



(19)

(11)

EP 3 973 175 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
13.03.2024 Patentblatt 2024/11

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F02P 9/00 (2006.01) **F02P 3/01 (2006.01)**
F02P 3/04 (2006.01) **F02P 17/12 (2006.01)**
F02P 15/08 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **20726239.5**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F02P 9/007; F02P 3/01; F02P 3/0407; F02P 9/002;
F02P 15/08; F02P 17/12

(22) Anmeldetag: **22.04.2020**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/IB2020/053797

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2020/234662 (26.11.2020 Gazette 2020/48)

(54) VERFAHREN UND FUNKGENERATOR ZUR AUSBILDUNG EINES FUNKENS ÜBER EINE FUNKENSTRECKE

METHOD AND GENERATOR FOR FORMING A SPARK OVER A SPARK GAP

MÉTHODE ET GÉNÉRATEUR POUR FORMER UNE ÉTINCELLE SUR UN ÉCLATEUR

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AL 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 RS SE SI SK SM TR**

- **LUTZ, Josef**
2471 Rohrau (AT)

(30) Priorität: **23.05.2019 AT 1952019**

(74) Vertreter: **Keschmann, Marc**
Haffner und Keschmann Patentanwälte GmbH
Schottengasse 3a
1010 Wien (AT)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

30.03.2022 Patentblatt 2022/13

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 639 446 **WO-A1-91/00961**
WO-A2-2012/069358 **DE-A1-102014 015 486**
DE-T2- 69 022 422 **DE-T5-112014 002 666**
JP-A- 2012 127 286 **US-A1- 2007 181 110**
US-A1- 2011 144 881 **US-A1- 2013 263 835**
US-A1- 2015 167 623 **US-A1- 2018 358 782**

(73) Patentinhaber: **Grabner Instruments Messtechnik GmbH**
1220 Wien (AT)

(72) Erfinder:

- **WIESBÖCK, Johannes**
3712 Maissau (AT)

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ausbildung eines Funkens über eine Funkenstrecke, insbesondere für die Entflammung einer brennbaren Flüssigkeit zur Messung von deren Flammpunkt, mit Hilfe eines einen Zündtransformator aufweisenden Funkengenerators, der auf der Primärseite des Zündtransformators wenigstens eine Gleichspannungsquelle und auf der Sekundärseite des Zündtransformators zwei die auszubildende Funkenstrecke begrenzende Elektroden umfasst, wobei der Zündtransformator primärseitig mit Spannungspulsen aus der Gleichspannungsquelle beaufschlagt wird, die sekundärseitig Zündspannungspulse erzeugen.

[0002] Die Erfindung betrifft weiters eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens, umfassend einen Zündtransformator mit einer Primärspule und einer Sekundärspule, wenigstens eine primärseitig angeordnete Gleichspannungsquelle, die über eine Schalteranordnung mit der Primärspule verbunden ist, und mit der Sekundärspule verbundene, die auszubildende Funkenstrecke begrenzende Elektroden, wobei weiters eine Steuereinrichtung zur Ansteuerung der Schalter der Schalteranordnung derart vorgesehen ist, dass der Zündtransformator primärseitig mit Spannungspulsen aus der Gleichspannungsquelle beaufschlagbar ist, die sekundärseitig Zündspannungspulse erzeugen.

[0003] Funkengeneratoren werden verwendet, um mittels Hochspannungspulsen in einer Strecke zwischen zwei elektrisch leitenden Materialien (Elektroden) einen Ionenkanal auszubilden. Der erzeugte Funke und der dabei fließende Strom führen zu einer sehr starken Erhitzung im Bereich des Ionenkanals. Diese Energie kann dazu verwendet werden, um brennbare, insbesondere gasförmige Stoffe in der Nähe des Funkens zu entzünden. Ein Anwendungsbeispiel hierfür ist die aktive Zündung bei einem Verbrennungsmotor für Benzin.

[0004] Der Flammpunkt von brennbaren Flüssigkeiten wird mit einem sehr ähnlichen Prinzip gemessen (siehe die Normen ASTM D6450, ASTM D7094 etc.). Im Gegensatz zu Zündungen im Verbrennungsmotor, wo ausschließlich eine sichere Zündung gefordert wird, sind für Zündversuche bei Flammpunktmessungen bestimmte Parameter genau festzulegen und entsprechend den eingestellten und in den Normen festgehaltenen Werten konstant zu halten. Zu diesen Parametern gehören die Zündspannung, die übertragene Zündleistung während des Funkenbrennens, die Funkendauer und die gesamte übertragene Zündenergie.

[0005] Im Stand der Technik sind Funkengeneratoren bekannt, bei denen ein Zündfunke mittels eines Zündtransformators mit Hilfe des Sperrwandlerprinzips generiert wird. Fig. 1 zeigt eine entsprechende Schaltung mit einer Gleichspannungsquelle 1 und einem Zündtransformator 2, der eine Primärspule 3 und eine Sekundärspule 4 umfasst. Die Sekundärspule 4 weist ein Vielfaches der Wicklungen der Primärspule 3 auf, um sekundärseitig

eine Zündspannung im KV-Bereich zu erzeugen. Die Sekundärspule ist mit Elektroden 5 verbunden, zwischen denen eine Funkenstrecke 6 auszubilden ist. Die Primärspule 3 wird durch Ein- und Ausschalten des Schalters 7 mit Spannungspulsen aus der Gleichspannungsquelle 1 beaufschlagt, wobei antiparallel zum Schalter 7 eine Freilaufdiode 8 geschalten ist. Parallel zur Primärspule 3 ist weiters ein spannungsbegrenzendes Element 9, im vorliegenden Fall ein Varistor, angeordnet.

[0006] Die für die Zündung notwendige Hochspannung wird folgendermaßen erzeugt. Zuerst wird der Schalter 7 eingeschaltet und es beginnt sich ein Strom in der Primärspule 3 des Zündtransformators 2 aufzubauen. Der Anstieg des Stromes ist proportional zur Versorgungsspannung der Gleichspannungsquelle 1 und der Induktivität der Primärspule 3. Wird der Stromfluss durch Öffnen des Schalters 7 unterbrochen, baut sich an der Primärspule 3 eine sehr hohe Spannung auf, die durch den Varistor 9 begrenzt wird. Diese Spannungsspitze

wird durch das Übersetzungsverhältnis des Zündtransformators 2 noch erhöht auf die Funkenelektroden 5 übertragen. Dadurch entsteht ein Funkenüberschlag zwischen den Elektroden 5, der einen Ionenkanal aufbaut und das anschließende Funkenbrennen ermöglicht.

[0007] Der Funkengenerator gemäß Fig. 1 arbeitet nach dem Sperrwandlerprinzip, weil die Energieübertragung von der Primär- auf die Sekundärseite hauptsächlich in der Sperrphase erfolgt, in welcher der Schalter 7 geöffnet ist. Während der Leitphase, in welcher der Schalter 7 geschlossen ist, baut sich im Luftspalt des Zündtransformators 2 ein Magnetfeld auf. Der Luftspalt unterstützt die Energiespeicherung und begrenzt den Stromanstieg. Öffnet sich der Schalter 7, entsteht eine Spannungsspitze und es wird in der Sekundärspule 4 unter Abbau des gespeicherten Magnetfelds eine Spannung induziert.

[0008] Der Vorteil der Schaltung gemäß Fig. 1 liegt in der Einfachheit und in der geringen Anzahl an Komponenten. Allerdings ist es sehr schwierig, die für eine genaue Funkendefinition erforderlichen Parameter, wie z.B. die Zündspannung und die übertragene Leistung, unabhängig voneinander festzulegen und gegebenenfalls zu variieren, weil das eine entsprechende Anpassung der elektrischen Komponenten, nämlich des Zündtransformators 2 und/oder des Varistors 9 zur Folge hätte. Zusätzlich wird vor allem nach einer erfolgreichen Zündung nur mehr ein Bruchteil der in der Primärspule gespeicherten Energie auf die Sekundärseite übertragen. Der größere Teil der Energie wird im Varistor als Wärmeenergie vernichtet. Damit liegt der Anteil der Energie, die auf die Funkenstrecke übertragen wird, in vielen Fällen nur mehr in der Größenordnung von 10 % der gesamten aufgewendeten Energie, die aus der Spannungsquelle bezogen werden muss. Dementsprechend

groß muss der Varistor ausgelegt bzw. es müssen die maximale Energie und die Pulsfolge für die Zündung limitiert werden.

[0009] Eine deutlich effizientere Methode, Energie auf

höhere Spannungen zu transformieren, ermöglicht ein nach dem Flusswandlerprinzip arbeitender Transfator. In diesem Falle wird eine Schalteranordnung, wie z.B. eine Schalterbrücke, so angesteuert, dass eine (meist symmetrische) Wechselspannung an der Primärspule des Transfators entsteht. Eine entsprechende Schaltung ist in Fig. 2 gezeigt. Hierbei sind gleiche Teile mit den gleichen Bezugssymbolen bezeichnet wie in Fig. 1. Im Unterschied zu Fig. 1 ist die Gleichspannungsquelle 1 über eine Schalteranordnung 10 an die Primärspule 3 angeschlossen. Die Schalteranordnung 10 ist als Vollbrücke umfassend die Schalter S1, S2, S3 und S4 ausgebildet, wobei sich die Primärwicklung 3 des Transfators 2 zwischen zwei Halbbrücken der Schalterbrücke befindet und daher in beiden Richtungen an die Gleichspannungsquelle 1 geschaltet werden kann. Dafür werden die Schalter S1 und S3 oder S2 und S4 gleichzeitig eingeschaltet (Leitphase). Durch zyklisches Wechseln dieser beiden Schaltzustände wird der Transfator 2 mit einer Wechseldurchflutung betrieben, wobei zwischen den jeweiligen Leitphasen Phasen vorgesehen sind, in denen alle Schalter offen sind. In diesen Phasen fließt der Strom durch die Induktivität des Transfators über die Dioden durch die Gleichspannungsquelle. Über das zeitliche Verhältnis von Leitphasen und Phasen mit offenen Schaltern kann die übertragene Leistung variiert werden.

[0010] Die in Fig. 2 dargestellte Ausbildung wird als Gegentaktflusswandler bezeichnet. Der Nachteil des Flusswandlerprinzips liegt darin, dass die für die Zündung notwendige hohe Spannung ein extrem hohes Übersetzungsverhältnis erfordert. Das bedingt eine komplexe und teure Auslegung und einen niedrigeren Wirkungsgrad des Zündtransfators sowie eine kritische Steuerung der Funkenleistung, sobald die Funkenstrecke gezündet wurde. DE102014015486A1, WO9100961A1 und DE112014002666T5 beschreiben bekannte Funkengeneratoren und Verfahren zur Ausbildung eines Funkens.

[0011] Die wesentliche Herausforderung bei einer Funkengeneration mit gut definierten Leistungsparametern besteht im Widerspruch der Anforderungen für:

- a) eine hohe Zündspannung zur Bildung eines Ionenkanals zwischen den Elektroden und
- b) eine genaue und effiziente Leistungsübertragung nach der Ionenkanalbildung bei vergleichsweise geringer Brennspannung.

[0012] Dadurch wird die Auslegung der elektrischen Schaltung sowie des Zündtransfators komplex und die Ergebnisse betreffend Leistung im Zündfunken hängen stark von den Produktionsparametern der Komponenten ab, wenn man eine der oben beschriebenen Methoden verwendet. Die Ergebnisse hängen zudem stark von den Fertigungstoleranzen, vor allem für den Zündtransfator, ab.

[0013] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Auf-

gabe zugrunde, einen Funkengenerator bereitzustellen, der die oben genannten Anforderungen erfüllt ohne auf extrem enge und teure Fertigungstoleranzen für den Zündtransfator und andere Komponenten angewiesen zu sein.

[0014] Zur Lösung dieser Aufgabe besteht die Erfindung bei einem Verfahren der eingangs genannten Art im Wesentlichen darin, dass der Zündtransfator in einer ersten Phase nach dem Sperrwandlerprinzip und in einer darauffolgenden zweiten Phase nach dem Flusswandlerprinzip betrieben wird. Die wesentliche Idee der Erfindung besteht daher darin, die beiden oben genannten Varianten der Ansteuerung in einer einzigen Schaltung zu realisieren. Hierbei wird in einer ersten Phase eine Anzahl von Impulsen mit hoher Spannung erzeugt, die zur Generation eines Überschlags und damit einer Ionenstrecke zwischen den Elektroden dienen. In der ersten Phase wird somit der Vorteil des Sperrwandlerprinzips ausgenutzt, der in der effizienten Erzeugung hoher Spannungsspitzen liegt, wobei sich die fehlende Möglichkeit der genauen Kontrolle der Leistungsübertragung nicht störend auswirkt, da diese Phase sehr kurz gegenüber der gesamten Länge des Funkens ist.

[0015] Nach den Startpulsen wird für die zweite Phase in den Flusswandlermodus umgeschaltet, sodass die Vorteile des Flusswandlerprinzips ausgenutzt werden können, die in einer genauen Kontrolle der Leistungsübertragung liegen, wobei der Nachteil der weniger hohen Spannungsspitzen nicht mehr zum Tragen kommt, weil die Ionenstrecke bereits in der ersten Phase erzeugt worden ist. Auf Grund der Erfindung kann die Dimensionierung des Zündtransfators kleiner erfolgen und es wird die Möglichkeit geschaffen, die durch potentielle Fertigungstoleranzen des Zündtransfators verursachten Abweichungen der Leistungsübertragung durch geeignete Ansteuerung der Primärspule in der zweiten Phase mit Blick auf die Einhaltung der durch Normen vorgegebenen Parameter der Leistungsübertragung auszugleichen.

[0016] Gemäß einer bevorzugten Verfahrensweise ist vorgesehen, dass die sich in der ersten Phase an einer Primärspule des Zündtransfators in einer jeweils zwischen zwei Spannungspulsen liegenden Sperrphase des Zündtransfators aufbauende Spannung durch ein spannungsbegrenzendes Element begrenzt wird. Um hierbei in der ersten Phase, in der im Sperrwandlermodus gearbeitet wird, besonders hohe Spannungsspitzen zu erreichen, kann die durch das spannungsbegrenzende Element erzielte Begrenzung bei einer relativ hohen Spannung festgelegt sein. Beispielsweise kann ein Varistor mit relativ hoher Schwellenspannung eingesetzt werden. Als spannungsbegrenzendes Element kann auch wenigstens eine Z-Diode verwendet werden, wobei bevorzugt zwei in entgegengesetzter Richtung gepolte, in Reihe geschaltete Z-Dioden vorgesehen sein können.

[0017] Weiters ist es notwendig, die im Rahmen des Betriebs als Sperrwandler in der Sperrphase auftreten-

den Hochspannungen gegenüber der Gleichspannungsquelle und anderen Kleinspannungspotentialen der Schaltung zu isolieren. Zu diesem Zweck ist vorgesehen, dass ergänzend zu den für die Erzeugung der Spannungspulse vorgesehenen Schaltern der Schalteranordnung ein weiterer Schalter vorgesehen ist, der die Primärspule in der ersten Phase zwischen zwei Spannungspulsen von der Gleichspannungsquelle trennt. Ergänzend kann vorgesehen sein, dass den für die Erzeugung der Spannungspulse vorgesehenen Schaltern der Schalteranordnung jeweils eine Freilaufdiode parallel zugeordnet ist.

[0018] Der Zündtransformator wird in der ersten Phase mit aufeinanderfolgenden Spannungspulsen gleicher Polarität beaufschlagt.

[0019] Der Zündtransformator wird in der zweiten Phase mit aufeinanderfolgenden Spannungspulsen wechselnder Polarität beaufschlagt. Insbesondere ist der Zündgenerator zur Erzeugung der primärseitigen Spannungspulse wechselnder Polarität als Gegentaktflusswandler ausgebildet.

[0020] Die Umpolung des Zündtransformators kann hierbei je nach Schaltungsvariante durch zyklisches Umpolen der Primärwicklung des Zündtransformators erfolgen oder durch Umschalten zwischen zwei entgegengesetzten gepolten Primärwicklungen. In jedem Fall erfährt der Zündtransformator eine wechselnde magnetische Durchflutung, wodurch der magnetische Kreis des Zündtransformators, im Gegensatz zum Eintaktflusswandler, in beide Richtungen, d.h. durch eine positive und eine negative Durchflutung, zur Energieübertragung genutzt wird. Dementsprechend kann auf eine Entmagnetisierungswicklung verzichtet werden, da diese Aufgabe durch das jeweilige Umpolen der Durchflutung übernommen wird.

[0021] Was die Erzeugung der Spannungspulse betrifft, kann gemäß einer bevorzugten Ausführung der Erfindung vorgesehen sein, dass die Frequenz der primärseitig aufgebrachten Spannungspulse in der ersten Phase geringer gewählt wird als in der zweiten Phase. Insbesondere kann die Frequenz der in der zweiten Phase aufgebrachten Spannungspulse zur Einhaltung einer vorgegebenen übertragenen Zündleistung gewählt sein, wohingegen die Frequenz der in der ersten Phase aufgebrachten Spannungspulse mit dem Ziel der sicheren Erzeugung einer Ionenstrecke gewählt werden kann. Insbesondere kann hierbei vorgesehen sein, dass die Frequenz der in der ersten Phase primärseitig aufgebrachten Spannungspulse höchstens $3/2$, bevorzugt höchstens die Hälfte der Frequenz der in der zweiten Phase primärseitig aufgebrachten Spannungspulse beträgt.

[0022] Auch die Pulsdauer der Spannungspulse kann angepasst werden, um den in der jeweiligen Phase zu erzielenden Effekt zu optimieren. Hierbei sieht eine bevorzugte Ausführungsform vor, dass die Pulsdauer der primärseitig aufgebrachten Spannungspulse in der ersten Phase größer gewählt wird als in der zweiten Phase.

[0023] Insbesondere kann die Pulsdauer der in der ersten Phase primärseitig aufgebrachten Spannungspulse wenigstens dem 1,5-fachen, bevorzugt wenigstens dem 2-fachen der Pulsdauer der in der zweiten Phase primärseitig aufgebrachten Spannungspulse entsprechen.

[0024] Insgesamt erlaubt es der Betrieb des Zündtransformators nach dem Flusswandlerprinzip die Parameter des Zündvorganges in der zweiten Phase genau zu regeln, wobei wenigstens ein Parameter ausgewählt aus Zündspannung, übertragene Zündleistung während des Funkenbrennens, Funkendauer und gesamte übertragene Zündenergie gemessen und eine Abweichung von einem entsprechenden Sollwert festgestellt wird und wobei die Abweichung durch Änderung der Pulsfrequenz und/oder des Tastverhältnisses der primärseitigen Spannungspulse reduziert oder eliminiert wird.

[0025] Gemäß einem zweiten Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung einen Funkengenerator, der einen Zündtransformator mit einer Primärspule und einer Sekundärspule, wenigstens eine primärseitig angeordnete Gleichspannungsquelle, die über eine Schalteranordnung mit der Primärspule verbunden ist, und mit der Sekundärspule verbundene, die auszubildende Funkenstrecke begrenzende Elektroden umfasst, wobei weiters eine Steuereinrichtung zur Ansteuerung der Schalter der Schalteranordnung derart vorgesehen ist, dass der Zündtransformator primärseitig mit Spannungspulsen aus der Gleichspannungsquelle beaufschlagbar ist, die sekundärseitig Zündspannungspulse erzeugen. Erfindungsgemäß ist die Steuereinrichtung ausgebildet, um die Spannungspulse derart zu erzeugen, dass der Zündtransformator in einer ersten Phase nach dem Sperrwandlerprinzip und in einer darauffolgenden zweiten Phase nach dem Flusswandlerprinzip betreibbar ist.

[0026] Die Schalteranordnung ist ausgebildet, um den Zündtransformator in der ersten Phase mit aufeinanderfolgenden Spannungspulsen gleicher Polarität und in der zweiten Phase mit aufeinanderfolgenden Spannungspulsen wechselnder Polarität zu beaufschlagen.

[0027] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausbildung ist der Primärspule ein spannungsbegrenzendes Element zugeordnet, um die sich in der ersten Phase an der Primärspule in einer jeweils zwischen zwei Spannungspulsen liegenden Sperrphase des Zündtransformators aufbauende Spannung zu begrenzen. Das spannungsbegrenzende Element kann beispielsweise als Varistor ausgebildet sein, oder von wenigstens einer Z-Diode gebildet sein.

[0028] Insbesondere kann der Zündgenerator als Gegentaktflusswandler ausgebildet sein, besonders bevorzugt als Gegentaktflusswandler mit Vollbrückensteuerung.

[0029] Die Schalteranordnung umfasst zu diesem Zweck bevorzugt eine Schalterbrücke, deren Schaltern jeweils eine Freilaufdiode zugeordnet ist.

[0030] Es ist aber auch möglich eine Schalterbrücke zu vermeiden, dies erfordert jedoch das Vorsehen von zwei verschiedenen spannungsbegrenzenden Elemen-

ten.

[0031] Eine andere Möglichkeit zur Vermeidung einer Schaltervollbrücke liegt in der Anordnung von zwei Versorgungsspannungen statt einer einzigen Versorgungsspannung.

[0032] Was die Ansteuerung der Schalteranordnung zur Erzeugung von Spannungspulsen betrifft, bestehen - wie auch schon im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ausgeführt - verschiedene Möglichkeiten zur Beeinflussung der zündspezifischen Parameter.

[0033] Bevorzugt ist hierbei vorgesehen, dass die Steuereinrichtung zur Ansteuerung der Schalteranordnung derart ausgebildet ist, dass die Frequenz der primärseitig aufgebrachten Spannungspulse in der ersten Phase geringer ist als in der zweiten Phase.

[0034] Weiters ist die Steuereinrichtung zur Ansteuerung der Schalteranordnung bevorzugt derart ausgebildet, dass die Frequenz der in der ersten Phase primärseitig aufgebrachten Spannungspulse höchstens $3/2$, bevorzugt höchstens die Hälfte der Frequenz der in der zweiten Phase primärseitig aufgebrachten Spannungspulse beträgt.

[0035] Gemäß einer anderen bevorzugten Ausführungsform ist die Steuereinrichtung zur Ansteuerung der Schalteranordnung derart ausgebildet, dass die Pulsdauer der primärseitig aufgebrachten Spannungspulse in der ersten Phase größer ist als in der zweiten Phase.

[0036] Insbesondere kann die Steuereinrichtung zur Ansteuerung der Schalteranordnung derart ausgebildet sein, dass die Pulsdauer der in der ersten Phase primärseitig aufgebrachten Spannungspulse wenigstens dem 1,5-fachen, bevorzugt wenigstens dem 2-fachen der Pulsdauer der in der zweiten Phase primärseitig aufgebrachten Spannungspulse entspricht.

[0037] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. In dieser zeigen Fig. 1 und Fig. 2 Ausführungen nach dem Stand der Technik, Fig. 3 ein Schaltbild einer erfindungsgemäßen Ausbildung eines Funkengenerators, Fig. 4 eine Darstellung der Abfolge von Schaltzuständen der Schalter der Schalteranordnung des Funkengenerators der Fig. 3, Fig. 5 einen Schaltplan einer abgewandelten Ausführung des Funkengenerators und Fig. 6 einen Schaltplan einer weiteren abgewandelten Ausführung des Funkengenerators.

[0038] Bezüglich der Erläuterung der Fig. 1 und 2 wird auf den einleitenden Abschnitt der Anmeldung verwiesen.

[0039] Fig. 3 zeigt eine Schaltung mit einer Gleichspannungsquelle 1 und einem Zündtransformator 2, der eine Primärspule 3 und eine Sekundärspule 4 umfasst. Die Sekundärspule 4 weist ein Vielfaches der Wicklungen der Primärspule 3 auf, um sekundärseitig eine Zündspannung im kV-Bereich zu erzeugen. Die Sekundärspule 4 ist mit Elektroden 5 verbunden, zwischen denen einen Funkenstrecke 6 auszubilden ist. Die Gleichspannungsquelle 1 ist über eine Schalteranordnung 10 an die

Primärspule 3 angeschlossen. Die Primärspule 3 kann hierbei durch Ansteuern der Schalteranordnung 10 mit Spannungspulsen aus der Gleichspannungsquelle 1 beaufschlagt werden. Die Schalteranordnung 10 ist als Vollbrücke umfassend die Schalter S1, S2, S3 und S4 ausgebildet, wobei sich die Primärwicklung 3 des Zündtransformators 2 zwischen zwei Halbbrücken der Schalterbrücke befindet und daher in wechselnder Polarität an die Gleichspannungsquelle 1 geschaltet werden kann. Parallel zur Primärspule 3 ist weiters ein spannungsbegrenzendes Element 9, im vorliegenden Fall ein Varistor, angeordnet. Zwischen den Schaltern S1 und S2 ist auf Seite des Pluspols der Gleichspannungsquelle 1 ein weiterer Schalter S5 mit einer zugeordneten Freilaufdiode 12 angeordnet.

[0040] Das Diagramm gemäß Fig. 4 zeigt den Ablauf der Schalterstellungen der Schalter S1, S2, S3, S4 und S5. Die erste Phase ist mit 13 bezeichnet und umfasst die beiden ersten Pulse, die bei geöffnetem Schalter S1 durch zweimaliges Öffnen und Schließen des Schalters S3 erzeugt werden. In dieser ersten Phase wird der Zündtransformator nach dem Sperrwandlerprinzip zur Erzeugung von Hochspannungsspitzen zwischen den Elektroden 5 betrieben. In der Primärinduktivität wird über die Schalter S1 und S3 ein Stromanstieg produziert. Durch das Ausschalten des Schalters S3 wird eine Spannungsspitze generiert, die durch den Varistor 9 limitiert und auf die Sekundärseite übertragen wird. Der Schalter S5 muss während der Generation der Hochspannungsspitzen für die Zündung ausgeschaltet sein und übernimmt daher so wie der Schalter S3 die Isolation der Hochspannung gegenüber den anderen Kleinspannungspotentialen. Die maximale Spannung an den Schaltern S1, S2 und S4 ist im Wesentlichen durch die Versorgungsspannung der Gleichspannungsquelle 1 gegeben.

[0041] Danach wird die Schalterbrücke in der zweiten Phase 14 als Flusswandler weiter betrieben, indem die Schalter S1 und S3 sowie S2 und S4 alternierend eingeschaltet werden, während der Schalter S5 geschlossen ist, sodass abwechselnd Spannungspulse unterschiedlicher Polarität an die Primärspule 3 angelegt werden. Dabei sind die jeweiligen Einschaltzeiten bevorzugt gleich lange gewählt, da sich andernfalls im Zündtransformator ein Gleichfeld ausbildet, das den Transformatorkern in die Sättigung führen kann. Weiter ist ein überlappendes Schalten der Schalter S1/S3 und S2/S4 zu vermeiden, da dies einen Kurzschluss verursachen würde.

[0042] Die maximale Spannungsspitze wird grundsätzlich von der Spannung am Varistor 9 und dem Übersetzungsverhältnis des Zündtransformators 2 bestimmt. In der Praxis spielen aber auch die Kapazitäten des Zündtransformators 2 und der Elektroden 5 eine entscheidende Rolle. Mit Hilfe der Pulsdauer der Spannungspulse können diese und andere Effekte weitgehend berücksichtigt bzw. ausgeglichen werden.

[0043] Die übertragene Leistung nach der Zündung kann über die Pulsfrequenz und das Tastverhältnis (Ein-

schaltzeit/Periode) unabhängig von der Zündspannung eingestellt werden. Mit Hilfe der beiden Parameter können vor allem Toleranzen im Transformator betreffend das Übersetzungsverhältnis und die Streuinduktivitäten kompensiert werden.

[0044] Der Begriff "Schalter" umfasst im Rahmen der vorliegenden Erfindung jegliche Ausbildungen von Schaltelementen, einschließlich elektronischer Schaltelemente, wie z.B. bipolare Transistoren, FETs, IGBTs, Thyristoren und dgl.

[0045] Vor allem an die Schalter S3 und S5 sind im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 die Anforderungen betreffend hoher Sperrspannungen und geringer Kapazitäten besonders hoch. Daher ist es in einigen Anwendungen bevorzugt, dass an anstatt eines einzelnen Schalters unterschiedliche Schalter in Serie bzw. bei hohen Strömen auch parallel geschalten werden.

[0046] Als spannungsbegrenzendes Element kann jegliches Bauteil verwendet werden, welches eine spannungsbegrenzende Wirkung aufweist. Es kann ein Varistor oder alternativ wenigstens eine Z-Diode zum Einsatz gelangen. Insbesondere kann die Verwendung von entsprechenden Z-Dioden während des Ausschaltens des Schalters S3 zu wesentlich konstanteren Spannungen mit einer geringeren Neigung zu Überspannungen führen.

[0047] Was die Ausführung des Zündtransformators betrifft, können alle angeführte Schaltungs- und Ausführungsvarianten auch mit einem Autotransformer (Sparstransformator) ausgestattet werden.

[0048] Die in Fig. 3 dargestellte Schaltung stellt lediglich eine von mehreren denkbaren Ausführungsformen dar. Insbesondere stellt das Schaltungsbeispiel gemäß Fig. 3 eine symmetrische Ansteuerung des Zündtransformators 2 mit einer einzigen Gleichspannungsquelle 1 für die Versorgung dar. Grundsätzlich kann die gleiche oder eine ähnliche Funktion auch mit asymmetrischen Anordnungen erreicht werden, indem z.B. das spannungsbegrenzende Element 9 auf einer Seite an das Massepotential bzw. an die Versorgungsspannung angeschlossen wird.

[0049] In einer weiteren alternativen Ausführungsform ist es grundsätzlich auch möglich, die Schalterbrücke zu umgehen, indem man zwei verschiedene spannungsbegrenzende Elemente einsetzt, wie dies in Fig. 5 dargestellt ist. Dies führt zwar zu einer Reduktion der Komponenten, hat aber zur Folge, dass die Effizienz durch die Verluste (vor allem an D3) verringert wird. In diesem Ausführungsbeispiel sind als spannungsbegrenzende Elemente Z-Dioden D1, D2 und D3 eingesetzt.

[0050] In einer weiteren alternativen Ausführungsform kann die Vollbrücke der Schalter auch umgangen werden, indem man zwei Versorgungsspannungen 1 und 1' verwendet, wie dies in Fig. 6 dargestellt ist. Damit kann die Anzahl der elektronischen Komponenten für die Schaltung reduziert werden, ohne die Effizienz der Leistungsübertragung zu reduzieren.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ausbildung eines Funkens über eine Funkenstrecke, insbesondere für die Entflammung einer brennbaren Flüssigkeit zur Messung von deren Flammpunkt, mit Hilfe eines einen Zündtransformator (2) aufweisenden Funkengenerators, der auf der Primärseite des Zündtransformators (2) wenigstens eine Gleichspannungsquelle (1) und auf der Sekundärseite des Zündtransformators (2) zwei die auszubildende Funkenstrecke (6) begrenzende Elektroden (5) umfasst, wobei der Zündtransformator (2) primärseitig mit Spannungspulsen aus der Gleichspannungsquelle (1) beaufschlagt wird, die sekundärseitig Zündspannungspulse erzeugen, wobei der Zündtransformator (2) in einer ersten Phase nach dem Sperrwandlerprinzip und in einer darauffolgenden zweiten Phase nach dem Flusswandlerprinzip betrieben wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zündtransformator (2) in der ersten Phase mit aufeinanderfolgenden Spannungspulsen gleicher Polarität beaufschlagt wird und dass der Zündtransformator (2) in der zweiten Phase mit aufeinanderfolgenden Spannungspulsen wechselnder Polarität beaufschlagt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die sich in der ersten Phase an einer Primärspule des Zündtransformators (2) in einer jeweils zwischen zwei Spannungspulsen liegenden Sperrphase des Zündtransformators (2) aufbauende Spannung durch ein spannungsbegrenzendes Element (9) begrenzt wird.
35. 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zündgenerator (2) zur Erzeugung der primärseitigen Spannungspulse wechselnder Polarität als Gegentaktflusswandler ausgebildet wird.
40. 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Frequenz der primärseitig aufgebrachten Spannungspulse in der ersten Phase unterschiedlich, bevorzugt geringer gewählt wird als in der zweiten Phase.
45. 5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Frequenz der in der ersten Phase primärseitig aufgebrachten Spannungspulse höchstens 3/2, bevorzugt höchstens die Hälfte der Frequenz der in der zweiten Phase primärseitig aufgebrachten Spannungspulse beträgt.
50. 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Pulsdauer der primärseitig aufgebrachten Spannungspulse in der ersten Phase größer gewählt wird als in der zweiten Phase.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Pulsdauer der in der ersten Phase primärseitig aufgebrachten Spannungspulse wenigstens dem 1,5-fachen, bevorzugt wenigstens dem 2-fachen der Pulsdauer der in der zweiten Phase primärseitig aufgebrachten Spannungspulse entspricht.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die in der zweiten Phase über die Funkenstrecke übertragene Leistung durch Variation der Pulsfrequenz und/oder des Tastverhältnisses der primärseitigen Spannungspulse eingestellt wird.
9. Funkgenerator zur Ausbildung eines Funkens über eine Funkenstrecke, insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8, umfassend einen Zündtransformator (2) mit einer Primärspule (3) und einer Sekundärspule (4), wenigstens eine primärseitig angeordnete Gleichspannungsquelle (1), die über eine Schalteranordnung (10) mit der Primärspule (3) verbunden ist, und mit der Sekundärspule (4) verbundene, die auszubildende Funkenstrecke (6) begrenzende Elektroden (5), wobei weiters eine Steuereinrichtung zur Ansteuerung der Schalter (S1, S2, S3, S4, S5) der Schalteranordnung (10) derart vorgesehen ist, dass der Zündtransformator (2) primärseitig mit Spannungspulsen aus der Gleichspannungsquelle (1) beaufschlagbar ist, die sekundärseitig Zündspannungspulse erzeugen, wobei die Steuereinrichtung ausgebildet ist, um die Spannungspulse derart zu erzeugen, dass der Zündtransformator (2) in einer ersten Phase nach dem Sperrwandlerprinzip und in einer darauffolgenden zweiten Phase nach dem Flusswandlerprinzip betreibbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schalteranordnung (10) ausgebildet ist, um den Zündtransformator (2) in der ersten Phase mit aufeinanderfolgenden Spannungspulsen gleicher Polarität in der zweiten Phase mit aufeinanderfolgenden Spannungspulsen wechselnder Polarität zu beaufschlagen.
10. Funkgenerator nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Primärspule (3) ein spannungsbegrenzendes Element (9) zugeordnet ist, um die sich in der ersten Phase an der Primärspule (3) in einer jeweils zwischen zwei Spannungspulsen liegenden Sperrphase des Zündtransformators (2) aufbauende Spannung zu begrenzen.
11. Funkgenerator nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zündgenerator als Gegenaktflusswandler ausgebildet ist.
12. Funkgenerator nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zündgenerator als Gegenaktflusswandler mit Vollbrückenansteuerung ausgebildet ist.
13. Funkgenerator nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schalteranordnung (10) eine Schalterbrücke umfasst, deren Schaltern (S1, S2, S3, S4) jeweils eine Freilaufdiode (8) zugeordnet ist.
14. Funkgenerator nach einem der Ansprüche 9 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** ergänzend zu den für die Erzeugung der Spannungspulse vorgesehenen Schaltern (S1, S2, S3, S4) der Schalteranordnung (10) ein weiterer Schalter (S5) vorgesehen ist, der die Primärspule (3) in der ersten Phase zwischen zwei Spannungsimpulsen von der Gleichspannungsquelle (1) trennt.
15. Funkgenerator nach einem der Ansprüche 9 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung zur Ansteuerung der Schalteranordnung (10) derart ausgebildet ist, dass die Frequenz der primärseitig aufgebrachten Spannungspulse in der ersten Phase geringer ist als in der zweiten Phase.
16. Funkgenerator nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung zur Ansteuerung der Schalteranordnung (10) derart ausgebildet ist, dass die Frequenz der in der ersten Phase primärseitig aufgebrachten Spannungspulse höchstens 3/2, bevorzugt höchstens die Hälfte der Frequenz der in der zweiten Phase primärseitig aufgebrachten Spannungspulse beträgt.
17. Funkgenerator nach einem der Ansprüche 9 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung zur Ansteuerung der Schalteranordnung (10) derart ausgebildet ist, dass die Pulsdauer der primärseitig aufgebrachten Spannungspulse in der ersten Phase größer ist als in der zweiten Phase.
18. Funkgenerator nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung zur Ansteuerung der Schalteranordnung (10) derart ausgebildet ist, dass die Pulsdauer der in der ersten Phase primärseitig aufgebrachten Spannungspulse wenigstens dem 1,5-fachen, bevorzugt wenigstens dem 2-fachen der Pulsdauer der in der zweiten Phase primärseitig aufgebrachten Spannungspulse entspricht.

Claims

55. 1. Method for creating a spark across a spark gap, in particular for igniting a flammable liquid to measure its flash point, by means of a spark generator which comprises an ignition transformer (2), wherein the

- spark generator, on the primary side of the ignition transformer (2), comprises at least one DC voltage source (1) and, on the secondary side of the ignition transformer (2), comprises two electrodes (5) delimiting the spark gap (6) to be formed, wherein voltage pulses from the DC voltage source (1) are applied to the ignition transformer (2) on the primary side thereof, which voltage pulses generate ignition voltage pulses on the secondary side, wherein the ignition transformer (2) is operated in a first phase according to the flyback converter principle and in a subsequent second phase according to the forward converter principle, **characterized in that** successive voltage pulses of the same polarity are applied to the ignition transformer (2) in the first phase and that successive voltage pulses of alternating polarity are applied to the ignition transformer (2) in the second phase.
2. Method according to claim 1, **characterized in that** the voltage that builds up in the first phase on a primary coil of the ignition transformer (2) in a blocking phase of the ignition transformer (2) between two voltage pulses is limited by a voltage-limiting element (9).
3. Method according to claim 1 or 2, **characterized in that** the ignition generator (2) is designed as a push-pull converter for generating the voltage pulses on the primary side having alternating polarity.
4. Method according to any one of claims 1 to 3, **characterized in that** the frequency of the voltage pulses applied on the primary side is selected to be different in the first phase, preferably lower, than in the second phase.
5. Method according to claim 4, **characterized in that** the frequency of the voltage pulses applied on the primary side in the first phase is at most 3/2, preferably at most half, the frequency of the voltage pulses applied on the primary side in the second phase.
6. Method according to any one of claims 1 to 5, **characterized in that** the pulse duration of the voltage pulses applied on the primary side is selected to be greater in the first phase than in the second phase.
7. Method according to claim 6, **characterized in that** the pulse duration of the voltage pulses applied on the primary side in the first phase corresponds to at least 1.5 times, preferably at least 2 times, the pulse duration of the voltage pulses applied on the primary side in the second phase.
8. Method according to any one of claims 1 to 7, **characterized in that** the power transmitted via the spark gap in the second phase is adjusted by varying the pulse frequency and/or the pulse duty factor of the voltage pulses on the primary side.
9. Spark generator for forming a spark across a spark gap, in particular for carrying out a method according to any one of claims 1 to 8, comprising an ignition transformer (2) with a primary coil (3) and a secondary coil (4), at least one DC voltage source (1) arranged on the primary side, which is connected to the primary coil (3) via a switch arrangement (10), and electrodes (5) which are connected to the secondary coil (4) and delimit the spark gap (6) to be formed, wherein a control device for controlling the switches (S1, S2, S3, S4, S5) of the switch arrangement (10) is further provided in such a way that the ignition transformer (2) can be acted upon on the primary side with voltage pulses from the DC voltage source (1), said voltage pulses generating ignition voltage pulses on the secondary side, wherein the control device is designed to generate the voltage pulses in such a way that the ignition transformer (2) can be operated according to the flyback converter principle in a first phase and can be operated according to the forward converter principle in a subsequent second phase, **characterized in that** the switch arrangement (10) is designed to apply successive voltage pulses of the same polarity to the ignition transformer (2) in the first phase and apply successive voltage pulses of alternating polarity to the ignition transformer (2) in the second phase.
10. Spark generator according to claim 9, **characterized in that** a voltage-limiting element (9) is assigned to the primary coil (3), in order to limit the voltage that builds up on the primary coil (3) in a blocking phase between two voltage pulses of the ignition transformer (2) in the first phase.
11. Spark generator according to claim 9 or 10, **characterized in that** the ignition generator is designed as a push-pull converter.
12. Spark generator according to claim 11, **characterized in that** the ignition generator is designed as a push-pull converter with full bridge control.
13. Spark generator according to any one of claims 9 to 12, **characterized in that** the switch arrangement (10) comprises a switch bridge, the switches (S1, S2, S3, S4) of which are each assigned a flyback diode (8).
14. Spark generator according to any one of claims 9 to 13, **characterized in that**, in addition to the switches (S1, S2, S3, S4) of the switch arrangement (10) provided for generating the voltage pulses, a further switch (S5) is provided which, in the first phase, separates the primary coil (3) from the DC voltage source

- (1) between two voltage pulses.
15. Spark generator according to any one of claims 9 to 14, **characterized in that** the control device for controlling the switch arrangement (10) is designed such that the frequency of the voltage pulses applied on the primary side is lower in the first phase than in the second phase.
16. Spark generator according to claim 15, **characterized in that** the control device for controlling the switch arrangement (10) is designed such that the frequency of the voltage pulses applied on the primary side in the first phase is at most 3/2, preferably at most half, the frequency of the voltage pulses applied on primary side in the second phase.
17. Spark generator according to any one of claims 9 to 16, **characterized in that** the control device for controlling the switch arrangement (10) is designed such that the pulse duration of the voltage pulses applied on the primary side is greater in the first phase than in the second phase.
18. Spark generator according to claim 17, **characterized in that** the control device for controlling the switch arrangement (10) is designed in such a way that the pulse duration of the voltage pulses applied on the primary side in the first phase corresponds to at least 1.5 times, preferably at least 2 times, the pulse duration of the voltage pulses applied on the primary side in the second phase.
- Revendications**
1. Procédé pour produire une étincelle à travers un éclateur, en particulier pour enflammer un liquide inflammable afin de mesurer son point d'éclair, à l'aide d'un générateur d'étincelles comportant un transformateur d'allumage (2) comprenant au moins une source de tension continue (1) sur le côté primaire du transformateur d'allumage (2) et deux électrodes (5) délimitant l'éclateur (6) à former sur le côté secondaire du transformateur d'allumage (2), le transformateur d'allumage (2) étant soumis, côté primaire, à des impulsions de tension provenant de la source de tension continue (1), qui génèrent, côté secondaire, des impulsions de tension d'allumage, dans lequel le transformateur d'allumage (2) fonctionne conformément au principe du convertisseur flyback dans une première phase et fonctionne conformément au principe du convertisseur de flux dans une deuxième phase, qui suit à la première, **caractérisé en ce que** le transformateur d'allumage (2) est soumis à des impulsions de tension successives de même polarité dans la première phase, et **en ce que** le transformateur d'allumage (2) est soumis à des impulsions de tension successives de polarité alternée dans la deuxième phase.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la tension qui s'établit dans la première phase sur une bobine primaire du transformateur d'allumage (2) dans une phase de blocage du transformateur d'allumage (2) située entre deux impulsions de tension, est limitée par un élément limiteur de tension (9).
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le générateur d'allumage (2) pour générer les impulsions de tension côté primaire de polarité alternée est conçu comme un convertisseur de flux symétrique.
4. Procédé selon l'une des revendications 1 bis 3, **caractérisé en ce que** la fréquence des impulsions de tension appliquées côté primaire dans la première phase est choisie différente, de préférence inférieure, à celle dans la deuxième phase.
5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la fréquence des impulsions de tension appliquées côté primaire dans la première phase est au plus égale aux 3/2, de préférence au plus à la moitié, de la fréquence des impulsions de tension appliquées côté primaire dans la deuxième phase.
6. Procédé selon l'une des revendications 1 bis 5, **caractérisé en ce que** la durée d'impulsion des impulsions de tension appliquées côté primaire est choisie plus longue dans la première phase que dans la deuxième phase.
7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** la durée d'impulsion des impulsions de tension appliquées côté primaire dans la première phase correspond à au moins 1,5 fois, de préférence au moins 2 fois la durée d'impulsion des impulsions de tension appliquées côté primaire dans la deuxième phase.
8. Procédé selon l'une des revendications 1 bis 7, **caractérisé en ce que** la puissance transmise à travers l'éclateur dans la deuxième phase est ajustée en faisant varier la fréquence des impulsions et/ou le rapport cyclique des impulsions de tension côté primaire.
9. Générateur d'étincelles pour produire une étincelle à travers un éclateur, en particulier pour la mise en oeuvre d'un procédé selon l'une des revendications 1 bis 8, comprenant un transformateur d'allumage (2) avec une bobine primaire (3) et une bobine secondaire (4), au moins une source de tension continue (1) disposée du côté primaire, qui est reliée à la

- bobine primaire (3) par l'intermédiaire d'un agencement de commutateurs (10), et des électrodes (5) reliées à la bobine secondaire (4) et délimitant l'éclateur (6) à former, dans lequel il est en outre prévu un dispositif de commande pour commander les commutateurs (S1, S2, S3, S4, S5) de l'agencement de commutateurs (10), de telle sorte que le transformateur d'allumage (2) puisse être soumis, côté primaire, à des impulsions de tension provenant de la source de tension continue (1), qui génèrent, côté secondaire, des impulsions de tension d'allumage, le dispositif de commande étant conçu pour générer les impulsions de tension de manière à ce que le transformateur d'allumage (2) puisse fonctionner conformément au principe du convertisseur flyback dans une première phase, et puisse fonctionner conformément au principe du convertisseur de flux dans une deuxième phase, qui suit à la première, **caractérisé en ce que** l'agencement de commutateurs (10) est conçu pour soumettre le transformateur d'allumage (2) à des impulsions de tension successives de même polarité dans la première phase, et à des impulsions de tension successives de polarité alternée dans la deuxième phase.
10. Générateur d'étincelles selon la revendication 9, **caractérisé en ce qu'un** élément limiteur de tension (9) est associé à la bobine primaire (3), afin de limiter la tension qui s'établit dans la première phase sur la bobine primaire (3) dans une phase de blocage du transformateur d'allumage (2) située entre deux impulsions de tension.
11. Générateur d'étincelles selon la revendication 9 ou 10, **caractérisé en ce que** le générateur d'allumage est conçu comme un convertisseur de flux symétrique.
12. Générateur d'étincelles selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** le générateur d'allumage est conçu comme un convertisseur de flux symétrique avec commande en pont complet.
13. Générateur d'étincelles selon l'une des revendications 9 bis 12, **caractérisé en ce que** l'agencement de commutateurs (10) comprend un pont de commutation dont les commutateurs (S1, S2, S3, S4) sont respectivement associés à une diode flyback (8).
14. Générateur d'étincelles selon l'une des revendications 9 bis 13, **caractérisé en ce que**, en plus des commutateurs (S1, S2, S3, S4) de l'agencement de commutateurs (10) prévus pour générer les impulsions de tension, un commutateur (S5) additionnel est prévu, qui sépare la bobine primaire (3) de la source de tension continue (1) dans la première phase entre deux impulsions de tension.
- 5 15. Générateur d'étincelles selon l'une des revendications 9 bis 14, **caractérisé en ce que** le dispositif de commande pour commander l'agencement de commutateurs (10) est conçu de telle sorte que la fréquence des impulsions de tension appliquées côté primaire soit plus basse dans la première phase que dans la deuxième phase.
- 10 16. Générateur d'étincelles selon la revendication 15, **caractérisé en ce que** le dispositif de commande pour commander l'agencement de commutateurs (10) est conçu de telle sorte que la fréquence des impulsions de tension appliquées côté primaire dans la première phase soit au plus égale aux 3/2, de préférence au plus à la moitié, de la fréquence des impulsions de tension appliquées côté primaire dans la deuxième phase.
- 15 17. Générateur d'étincelles selon l'une des revendications 9 bis 16, **caractérisé en ce que** le dispositif de commande pour commander l'agencement de commutateurs (10) est conçu de telle sorte que la durée d'impulsion des impulsions de tension appliquées côté primaire soit plus longue dans la première phase que dans la deuxième phase.
- 20 18. Générateur d'étincelles selon la revendication 17, **caractérisé en ce que** le dispositif de commande pour commander l'agencement de commutateurs (10) est conçu de telle sorte que la durée d'impulsion des impulsions de tension appliquées côté primaire dans la première phase corresponde à au moins 1,5 fois, de préférence au moins 2 fois la durée d'impulsion des impulsions de tension appliquées côté primaire dans la deuxième phase.
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

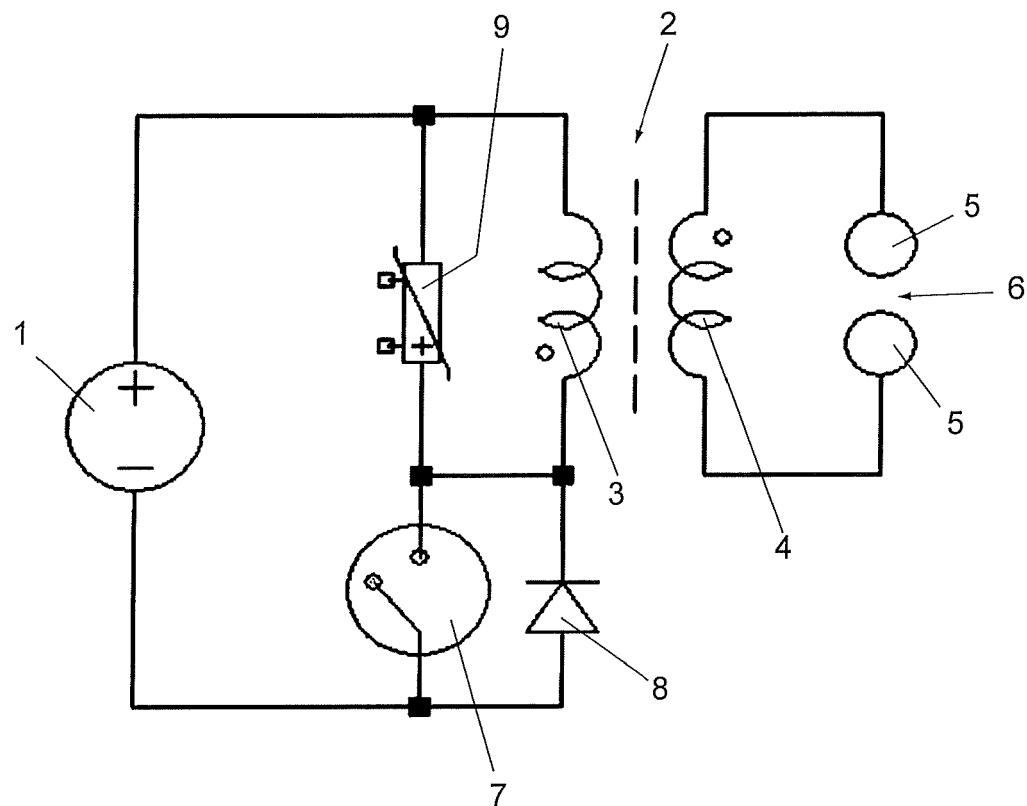


Fig. 1

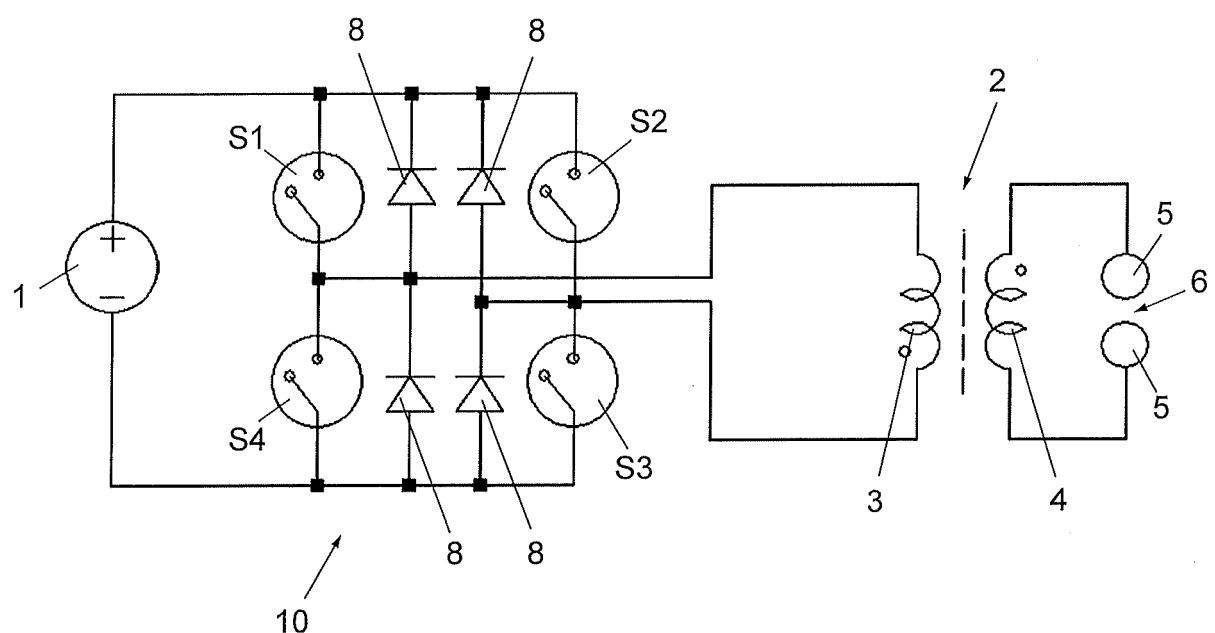


Fig. 2

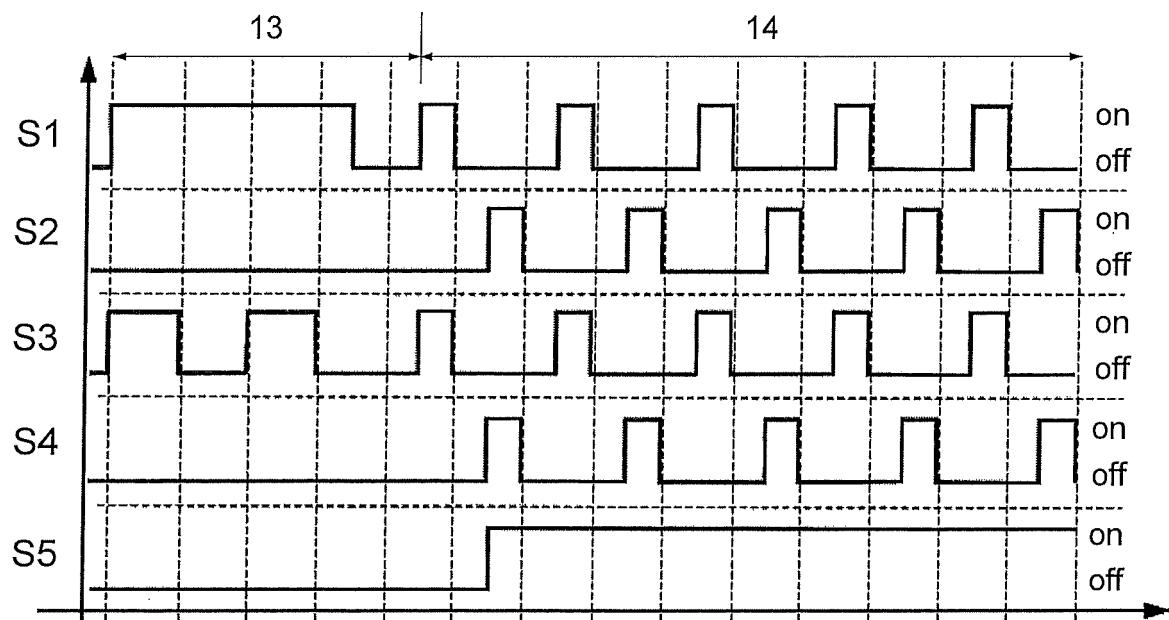
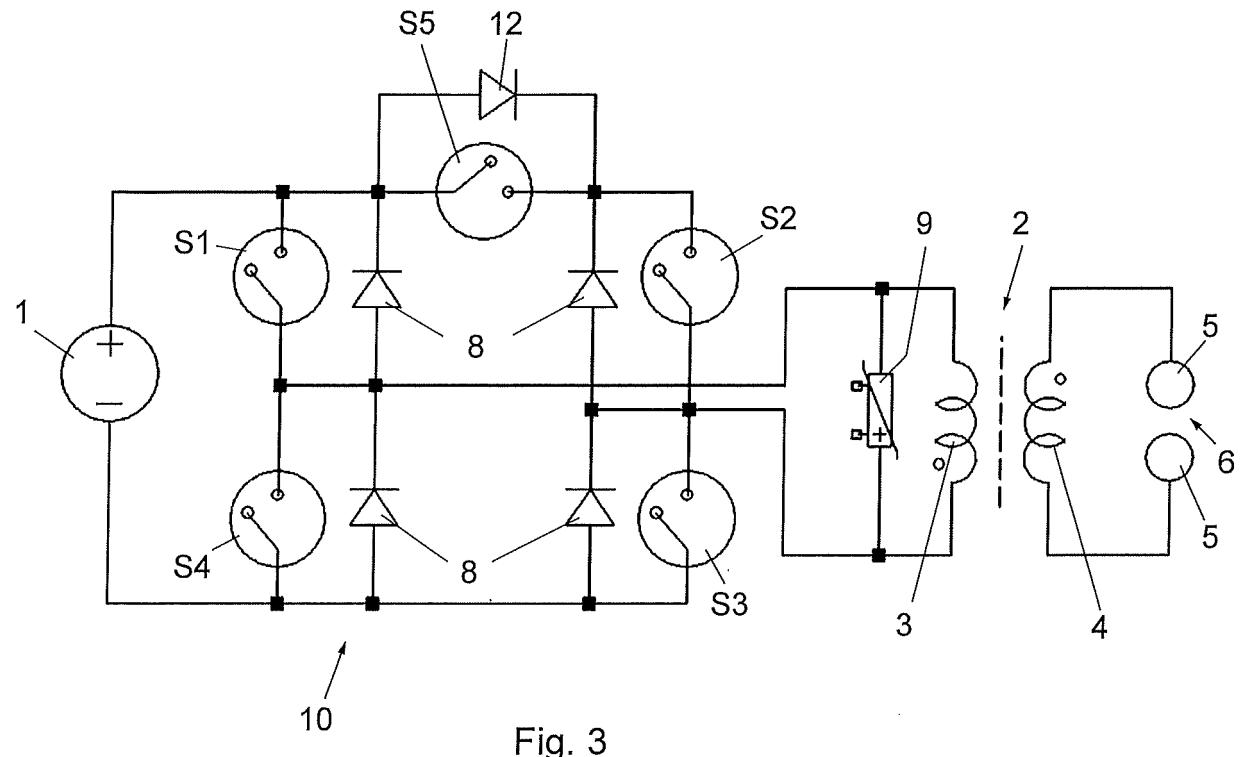


Fig. 4

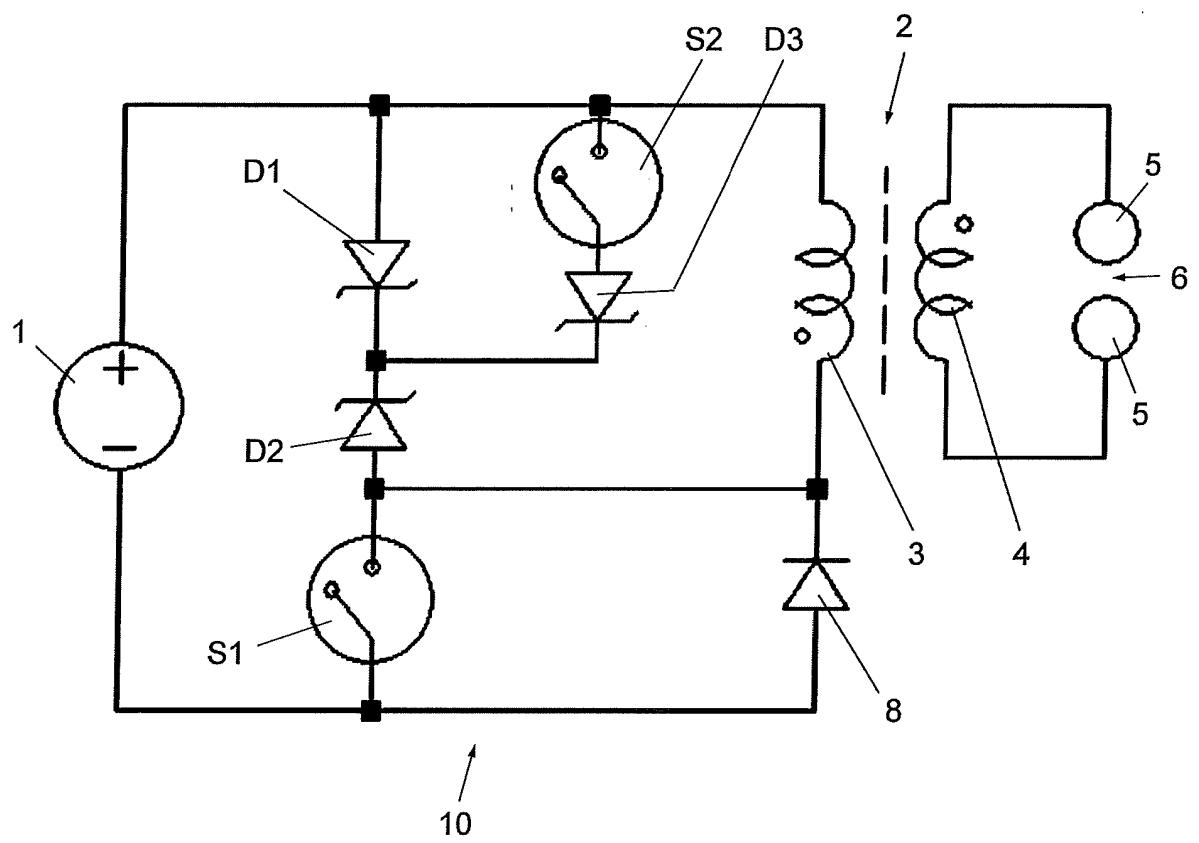


Fig. 5

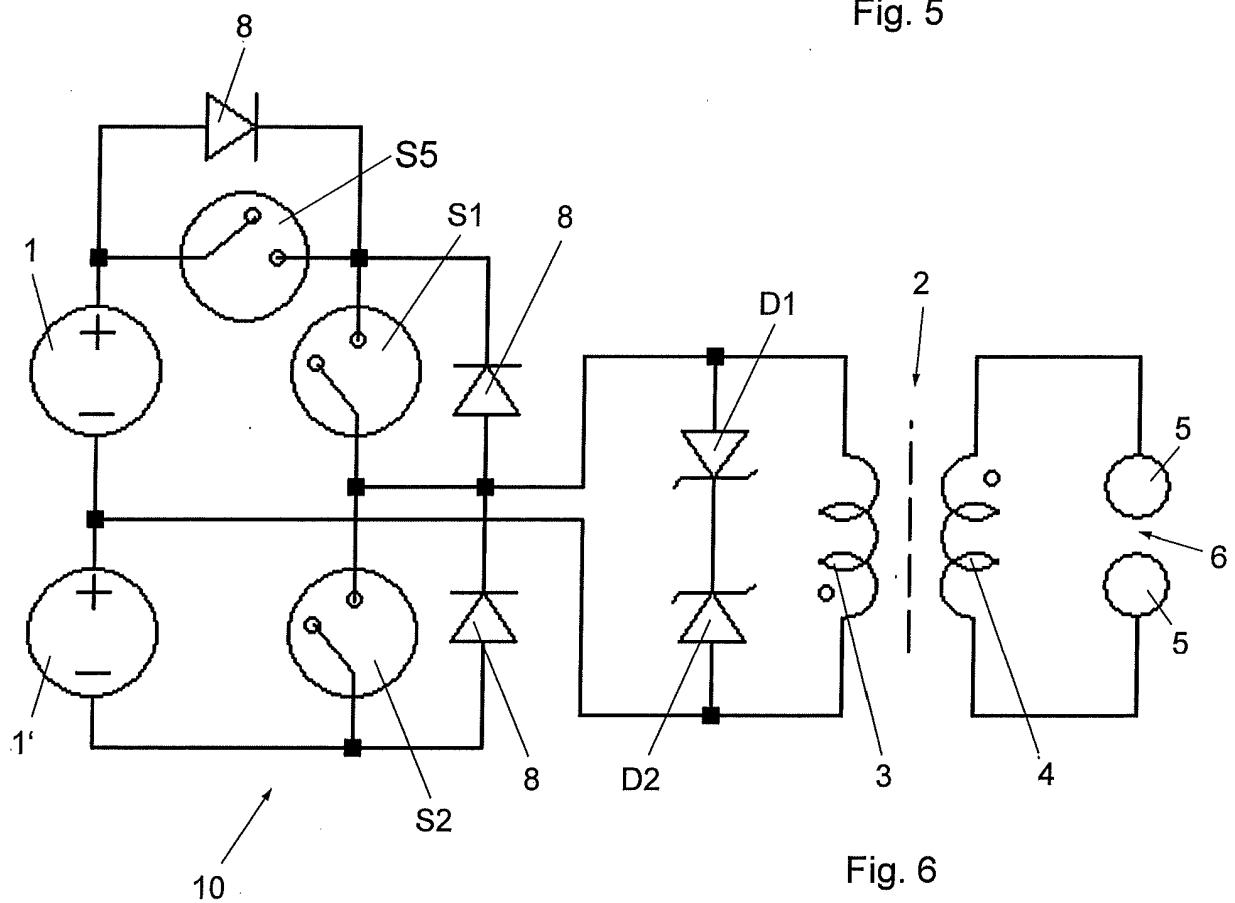


Fig. 6

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

- DE 102014015486 A1 **[0010]**
- WO 9100961 A1 **[0010]**
- DE 112014002666 T5 **[0010]**