zusätzliche Motorparameter 23 zurückgegriffen.

[0021] In den Brennraum 24 wird zu Beginn des Zündvorgangs ein Treibstoff-/Luftgemisch eingelassen und über einen Kolbenhub verdichtet. Zur Zündung wird die Spannung U_L aufgebaut und über den gesamten Zündvorgang aufrechterhalten und mit der Regeleinrichtung 8 nachgeregelt. Es bildet sich eine Koronaentladung bei gleichzeitigem Stromfluss I_L. Die Koronaentladung wird aufrecht erhalten, bis sich ein stabiler Flammenkern gebildet hat. Anschließend wird die Spannung U_L abgeschalten.

[0022] Im Unterschied zum Ausführungsbeispiel der Fig. 1 weist das Ausführungsbeispiel der Fig. 2 nunmehr nicht nur einen Einwegglätter sondern einen Mehrwegglätter auf. Durch die zwei Dioden 9, 9' und den Kondensator 10 ist dieser als Mittelpunktgleichrichter ausgebildet. Eine nicht gezeigte Variante könnte auch über einen Brückengleichrichter als Vollweggleichrichter ausgebildet sein.

[0023] Sowohl im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 als auch im Ausführungsbeispiel der Fig. 2 ist zusätzlich eine Regeleinheit 8 vorgesehen. Diese ist allerdings nur optional vorhanden. Bei bekannter Spannungscharakteristik U_L an den Elektroden 1, 2 über den gesamten Zündvorgang kann auch ein einfacher Stellbetrieb vorgesehen sein. Die Spannung U_L wird dabei einfach nur auf einen bestimmten Wert gehalten. Im Beispiel der Fig. 2 ist wird die Spannung U_L zusätzlich als Größe für die Regelung verwendet.

[0024] Während sich die Spannung U_2 an der Sekundärseite 5 lediglich über die Wicklungszahl der jeweiligen Spule 3', 3" am Transformator 3 ergibt, wird im Ausführungsbeispiel der Fig. 3 auf der Sekundärseite 5 des Transformators 3 zusätzlich ein Spannungsvervielfacher 26 eingesetzt. Hierzu ist eine sogenannte Hochspannungskaskade vorgesehen, welche mehrere Stufen aufweisen kann. Im gezeigten Ausführungsbeispiel handelt es sich um eine dreistufige Kaskade, mit der die Spannung an der Sekundärseite 5 theoretisch verdreifacht werden kann. In praktischen Ausführungsvarianten haben sich Hochspannungskaskaden mit 3 bis 5 Stufen als vorteilhaft erwiesen. Die übrigen Bauteile sowie die Regelung sind in Anlehnung an die Fig. 1 und 2 gehalten.

[0025] In praktischen Beispielen wurden folgenden Werte erzielt: Die primäre Spannung der Zündspule U_1 betrug zwischen 100 und 500 V, die sekundäre Spannung der Spule U_2 lag im Bereich zwischen 5 und 100 kV, vorzugsweise zwischen 5 und 30 kV. Die Wechseispannung zur Anspeisung der Kaskadenschaltung lag in Frequenzbereichen zwischen 50 und 500 kHz. Durch das Verstärken und Umrichten in der Kaskadeschaltung erreicht die gleichgerichtete Zündspannung U_L Werte von 10 bis 100kV.

[0026] In Fig. 4 ist schematisch die Funktionsweise der Regeleinrichtung 8 dargestellt. Zentrales Bauteil ist dabei die Regeleinrichtung 8, die einerseits mit bestimmten Motorparametern 23, beispielsweise Zündungsparametern wie Zündzeitpunkt und Zünddauer versorgt wird. Die Regeleinrichtung bezieht außerdem über die Spannungsmessung an der Sekundärseite zwischen Elektroden 1 und 2 über ein Filter 22 aus der Koronastrecke 20 Informationen. Die eigentliche Regelung erfolgt durch Stellgrößennachführung über die Leistungsschaltung 21 auf der Primärseite 4 des Transformators 3.

[0027] Die Fig. 5 zeigt ein Diagramm Spannung U als Funktion der Zeit t. Schematisch ist der bei einer nach Stand der Technik ausgebildeten Koronazündeinrichtung an der Elektrode 1 anliegende Spannungsverlauf (als Sinuskurve) während eines Entflammvorgangs dar-

gestellt. Zunächst wird die Spannung aufgebaut, bis die Koronagrenze U_K. erreicht wird, oberhalb derer es zur Ausbildung der Koronaentladung im Brennraum kommt. (An dieser Stelle sei angemerkt, dass bei den Spannungen immer der Betrag der Spannung, d.h. ohne das jeweilige Vorzeichen, gemeint ist, wenn von "oberhalb" oder "unterhalb" die Rede ist.) Die maximale Spannung muss allerdings unterhalb der Durchschlagsgrenze für die Bogenentladung U_{B+} gehalten werden. Anschließend fällt die Spannung wieder ab und unterschreitet die Koronagrenze U_{K+}, macht einen 0-Durchgang und verläuft weiter bis die untere Koronagrenze U_{K-} erreicht wird, sodass es wieder zur Ausbildung einer Korona kommt. Auch hier darf Betrag zur Durchschlagspannung für die Bogenentladung U_{B-} nicht überschritten werden. Aufgrund von Polarisationseffekten sind die Beträge der Spannungen U_{B+} bzw U_{B-} und U_{K-} bzw. U_{K-} unterschiedlich. Daraus ergeben sich unterschiedlich hohe Koronafenster F+ bzw- F- in denen die Koronaentladung stattfinden kann. Der tatsächliche Energieeintrag in den Brennraum ist proportional dem Integral über den jeweiligen Zeitraum t_K eines Koronafensters in dem eine Koronaentladung stattfindet. Die übrige Zeit erfolgt kein Energieeintrag und die Umpolung der Elektroden bleibt im Bereich g zwischen U_{K+} und U_{K-} ungenutzt. Hinzukommt, dass aufgrund von Polarisationseffekten der Abstand zwischen den Extremstellen der Sinuskurve zur jeweiligen Durchschlagspannung U_B für die Bogenentladung U_{B+} bzw. U_{B-} unterschiedlich, sodass die eingebrachte Energiemenge nur auf eine Polung (plus oder minus) optimiert sein kann (hier: auf den unteren Teil der Sinusspannung). Bei gleichgerichteten Spannungen wo nur eine Halbwelle der Spannung "abgeschnitten" ist, müsste man zumindest die Verluste zwischen 0 und der Koronagrenze U_{K+} bzw. U_{K-} (je nachdem welche Halbwelle abgeschnitten wird) hinnehmen. Indem man die Grundspannung U_0 stets oberhalb der Koronagrenze U_K (je nach Polung) hält, kann man die Energieverluste minimieren und optimal an die Grenze für die Durchschlagspannung für die Bogenentladung U_B herangehen und stets im Koronafenster F+ bzw. F- bleiben.

[0028] In der Fig. 6 sind die Zeitverläufe der wichtigsten Signale (Spannungen und Stromstärken) für die Koronazündeinrichtung der Fig. 3 dargestellt. Dabei zeigen die übereinander angeordneten Fig. 6a bis 6f jeweils zueinander gehörende Werte. Der dargestellte Zeitraum ist jener für einen Zündvorgang. Ein solcher sollte innerhalb von etwa 2 ms, vorzugsweise innerhalb von 500 μs und 1 ms abgeschlossen sein, sodass eine optimale Zündung des Treibstoff/Luftgemischs erfolgt. In der Fig. 6a ist die aus der Gleichspannungsquelle 6 über die Thyristoren 7 bis 7"' gepulste Wechselspannung an der primärseitigen Spule des Transformators 3 erkennbar. Aufgrund der Transformatorwirkung ergibt sich an der Sekundärseite der Spule die in der Fig. 6b dargestellte Wechselspannung mit der in Fig. 6c dargestellten Stromstärke I_2. Durch die Hochspannungskaskade und die gleichrichtende Wirkung an der Sekundärseite wird an der Elektrode 1 die Spannung U_L gemäß Fig. 6d gebildet. Diese ist über den gesamten Zeitverlauf der Koronaentladung stetig und sobald die Koronagrenze überschritten wird auch nie mehr unterhalb der Koronagrenze U_K. In der Fig. 5f sind die Impulsströme aus der Fig. 5e nochmals gezeigt, allerdings nach dem Filter 27 der Fig. 3.

Patentansprüche

1. Zündeinrichtung für eine Brennkraftmaschine, welche zur Zündung eines Treibstoff-/Luftgemischs im Brennraum (24) der Brennkraftmaschine eine Koronaentladung bereitstellt, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zündeinrichtung zur Auslösung und Aufrechterhaltung der Koronaentladung für jeden Zündvorgang eine stets von Null verschiedene Grundspannung U_L liefert.

2. Zündeinrichtung nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** einen Transformator (3), wobei auf der Primärseite (4) des Transformators (3) eine Spannungsquelle (5) vorgesehen ist, welche Wechselstrom oder eine variierende Gleichspannung liefert.

3. Zündeinrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf der Sekundärseite (5) des Transformators (3) ein Spannungsvervielfarher vorgesehen ist.

4. Zündeinrichtung nach Anspruch 2 oder Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf der Sekundärseite (5) des Transformators (3) ein Spannungsglätter angeordnet ist.

5. Zündeinrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Spannungsglätter ein Einweggleichrichter ist.

6. Zündeinrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Spannungsglätter ein Mehrweggleichrichter ist.

7. Zündeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Steuereinrichtung und/oder Regeleinrichtung (8) vorgesehen ist.

8. Zündeinrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung und/ oder Regeleinrichtung (8) die Spannung U_L auf der Sekundärseite (5) des Transformators (3) im Wesentlichen konstant hält.

9. Zündeinrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regeleinrichtung (8) die Spannung U_L auf der Sekundärseite (5) des Transformators (3) auf einen Sollwert nachregelt.

10. Zündeinrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Regelung zusätzlich auf wenigstens einen Motorparameter (23) zurückgegriffen wird.

11. Zündeinrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine Motorparameter (23) ausgewählt ist aus der Gruppe Zündzeitpunkt, Zünddauer oder Kombinationen daraus.

12. Zündeinrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung und/oder Regeleinrichtung (8) die Grundspannung U_L stets unterhalb der Durchbruchsspannung U_B für eine Bogenentladung hält.

13. Zündeinrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung und/oder Regeleinrichtung (8) die Grundspannung U_L stets oberhalb der Koronagrenze U_K hält.

14. Verfahren zum Zünden eines Treibstoff-/Luftgemischs vorzugsweise im Brennraum (24) einer Brennkraftmaschine mittels einer Koronaentladung, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Auslösung und Aufrechterhaltung der Koronaentladung eine stets von Null verschiedene Grundspannung U_L bereitgestellt wird.

15. Brennkraftmaschine mit einer Zündeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13.

16. Stationäre Kraftanlage, umfassend einen Generator, eine Brennkraftmaschine sowie eine Zündeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13.

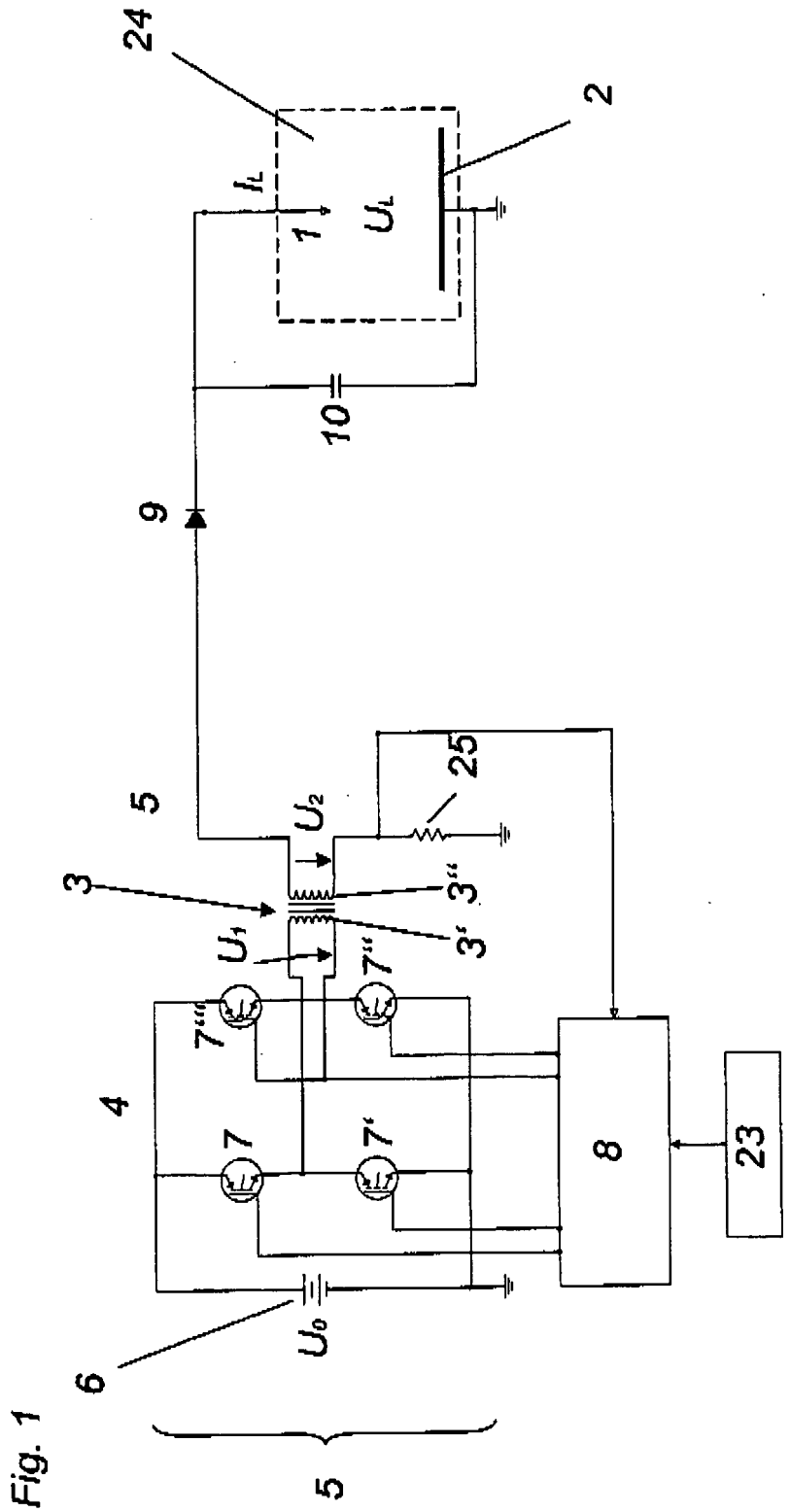


Fig. 1

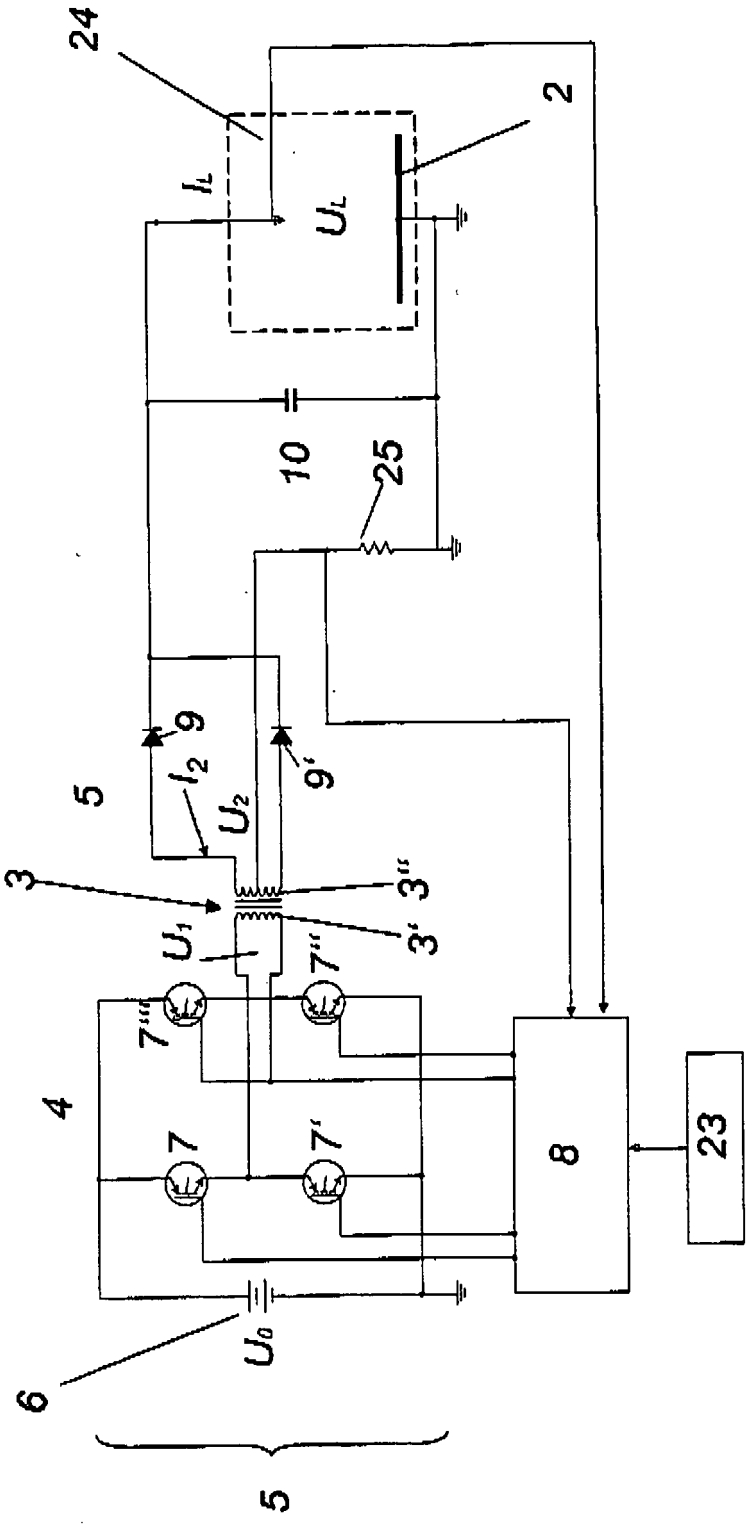


Fig. 2

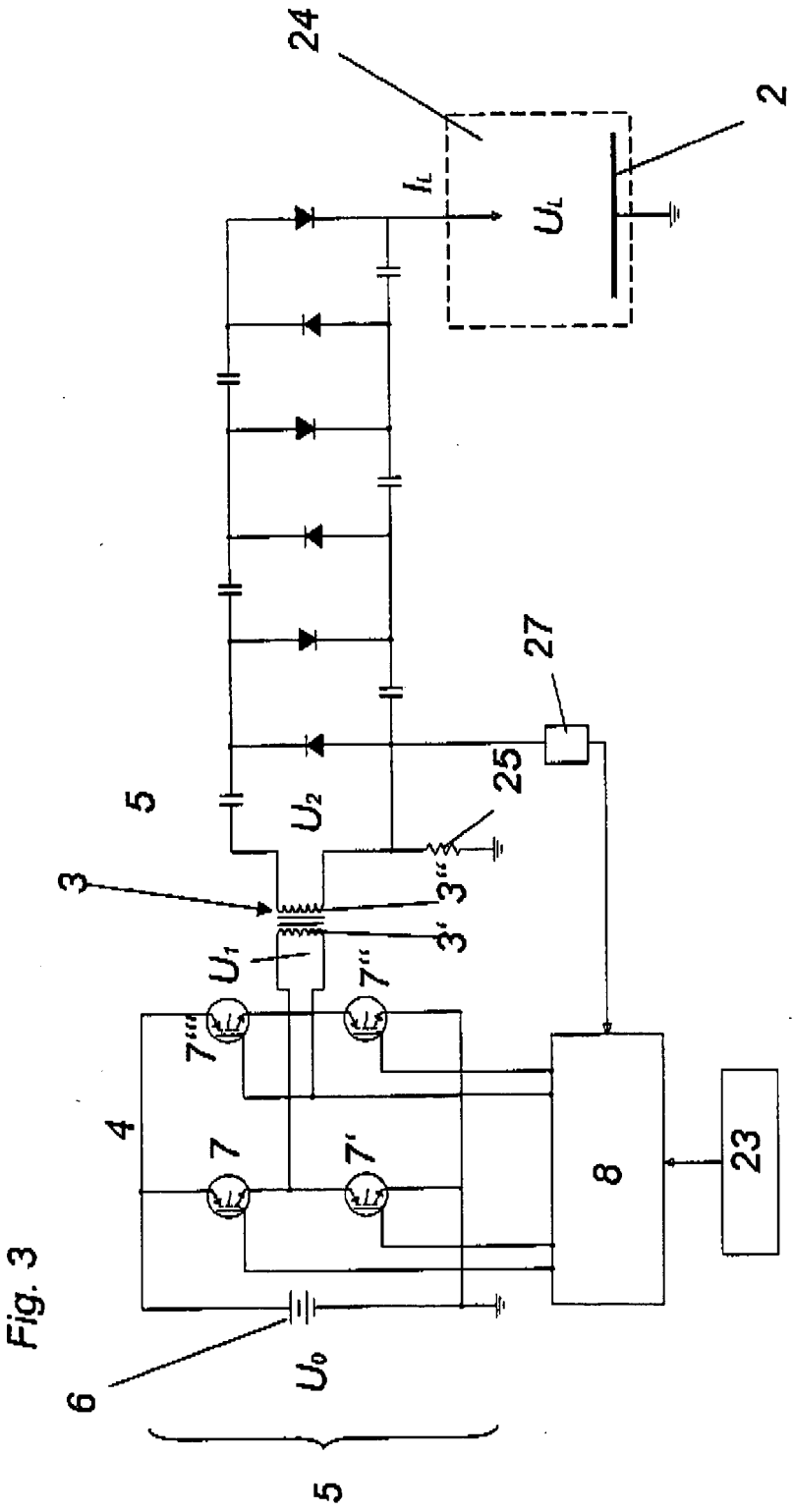


Fig. 3

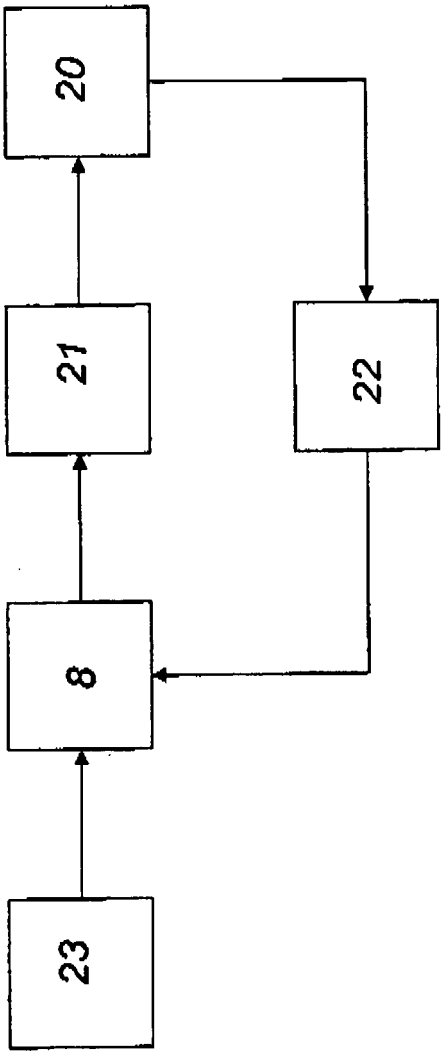


Fig. 4

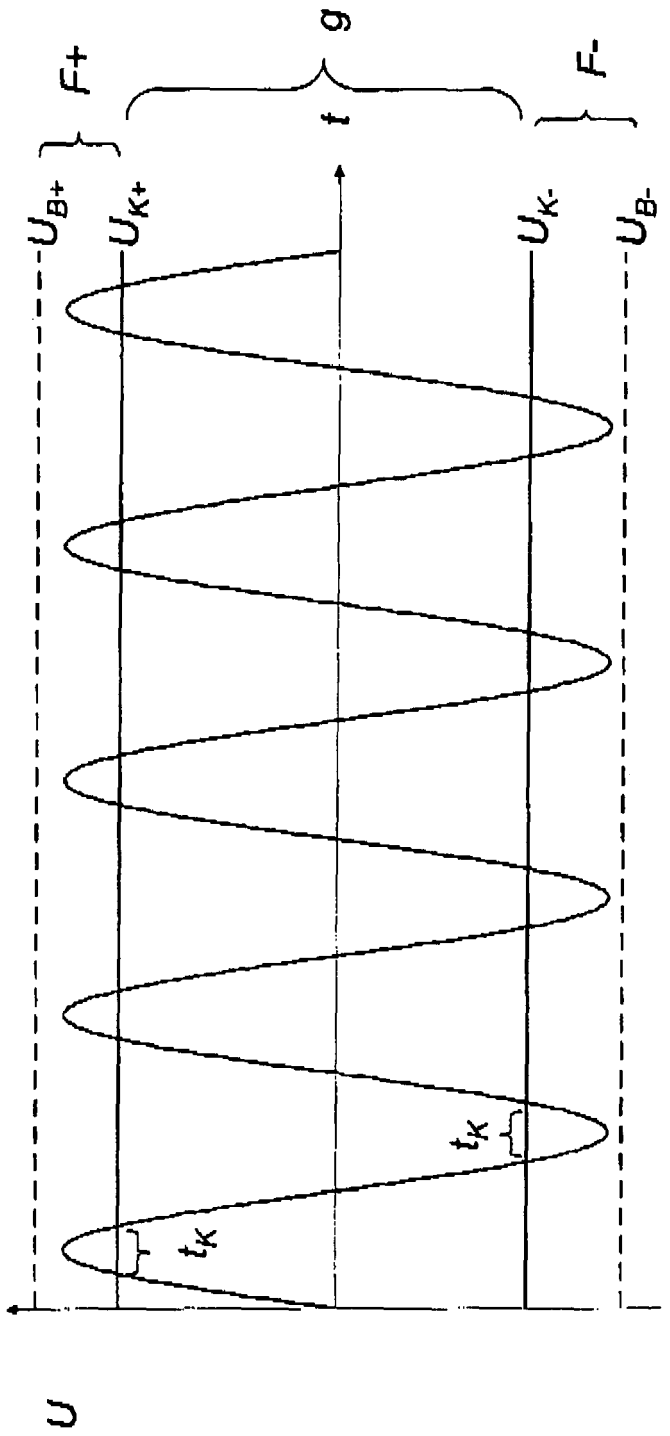


Fig. 5

Fig. 6

Fig. 6a

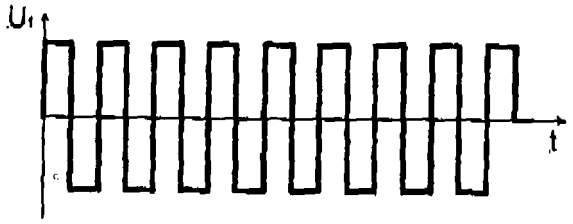


Fig. 6b

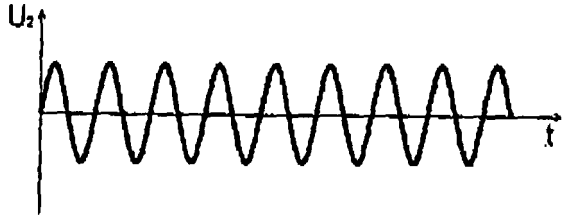


Fig. 6c

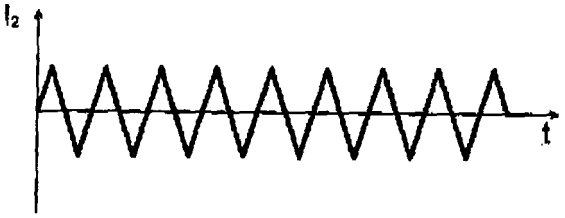


Fig. 6d

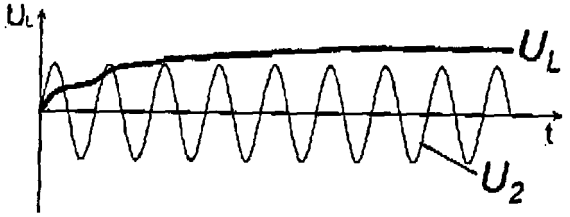


Fig. 6e

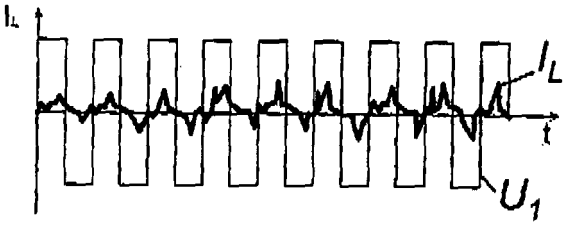


Fig. 6f



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 6883507 B **[0005]**
- US 5649507 A **[0005] [0010]**