

51

Int. Cl. 2:

H 02 M 7/06

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



DT 25 13 975 A 1

11

Offenlegungsschrift 25 13 975

21

Aktenzeichen: P 25 13 975.7

22

Anmeldetag: 29. 3. 75

43

Offenlegungstag: 7. 10. 76

30

Unionspriorität:

32 33 31 —

54

Bezeichnung: Wechselstrom-Energie-Konverter

71

Anmelder: Dahlberg, Reinhard, Dr., 7101 Flein

72

Erfinder: gleich Anmelder

DT 25 13 975 A 1

2513975

Wechselstrom-Energie-Konverter

Kurzfassung
=====

Es wird ein Wechselstrom-Energie-Konverter beschrieben, bei welchem ein Direkt-Energiewandler mit seinem Innenwiderstand in einen Wechselstromkreis so geschaltet ist, daß der Strom durch diesen Innenwiderstand als gleichgerichteter Strom fließt. Der Scheinwiderstand des Wechselstromkreises ist größer als der Innenwiderstand des Direkt-Energiewandlers.

- 2 -

Die sogenannte "Energie-Direktumwandlung" mit Thermoelementen, Thermionik-Dioden, Foto-Elementen, Brennstoffzellen, Radionuklid-Batterien, Magneto-Hydro-Dynamischen Wandlern usw. hat heute noch eine Reihe von Nachteilen. Alle Energie-Direktwandler geben Gleichstrom ab. Man braucht in der Praxis aber in der Mehrzahl aller Anwendungsfälle Wechselstrom, der über aufwendige Wechselrichter erst aus dem Gleichstrom erzeugt werden muß. Einige Energie-Direktwandler geben außerdem auch nur eine unbequem kleine Gleichspannung - wie z.B. Thermoelemente - oder aber auch eine unbequem große Gleichspannung - wie z.B. Direkt-Nuklidbatterien - ab. Auch der bei Brennstoff-Zellen als Folge der Polarisierung der Elektroden stark ansteigende Innenwiderstand bei stärkerer äußerer Belastung ist nachteilig und unbequem. Der hohe Wirkungsgrad der Energieumwandlung von Brennstoff-Zellen wird als Folge davon nur für relativ kleine äußere Belastungen realisierbar.

Ein zu kleiner Wirkungsgrad der Energieumwandlung ist überhaupt der am schwersten wiegende Nachteil bei allen Direkt-Energiewandlern.

Die vorliegende Erfindung geht von der Erkenntnis aus, daß eine Verbesserung des Wirkungsgrades von Direkt-Energiewandlern möglich ist, wenn es gelingt, die elektrischen Innenwiderstände der Direkt-Energiewandler zu verkleinern. Die Erfindung beschreibt mit dem "Wechselstrom-Energie-Konverter" eine Lösung dieser Aufgabe, welche auch die anderen genannten Nachteile der Direkt-Energiewandler beseitigt.

Der Wechselstrom-Energie-Konverter ist dadurch gekennzeichnet, daß in einen Wechselstromkreis der Innenwiderstand eines Direkt-Energie-

-2-

- 3 -

wandlers geschaltet ist, daß Mittel vorgesehen sind, die bewirken, daß der Strom durch den Innenwiderstand des Direkt-Energiewandlers als gleichgerichteter Strom fließt, und daß im Wechselstromkreis ein Scheinwiderstand für die Begrenzung des Stromes vorgesehen ist.

Das Prinzip der Erfindung soll mit Hilfe des Ausführungsbeispiels 1 erläutert werden.

Ausführungsbeispiel 1

In Figur 1 sind 1 und 2 die Thermoschenkel eines thermoelektrischen Generators. Die heißen Kontaktstellen des Generators sind auf der Temperatur T_1 , die kalten Kontaktstellen des Generators sind auf der Temperatur T_0 festgehalten, und der Generator hat eine Leerlauf-Gleichspannung von 100 Volt. Sein elektrischer Innenwiderstand, der durch die Summe aller Widerstände der Thermoschenkel 1 und 2 gebildet wird, beträgt 5 Ohm. Der Kondensator 4 hat eine Kapazität von 144 Mikrofaraad und einen kapazitiven Widerstand von 22 Ohm bei 50 Hertz. Die Wechselstromquelle 3 hat eine effektive regelbare Spannung von 0 bis 440 Volt und eine Frequenz von 50 Hertz. Über die im Gegentakt jeweils im Nulldurchgang des Wechselstromes geschlossenen und geöffneten Schalter 7 und 8 wird der Elektronenstrom 5 während der ersten Halbwelle ebenso wie der Elektronenstrom 6 während der zweiten Halbwelle in der gleichen Richtung durch den Innenwiderstand des thermoelektrischen Ge-

2513975

-4-

nerators gelenkt. Die Richtung der Ströme 5 und 6 durch den Innenwiderstand des thermoelektrischen Generators ist so gewählt, daß die Gleichspannung des thermoelektrischen Generators sich zur Wechselspannung in jeder Halbwelle addiert. Wenn bei geöffnetem Schalter 10 die Wechselstromquelle 3 auf eine effektive Spannung von 440 Volt eingestellt ist, dann fließt durch den Wechselstromkreis ein effektiver Wechselstrom von 20 Ampere. Der Spannungsabfall am Innenwiderstand des thermoelektrischen Generators ist als Folge dieses Wechselstromes im zeitlichen Mittelwert umgekehrt gleich groß wie die Leerlauf-Gleichspannung des thermoelektrischen Generators. Beide Spannungen heben sich im Mittel auf, und der Strom durch den Wechselstromkreis ist ein reiner Blindstrom, der nur durch den Wechselstromwiderstand des Kondensators 4 begrenzt ist, wenn man alle anderen Wirkwiderstände und Verluste des Kreises gegenüber dem Gleichstromwiderstand des thermoelektrischen Generators vernachlässigen kann. Reduziert man die effektive Spannung der Wechselstromquelle 3 auf 220 Volt, dann geht der effektive Strom im Wechselstromkreis auf 10 Ampere zurück. Legt man durch Schließen des Schalters 10 den Verbraucherwiderstand 9 mit einem Widerstandswert von 97 Ohm parallel zum Kondensator 4, dann nimmt der Verbraucherwiderstand 9 bei 220 Volt effektiver Spannung am Kondensator 4 eine elektrische Leistung von 500 Watt auf. Diese Wechselstromleistung von 500 Watt stammt vollständig aus dem thermoelektrischen Generator. Die Wechselstromquelle 3 gibt keine Leistung ab, weil der Spannungsabfall am Innenwiderstand des thermoelektrischen Generators jetzt schon durch die Hälfte der Leerlauf-Gleichspannung des thermoelektrischen Generators kompensiert ist. Die elektrische Wechselstrom-Lei-

-4-

609841/0571

-5-

stung von 500 Watt ließe sich auch durch einen Verbraucherwiderstand von 5 Ohm aufnehmen, der anstelle von 9 in Serie zum Kondensator 4 geschaltet ist. Selbstverständlich ließen sich die 500 Watt auch als Gleichstrom-Leistung über einen Verbraucherwiderstand von 5 Ohm entnehmen, der anstelle von 9 in Serie zum thermoelektrischen Generator zwischen die Schalterpaare 7 und 8 geschaltet ist.

Die Erhöhung des Wirkungsgrades über die Verkleinerung des Innenwiderstandes eines Direkt-Energiewandlers durch den Wechselstrom-Energie-Konverter wird im Ausführungsbeispiel 2 verdeutlicht.

Ausführungsbeispiel 2

Im Ausführungsbeispiel 2 wird eine Peltier-Säule zur Tiefkühlung einer supraleitenden Anordnung beschrieben. Es sind 1 und 2 die p-Schenkel und n-Schenkel einer Peltier-Säule. Als Material für die p-Schenkel ist Galliumarsenid mit einer Zink-Dotierung von ca. $5 \cdot 10^{16}$ Zink-Atomen pro cm^3 und für die n-Schenkel ist Galliumarsenid mit einer Zinn-Dotierung von ca. $2 \cdot 10^{15}$ Zinn-Atomen pro cm^3 verwendet. Beide Materialien sind fein pulverisiert. Die Pulverkörner haben eine Teilchengröße kleiner als 25 Mikron. Jeder Elementschenkel hat eine Länge von einem Millimeter, einen Querschnitt von 10^2 cm^2 , und er besteht aus p-leitendem bzw. n-leitendem Galliumarsenidpulver, das nur mit 100 Kilopond zusammengedrückt ist. Der Zwischenraum zwischen den Galliumarsenid-Pulverkörnern ist evakuiert bis auf einen Vakuumdruck kleiner als 1 Torr. Die Kontaktbrücken 3 zwi-

-6-

schen den Elementschenkeln 1 und 2 sind auf der Temperatur T_1 des flüssigen Stickstoffs gehalten. Die Kontaktbrücken 4 sind die "Kühlstellen" der Peltier-Säule aus insgesamt 80 Peltier-Elementen, die konzentrisch und der Länge nach um ein Keramik-Rohr 5 angeordnet sind. Die Kühlstellen 4 kühlen das Keramikrohr 5 auf die Temperatur T_0 herunter. 13 ist eine Wechselstromquelle mit 60 Hertz und einer effektiven Spannung von 160 Kilo-Volt. 10 ist eine Hochspannungs-Drosselspule mit einer Induktivität von 500 Henry, die einen induktiven Widerstand von etwa 188 Kilo-Ohm hat. Über die im Gegentakt geschalteten Hochvakuum-Gleichrichter 8 und 9 fließen die Elektronenströme 11 und 12 in der positiven und negativen Phase oder Halbwelle in einer Richtung durch die Elementschenkel 1 und 2 der Peltier-Säule. Der Innenwiderstand der Peltier-Säule ist bei kleinen Spannungen extrem hoch, weil die Kontaktwiderstände zwischen den Pulverkörnern des Galliumarsenids sich zu einem sehr hohen Widerstandsbetrag aufsummieren. Diese Kontaktwiderstände sind jedoch auch sehr stark abhängig von der Spannung oder genauer von der elektrischen Feldstärke zwischen den Pulverkörnern. Da die Ströme 11 und 12 ihre Entstehung einer sehr hohen Spannung verdanken, liegen zwischen den Galliumarsenid-Pulverkörnern am Beginn jeder Halbwelle des Wechselstromes 11 und 12 kurzzeitig sehr hohe Feldstärken, die die Kontaktwiderstände reversibel zusammenbrechen lassen. Dadurch sinkt der elektrische Innenwiderstand der Peltier-Säule bei jedem Stromdurchgang der Ströme 11 und 12 um viele Größenordnungen und wird wesentlich kleiner als der induktive Widerstand der Spule 10. Der effektive Strom von 850 Milli-Ampere wird also nur durch die Spule 10 auf diesen Wert begrenzt. Da auch die Wärmeleitfähigkeit der pulverförmigen Elementschenkel ohne Stromdurchgang extrem klein ist,

- 7 -

fällt als Wärmeleitung der Elementschenkel 1 und 2 im wesentlichen nur die Elektronen-Wärmeleitung beim Durchgang der Ströme 11 und 12 ins Gewicht. Bei gleichzeitig hoher Thermokraft hat aus diesem Grunde der Wechselstrom-Energie-Konverter mit der Peltier-Säule einen so hohen Wirkungsgrad, daß Kühltemperaturen T_0 erreicht werden, bei denen eine supraleitende Anordnung 6 über die elektrischen Anschlüsse 7 betrieben werden kann.

Die Anordnung nach Figur 2 ließe sich selbstverständlich auch mit einer dreiphasigen Wechselstromquelle 13 betreiben, wenn für jede der drei Phasen eine entsprechende Drosselspule 10 vorgesehen wird und wenn die Gleichrichtung über eine dreiphasige Brücke erfolgt.

Noch tiefere Temperaturen bei gleichzeitig größerer Wärme-Pumpleistung lassen sich erreichen, wenn man die Peltier-Säule nach Fig. 2 in an sich bekannter Weise in Form einer mehrstufigen Kaskade aufbaut.

Wegen des hohen Wirkungsgrades der Energieumwandlung lassen sich die Wechselstrom-Energie-Konverter mit Peltier-Elementen vorteilhaft zum reversiblen Kühlen (durch einfache Stromumkehr) zum reversiblen Heizen und zum Klimatisieren von Räumen, Gebäuden, Geräten, Anlagen usw. verwenden.

Das Ausführungsbeispiel 2 zeigt, daß man bei nichtmetallischen Thermo-Elementen oder Peltier-Elementen den Wirkungsgrad der Energieumwandlung verbessern kann, wenn man den nutzlosen Nebenschluß für die Wärme auftrennt, der durch die Gitter-Wärmeleitung der Elementschenkel entsteht. Bei Verwendung von Thermo-Elementen oder Peltier-Elementen mit mindestens einer Unterbrechungsstelle kann man die Gitter-Wärmeleitung unter-

2513975

- 8 -

brechen. In einem Wechselstrom-Energie-Konverter kann man den elektrischen Strom auch dann noch über Lichtbogen-artige oder funken-artige elektrische Entladungen hinreichend niederohmig über diese Unterbrechnungsstellen fließen lassen.

Unter diesen Lichtbogen-artigen oder funkenartigen Entladungen sind alle elektrischen Entladungen in Gasen von beliebigem Druck und beliebigem Ionisierungsgrad verstanden, bei denen die Strom-Spannungskennlinie teilweise negativ ist. Diese Entladungen sind auch bei extrem niedrigem Druck als Vakuum-Durchschläge bekannt. Gemessen an der gesamten durch eine funkenartige elektrische Entladung hindurchtransportierten Energie ist im allgemeinen der Energieverbrauch der funkenartigen elektrischen Entladungen selbst relativ klein. Dies liegt an der stark negativen Stromspannungskennlinie. Funkenstrecken eignen sich deshalb auch bekanntlich als verlustarme Schalter in niederohmigen Stoßstrom-Schaltungen, wie z.B. bei thermischen Drahtexplosionen durch Kondensator-Kurzschluß-Entladungen. Auch der heute schon historische Funkensender funktioniert vor allem deshalb, weil die Funkenstrecke im Sender-Schwingkreis so niederohmig ist, daß sich über die Funkenstrecke hinweg gedämpfte Eigenschwingungen im Senderschwingkreis ausbilden können.

Von der Eigenschaft einer funkenartigen elektrischen Entladung, große Energie zu transportieren, ohne selbst zu viel Energie zu verbrauchen, kann im Wechselstrom-Energie-Konverter Gebrauch gemacht werden. Die funkenartige elektrische Entladung erzeugt ein extrem heißes und entsprechend niederohmiges Plasma. Das heiße Plasma verbraucht jedoch seine Energie nur zu einem geringen Teil durch Abstrahlung und Elektronen-Wärmeleitung. Der größere Teil der Plasma-Energie wird wie von einem Generator an den Entladungskreis weitergegeben.

2513075

-9-

Das Verhältnis von verbrauchter zu weitergegebener Energie hängt stark von den Daten des Kreises ab. Es ist u.a. aber um so kleiner, je größer die Feldstärke beim Einsetzen der funkenartigen elektrischen Entladung ist und je größer der maximale Strom ist.

In den Figuren 3a bis 3f sind einige Ausführungsformen von Thermoelementen mit mindestens einer Unterbrechungsstelle schematisch dargestellt.

Ausführungsbeispiel 3 =====

In Figur 3a ist 1 der p-Schenkel, 2 der n-Schenkel des Thermoelementes, und 3 ist eine metallische Brücke auf der Temperatur T_1 . 4 sind metallische Zuleitungen (auf der Temperatur T_0) zu den Elementschenkeln 1 und 2. Die beiden Unterbrechungsstellen 5, welche Plasma-, Gas- oder Vakuum-Strecken sein können, werden durch funkenartige elektrische Entladungen 6 überbrückt.

Figur 3b zeigt ein Thermoelement, dessen Schenkel 1 und 2 je eine Unterbrechungsstelle 5 haben, die durch funkenartige elektrische Entladungen^{en} 6 überbrückt werden. 3 ist eine metallische Brücke (mit der Temperatur T_1) zwischen den Schenkeln 1 und 2, und 4 sind metallische Zuleitungen mit der Temperatur T_0 .

Figur 3c zeigt schematisch ein Thermoelement, dessen Element-Schenkel 1 und 2 wie im Ausführungsbeispiel nach Figur 2 aus pulverförmigem thermoelektrischem Material bestehen. Die Unterbrechungsstellen 5 sind hier die Zwischenräume und Grenzflächen

2513975

- 10 -

zwischen den Pulver-Körnern. Sie werden durch funkenartige elektrische Entladungen 6 überbrückt. Die leitende Brücke 3 hat die Temperatur T_1 und die Zuleitungen 4 haben die Temperatur T_0 .

Figur 3d zeigt schematisch ein Thermoelement, bei dem die metallische Brücke 3 (mit der Temperatur T_1) parallel zu den Elementschenkeln 1 und 2 steht. Die Unterbrechungsstellen 5 werden durch funkenartige elektrische Entladungen 6 überbrückt. 4 sind metallische Anschlüsse auf der Temperatur T_0 .

Figur 3e zeigt schematisch ein Thermoelement, bei dem die metallische Brücke 3 (auf der Temperatur T_1) und die Zuleitungen 4 (auf der Temperatur T_0) parallel verlaufen. Die Thermoschenkel 1 und 2 haben je zwei Unterbrechungsstellen 5, die durch funkenartige elektrische Entladungen 6 überbrückt werden.

Figur 3f zeigt schematisch ein Thermoelement, bei dem zwei Thermoschenkel 1 und 2 die Temperatur T_1 haben und zwei Thermoschenkel 1 und 2 auf der Temperatur T_0 festgehalten sind. Alle Thermoschenkel 1 und 2 sind durch die Unterbrechungsstellen 3 getrennt, die durch funkenartige elektrische Entladungen 4 überbrückt werden. Die Thermoschenkel 1 und 2 auf der Temperatur T_1 können auch durch die p-Zone und die n-Zone eines Halbleiter-pn-Übergangs gebildet sein, der während der funkenartigen elektrischen Entladungen 4 in einem elektrisch durchgebrochenen Zustand oder in Flußrichtung von gleichgerichtetem Strom durchflossen wird. In einer Kaskade entsprechend Figur 3f können sowohl die heißen als auch die kalten Kontaktstellen der Thermoschenkel 1 und 2 durch p-n-Übergänge gebildet sein.

-11-

2513975

Ausführungsbeispiel 4
=====

In Figur 4 ist ein Wechselstrom-Energie-Konverter beschrieben, der zwei thermoelektrische Generatoren mit Unterbrechungsstellen enthält. Die Elementschenkel 1 und 2 bestehen aus 0,5 Milli-Ohm cm p^+ - und cm n^+ -leitendem Silizium in Form von Einkristall-Scheiben von $1 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2$ Fläche und $4 \cdot 10^{-3} \text{ cm}$ Dicke. Die p^+ -Scheiben haben einseitig eine epitaktische p-Schicht von 0,01 Ohm cm in einer Dicke von $1 \cdot 10^{-4} \text{ cm}$. Eine entsprechende n-leitende Schicht tragen die n^+ -Scheiben. Auf der nichtepitaktischen Seite sind die Silizium-Scheiben auf die metallischen Brücken und Zuleitungen 3 so aufgelegt, daß sich immer zwei p-Epitax-Schichten und zwei n-Epitax-Schichten gegenüberstehen und sich leicht berühren. Der sehr schmale Zwischenraum 4 ist evakuiert. Durch Sonneneinstrahlung sind die heißen Kontaktbrücken 3 auf einer Temperatur T_1 von 800 Grad Kelvin und die kalten Kontaktbrücken und Zuleitungen 3 auf der Temperatur T_0 von 300 Grad Kelvin festgehalten. Jeder der beiden thermoelektrischen Generatoren hat eine Leerlaufspannung von 300 Volt. Über eine relativ niederohmige Sekundärspule des Transformators 10 ist an den Wechselstromkreis mit dem Vakuum-Kondensator 9 von 0,53 Mikrofarad eine effektive Wechselspannung von 3 000 Volt bei einer Frequenz von 1 000 Hertz angelegt. Der kapazitive Widerstand des Kondensators 9 beträgt 300 Ohm, und durch den Wechselstromkreis fließt ein effektiver Strom von 10 Ampere. Über die mit Hilfe der über die Anschlüsse 13 im Gegentakt angesteuerten und in Emitterschaltung arbeitenden Komplementär-Transistoren 11 und 12 fließt der Elektronenstrom 6 in der ersten Halbwelle über den geöffneten Gleichrichter 15, den pnp-Transistor 11 durch den linken thermoelektrischen Generator und über den npn-Transistor 12, wobei er di

2513975

-12-

Unterbrechungsstellen 4 in den Elementschenkeln 1 und 2 durch die funkenartigen Entladungen 5 überbrückt. In der zweiten Halbwelle fließt der Elektronenstrom 8 über den geöffneten Gleichrichter 16, den pnp-Transistor 11 durch den rechten thermoelektrischen Generator und über den npn-Transistor 12, wobei er die Unterbrechungsstellen 4 in den Elementschenkeln durch die funkenartigen Entladungen 7 überbrückt. Der über den Transformator 10 eingespeiste Wechselstrom ist praktisch leistungslos, während durch den Verbraucherwiderstand 14 von 6 Kilo-Ohm ca. 1,5 Kilo-Watt elektrische Leistung als Wechselstrom von 1 Kilo-Hertz den beiden thermoelektrischen Generatoren entommen wird.

Die bisher beschriebenen Wechselstrom-Energie-Konverter können mit Wechselspannungen beliebiger Amplitude arbeiten. Es können sinusförmige Amplituden, aber auch Rechteck-Amplituden, wie sie z.B. Multivibratoren liefern, Sägezahn-Amplituden, wie sie bei Kippschwingungen auftreten, usw. verwendet werden.

Ein wichtiger Spezialfall des Wechselstrom-Energie-Konverters der Erfindung liegt vor, wenn der Wechselstromkreis ein Schwingkreis oder Resonator ist, der erzwungene Schwingungen oder Eigenschwingungen ausführt. Ein Wechselstrom-Energie-Konverter als Schwingkreis mit Thermionik-Dioden als Direkt-Energiewandler ist im Ausführungsbeispiel 5 beschrieben.

Ausführungsbeispiel 5

In Figur 5 sind 1 die Wolfram-Emitter von zwei Thermionik-Dioden-Batterien. Die Temperatur T_1 der Emitter 1 beträgt

2513975

-13 -

2 800 Grad Kelvin. Sie wird durch die Verbrennung von Wasserstoffgas mit Sauerstoff erzeugt. Die Kollektoren 2 bestehen ebenfalls aus Wolfram und sind auf einer Temperatur von 500 Grad Kelvin festgehalten. Die Größe der Flächen der Emitter 1 und der Kollektoren 2 beträgt je 10 cm^2 . Die Abstände zwischen den Emittern 1 und den Kollektoren 2 betragen 3 mm. Sie sind mit Caesium-Dampf unter einem Druck von $7 \cdot 10^{-2}$ Torr gefüllt. In jeder Thermionik-Dioden-Batterie sind 100 Thermionik-Dioden über die Emitter-Zuleitungen 3 in Serie geschaltet. Die Leerlaufspannung jeder Batterie beträgt 250 Volt. Der Vakuum-Kondensator 6 hat eine Kapazität von 100 Picofarad, und die Spule 7 hat eine Induktivität von 2,53 Mikro-Henry, so daß die Eigenfrequenz dieses Schwingkreises etwa 10 Mega-Hertz beträgt. Wenn der Kondensator 6 nach Umschalten der Schalter 14 durch die Gleichspannungsquelle 15 über den Widerstand 16 auf 32 Kilo-Volt aufgeladen und danach die Schalter 14 wieder zurückgeschaltet sind, dann wird im Schwingkreis eine entdämpfte Schwingung von 10 Mega-Hertz angefacht. Durch den Widerstand 13 mit 20,5 Kilo-Ohm wird jedoch der Schwingkreis bedämpft. Als Folge davon fließt ein effektiver Wechselstrom von nur 100 Ampere durch den Schwingkreis und die effektive Spannung am Kondensator sinkt auf 16 Kilo-Volt. Die Vakuum-Trioden 8 und 10 werden über die Anschlüsse 12 im Gegentakt gesteuert. Sie bewirken, daß in der ersten Halbwelle der Elektronenstrom 9 durch die linke Thermionik-Dioden-Batterie und in der zweiten Halbwelle der Elektronenstrom 11 durch die rechte Thermionik-Dioden-Batterie fließt. Da der Schwingkreis trotz der Bedämpfung durch den Verbraucherwiderstand 13 eine Güte von 64 hat, liegt an jeder einzelnen Thermionik-Diode nach jedem Einsetzen der Ströme 9 und 11

2513975

- 14 -

kurzzeitig eine relativ hohe Überspannung. Sie bewirkt, daß die Raumladung vor dem Emitter durchbrochen wird (4 und 5) und daß ein effektiver Strom von 100 Ampere fließen kann. Durch diesen Abbau der Raumladungen wird eine Verringerung des Innenwiderstandes der Thermionik-Dioden bewirkt. Dadurch wird der relative Anteil der Wärmeverluste in der Energiebilanz verkleinert, daß heißt aber, der Wirkungsgrad der Thermionik-Dioden wird größer. Der Verbraucherwiderstand 13 nimmt eine Hochfrequenzleistung von über 20 Kilo-Watt auf, welche von den Thermionik-Dioden abgegeben wird. Der maximale Wirkungsgrad der Umwandlung von Wärme in elektrische Energie beträgt im Ausführungsbeispiel 5 etwa 40 %.

Wechselstrom-Energie-Konverter können auch Direkt-Energiewandler enthalten, welche Licht in elektrische Energie oder elektrische Energie in Licht umwandeln, wie z.B. Solarzellen, Foto-Elemente, Foto-Zellen, Foto-Dioden, Elektrolumineszenz-Dioden und LASER-Dioden.

Ausführungsbeispiel 6

In Figur 6 ist ein Wechselstrom-Energie-Konverter mit einer Parallel- und Reihenschaltung von Silizium-Solarzellen 1 beschrieben, die die Lichtstrahlung 2 der Sonne auffangen. Jede Solarzelle ist $2 \times 2 \text{ cm}^2$ groß, hat eine Leerlaufspannung von 0,6 Volt und einen Kurzschluß-Strom von 150 Milli-Ampere. Je 50 Solarzellen sind elektrisch parallel geschaltet und 500 dieser Parallelschaltungen sind in Serie geschaltet. Über die Sekundärspule eines

2513975

-15-

Transformators 8 ist eine effektive Wechselspannung von 300 Volt und 50 Hertz an den Wechselstromkreis mit dem Kondensator 7 gelegt, der eine Kapazität von 80 Mikروفarad hat. Es fließt ein effektiver Wechselstrom von 7,5 Ampere durch den Kreis. Er wird durch die im Gegentakt über die Anschlüsse 10 gesteuerten Thyristoren 3 und 4 während beider Wechselstrom-Halbwellen 5 und 6 in gleicher Richtung durch die Solarzellen 1 gelenkt. Der Verbraucherwiderstand 9 parallel zum Kondensator 7 nimmt mit einem Widerstandswert von 40 Ohm eine Wechselspannungsleistung von etwa 2,2 Kilo-Watt bei einer effektiven Spannung von 300 Volt auf. Im Wechselstrom-Energie-Konverter ist der Wirkungsgrad der Solarzellen 1 etwas größer als im Normalbetrieb.

Einen Wechselstrom-Energie-Konverter mit einem Direkt-Energiewandler, der elektrische Energie in Licht umwandelt, beschreibt das Ausführungsbeispiel 7.

Ausführungsbeispiel 7

In Figur 7 sind 1 und 2 Galliumarsenid-LASER-Dioden, die sich in einem Schwingkreis mit der Spule 5 und den Kondensatoren 6 und 7 befinden. Die Spule 5 hat eine Induktivität von $3,17 \cdot 10^{-8}$ Henry und der Kondensator 6 eine Kapazität von 60 Picofarad. Der variable Kondensator 7 hat eine von 20 bis 80 Picofarad variierbare Kapazität. Über diese variierbare Kapazität kann die Resonanzfrequenz des Schwingkreises zwischen 70 und 100 Mega-Hertz moduliert werden. 8 ist ein variierbarer Widerstand, über welchen die Amplituden der

2513975

-16-

Schwingungen moduliert werden können. In der ersten Halbwelle fließt der Elektronenstrom 11 durch die LASER-Diode 1, welche den Infrarot-Lichtimpuls 13 dabei aussendet. In der zweiten Halbwelle fließt der Elektronenstrom 12 durch die LASER-Diode 2, welche den Infrarot-Lichtimpuls 14 dabei aussendet. Über den Kondensator 9 ist ein Hochfrequenz-Generator 10 an den Schwingkreis gekoppelt. Auch bei konstanter Frequenz des Hochfrequenz-Generators 10 können die Lichtimpulse 13 und 14 durch die Modulationen des Kondensators 7 und des Widerstandes 8 moduliert werden.

Wechselstrom-Energie-Konverter können auch mit Direkt-Energiewandlern verwendet werden, welche chemische Energie in elektrische Energie oder elektrische Energie in chemische Energie umwandeln wie z.B. Brennstoff-Elemente mit gasförmigen oder flüssigen Brennstoffen, die mit niedrigen oder hohen Temperaturen arbeiten, galvanische Primär-Elemente, galvanische Sekundär-Elemente usw.

Im Ausführungsbeispiel 8 wird ein Wechselstrom-Energie-Konverter beschrieben, der als Direkt-Energiewandler Brennstoff-Zellen enthält.

Ausführungsbeispiel 8

In Figur 8 sind 1 und 2 Batterien aus je 100 Brennstoff-Zellen mit sogenannten "Doppelskelett-Wasserstoffelektroden", die gefälltes Silberpulver in einem Stützgerüst aus Carbonylnickel enthalten. Das Reaktionswasser fällt als Dampf an und jede Brennstoff-Zelle hat eine Leerlaufspannung von 1,18 Volt. Die Elektrodenfläche jeder Zelle beträgt 10^4 cm^2 . Die Batterien 1 und 2 sind über die (über die Anschlüsse 5 gesteuerten) Thyristoren 3 und 4

000841/0571

2513975

-17-

im Gegentakt in den Wechselstromkreis mit dem Kondensator 6 geschaltet. Über die Sekundärseite des Transformators 7 ist eine Wechselspannung von 60 Hertz und 2 000 Volt Effektivspannung an den Wechselstromkreis angelegt. Der Kondensator 6 hat mit einer Kapazität von 1 350 Mikrofaraad einen kapazitiven Widerstand von 2 Ohm, so daß ein effektiver Wechselstrom von 1 000 Ampere mit den Halbwellen des Elektronenstromes 10 und 11 durch die Batterien 1 und 2 fließt. Parallel zum Kondensator 6 liegt der Öltransformator 8, der eine elektrische Leistung von etwa 115 Kilo-Watt bei einer effektiven Sekundärspannung von 40 Kilo-Volt auf den Verbraucherwiderstand 9 mit etwa 14 Kilo-Ohm überträgt. Der Transformator 7 gibt praktisch nur Blindleistung ab. Als Folge der relativ hohen Spannung am Kondensator 6 kann sich an den Elektroden der Brennstoff-Zellen keine Polarisation oder Überspannung ausbilden. Dies wirkt wie eine Verkleinerung des Innenwiderstandes der Brennstoff-Zellen und führt zu einer Verbesserung des Wirkungsgrades der Energieumwandlung bei großer Belastung.

Der Wechselstrom-Energie-Konverter der Erfindung kann bis zu allerhöchsten Frequenzen verwendet werden. Im Ausführungsbeispiel 9 ist seine Verwendung als Mikrowellen-Generator beschrieben.

Ausführungsbeispiel 9

In Figur 9 sind 1 und 2 Blei-Akkumulatoren mit einer Leerlaufspannung von 2,1 Volt und einem elektrischen Innenwiderstand von 10 Milli-Ohm. 5 und 6 sind sogenannte Lecher-Leitungen mit einer Gesamtlänge von 3 Metern. Sie sind am oberen Ende durch

2513975

-18-

die leitende Brücke 7 kurzgeschlossen und am unteren Ende durch die Induktions-Schleife 8 miteinander verbunden. In jede Lecher-Leitung 5 bzw. 6 ist jeweils im Abstand von 15 Zentimetern ein Parallel-Kreis abwechselnd mit einem Akkumulator 1 und 2 sowie zwei Funkenstrecken 3 und 4 eingeschaltet. Jede Lecher-Leitung 5 und 6 enthält 19 Blei-Akkumulatoren 1 und 2, die von den Gleichstromquellen 16 über die Drosselspulen 17 aufgeladen werden. Die Funkenstrecken 3 und 4 bestehen jeweils aus einer Metall-Platte, der eine Metall-Spitze gegenübersteht. Wenn die Spitze positiv ist, dann ist die Funken-Durchbruchsspannung nur etwa die Hälfte so hoch wie bei umgekehrter elektrischer Polung. Wenn über den Widerstand 12 durch die Gleichspannungsquelle 13 der Kondensator 10 auf eine so hohe Spannung aufgeladen wird, daß die Kugelfunkenstrecke 11 durchbricht, dann entlädt sich der Kondensator 10 über die Induktionsschleife 9 und über die Funkenstrecke 11 in Form einer gedämpften Schwingung von 1 Giga-Hertz. Da diese Frequenz eine Resonanz-Frequenz der über die Resonanzschleife 8 und die Brücke 7 abgeschlossenen Lecher-Leitungen 5 und 6 ist, fließen die Elektronenströme 14 und 15 jeweils in der ersten und zweiten Halbwelle durch den Lecher-Resonator. Da die Ströme 14 und 15 immer so über die Funkenstrecken 3 und 4 und die Blei-Akkumulatoren 1 und 2 fließen, daß sich die Akkumulatortenspannungen zu den hochfrequenten Wechselspannungen addieren, entsteht im Lecher-Resonator eine stehende entdämpfte Welle. Der Wellenwiderstand der Lecher-Leitung beträgt 300 Ohm, und der gesamte Ohmsche Widerstand einschließlich des Innenwiderstandes der Blei-Akkumulatoren 1 und 2 ist in jeder Halbwelle 0,3 Ohm. Ohne äußere Bedämpfung fließt deshalb durch den Lecher-Resonator ein effektiver Wechselstrom von 147 Ampere. Wenn der Lecher-Resonator über die Induktionsschleife 8

609841/0571

mit einem Nutzwiderstand von etwa 300 Kilo-Ohm bedämpft wird, dann sinkt der effektive Wechselstrom auf etwa 73 Ampere und dem Lecher-Resonator wird durch die Bedämpfung eine Mikrowellenleistung von 1,6 Kilo-Watt bei 1 Giga-Hertz mit einer effektiven Wechselspannung von 22 Kilo-Volt entnommen. Der Wirkungsgrad der Erzeugung von entnehmbarer Mikrowellenleistung hängt vom Grad der Bedämpfung ab. Durch die Bedämpfung mit 300 Kilo-Ohm beträgt er etwa 50 %. Durch stärkere Bedämpfung des Lecher-Resonators mit einem kleineren Verbraucher-Widerstand läßt sich der Wirkungsgrad - bei gleichzeitig kleiner werdender Gesamtleistung - weiter steigern.

Die beiden Lecher-Leitungen 5 und 6 in Figur 9 lassen sich in an sich bekannter Weise auch durch eine koaxiale Leitung oder durch einen Topf-Kreis ersetzen, was zur Vermeidung von Strahlungsverlusten sinnvoll ist. Zur Vergrößerung der Mikrowellen-Leistung lassen sich mehrere Generatoren parallel und in Serie schalten. Auf diese Weise können - auch unter Verwendung anderer Direkt-Energiewandler wie z.B. Brennstoff-Zellen, Thermo-elementen oder MHD-Wandlern - Mikrowellen-Kraftwerke gebaut werden.

Der Wechselstrom-Energie-Konverter läßt sich mit Vorteil auch mit Direkt-Energiewandlern verwenden, die radioaktive Strahlung in elektrische Energie umwandeln wie z.B. Direkt-Radionuklid-Batterien, Halbleiter-Sperrschicht-Batterien und Kontaktpotential-Batterien. Das Ausführungsbeispiel 10 beschreibt einen Wechselstrom-Energie-Konverter, der eine Radio-Nuklid-Batterie, d.h. einen Direkt-Energiewandler mit einer unbequem hohen Gleichspannung enthält.

Ausführungsbeispiel 10
=====

In Figur 10 ist 1 eine Hohlkugel aus Metall mit einem Außendurchmesser von 50 Zentimetern. Sie ist mit einer 1 Millimeter dicken Schicht aus ^{90}Sr -Oxid überzogen, die insgesamt eine Aktivität von etwa $1,25 \cdot 10^6$ Curie hat. Wegen der großflächigen Verteilung dieser Aktivität erwärmt sich die Hohlkugel 1 nur auf etwa 500 Grad Kelvin. Im Abstand von 20 Zentimetern von der Oberfläche der Hohlkugel 1 befindet sich die Innenwand einer zweiten metallischen Hohlkugel 3. Durch den Isolator 4 ist ein elektrischer Anschluß der Hohlkugel 1 durch die Hohlkugel 3 isoliert hindurchgeführt. Der Zwischenraum 2 zwischen der Hohlkugel 1 und der Hohlkugel 3 ist Hochvakuum. Als Folge der β -Strahlung des ^{90}Sr -Oxids lädt sich die Hohlkugel 1 positiv und die Hohlkugel 3 negativ auf. Die Leerlaufspannung dieser Radionuklid-Batterie beträgt 365 Kilovolt, ihr Kurzschluß-Strom ist 7 Milli-Ampere. Die Radionuklid-Batterie ist in den Wechselstromkreis mit dem Kondensator 7 mit Hilfe der Funkenstrecken 5 und 6 so eingeschaltet, daß sich bei jeder Halbwelle des Elektronen-Stromes 9 und 10 die Wechselspannung des Kreises und die Spannung der Radionuklid-Batterie addieren. Über die innerste Sekundärspule der Transformator-Kaskade 8 liegt eine 50 Hertz-Wechselspannung von effektiv 380 Kilovolt am Kondensator 7 mit der Kapazität von 59 Picofarad. Sie begrenzt den effektiven Wechselstrom auf 7 Milli-Ampere. Die Transformator-Kaskade 11 entnimmt dem Wechselstromkreis eine Leistung von etwa 2,4 Kilowatt, die an der äußersten Sekundärspule der Kaskade 11 bei einer effektiven Wechselspannung von 220 Volt an den Verbraucherwiderstand 12 mit ca. 20 Ohm abgegeben wird. Der ganze Wechselstrom-Energie-Konverter einschließlich der Funkenstrecken 5

-21-

2513975

und 6 , der Transformator-Kaskaden 8 und 11 sowie des Kondensators 7 befindet sich in dem Hochvakuum-Behälter 13. Zur gleichmäßigeren elektrischen Belastung der Radionuklid-Batterie kann zwischen die Hohlkugeln 1 und 3 auch noch ein Kondensator geschaltet werden.

Von besonderer Bedeutung für die Praxis sind Wechselstrom-Energie-Konverter, bei denen als Direkt-Energiewandler Magneto-Hydro-Dynamische Wandler (MHD-Wandler) eingesetzt sind. Sie bieten Vorteile bei der Umwandlung besonders großer Energiemengen. Die MHD-Wandler können sowohl vom FARADAY-Typ als auch vom HALL-Typ sein.

Ausführungsbeispiel 11 =====

In Figur 11 strömt an den Elektroden 1 zweier MHD-Wandler der Strahl 2 eines geschmolzenen Gemisches von Natrium/Kalium senkrecht zur Bildebene in einem geschlossenen Kreislauf vorbei. Senkrecht zum Metall-Strahl 2 und senkrecht zu den Elektroden 1 steht das magnetische Feld 3 der Spule 4, die an die Stromquelle 13 angeschlossen ist. Die Elektronen des Metall-Strahles 2 werden in ihrer mechanischen Bewegung durch das Magnetfeld 3 abgebremst und der Energiebetrag dieser Abbremsung von mechanischer Energie des Metall-Strahles 2 kann als elektrische Energie über die Elektroden 1 entnommen werden. Die MHD-Generatoren befinden sich mit ihren Innenwiderständen, die durch die elektrischen Widerstände der Metall-Strahlen 2 zwischen den Elektroden 1 gebildet werden, in dem Wechselstromkreis mit dem Kondensator 5 , der über die Sekundärspule des Transformators 6 von einem 50 Hertz-Wechselstrom durchflossen wird. In der ersten Halbwelle fließt der Elektronenstrom 10 über die Thyristoren 7 durch den linken MHD-Wandler und in der zweiten Halbwelle fließt der Elektronenstrom 11 über die Thyristoren 8 durch den rechten MHD-Wandler. Über die Anschlüsse 9 werden die Thyri-

2513975

-22-

storen so gesteuert, daß beim Stromfluß 10 und 11 die Wechselspannungen sich mit den Spannungen an den Elektroden 1 der MHD-Wandler addieren. Die von den MHD-Generatoren abgegebene elektrische Leistung wird durch den Verbraucherwiderstand 12 parallel zum Kondensator 5 als Wechselstromleistung mit einer Frequenz von 50 Hertz entnommen.

Das Ausführungsbeispiel 12 beschreibt einen Wechselstrom-Energie-Konverter mit einem MHD-Wandler, der mit einem offenen Plasma-Strahl arbeitet.

Ausführungsbeispiel 12

In Figur 12 strömt senkrecht zur Bildebene zwischen den Elektroden 1 eines MHD-Wandlers der heiße Flammenstrahl 2 einer Wasserstoff-Flamme hindurch. 4 ist das Magnetfeld der Spule 3, die an die Stromquelle 10 angeschlossen ist. Über die Sekundärspule eines Transformators 8 ist eine 50 Hertz-Wechselspannung an den Kreis mit dem Kondensator 7 gelegt. Die Elektrodenströme 11 und 12 der positiven und negativen Halbwellen werden mit Hilfe der Anschlüsse 13 und 14 über die Quecksilberdampf-Stromtore 5 und 6 so gesteuert, daß nur die positive Strom-Halbwelle 11 über den MHD-Wandler fließt, bei der es zur Addition der Spannungen kommt. Der Verbraucher-Widerstand 9 im Wechselstromkreis nimmt die Summe der elektrischen Leistung auf, die durch den Transformator 8 an den Kreis abgegeben wird, und die der MHD-Wandler bei Durchgang der Strom-Halbwelle 11 an den Wechselstromkreis abgibt.

Anstelle eines zusätzlichen Magnetfeldes zur magnetischen Beeinflussung eines Direkt-Energiewandlers kann man beim Wechselstrom-Energie-Konverter auch das nichtstationäre Magnetfeld einer Spule im Wechselstromkreis benutzen. Das Anwendungsbeispiel 13 beschreibt einen Wechselstrom-Energie-Konverter als Resonanz-Kernkraftwerk mit der magnetischen Ablenkung der MHD-Wandler durch die magnetischen Eigenfelder des Resonators.

Ausführungsbeispiel 13

In Figur 13 strömt zwischen den Elektroden 1 von zwei MHD-Wandlern ein Helium-Gasstrahl 2 im geschlossenem Kreislauf. Der Helium-Gasstrahl 2 wird mit Hilfe eines Kernreaktors auf eine Temperatur von 800 Grad Celsius aufgeheizt. Beide MHD-Wandler befinden sich mit ihrem Innenwiderstand im Schwingkreis mit dem Kondensator 6 und der Spule 5. Die Spule 5 ist supra-leitend und hat eine Induktivität von 1 Henry. Der Kondensator 6 hat einen Verlustwinkel $\delta = 1 \cdot 10^{-4}$ und eine Kapazität von 10 Mikrofarad, so daß die Eigenfrequenz des Schwingkreises bei 50 Hertz liegt. Zur Inbetriebnahme wird über den Schalter 13 und den Widerstand 12 der Kondensator 6 durch die Spannungsquelle 14 auf eine Spannung von 440 Kilo-Volt aufgeladen. Durch Umlegen des Schalters 13 wird die Spannungsquelle 14 abgeschaltet und im Schwingkreis eine 50-Hertz-Schwingung in Gang gesetzt. In der ersten Halbwelle fließt der Elektronenstrom 10 über die Öl-Funkenstrecken 7, die sich in Öltanks 9 befinden, durch den linken MHD-Wandler, und in der zweiten Halbwelle fließt der Elektronenstrom 11 über die Öl-Funkenstrecken 8, die sich in den Öltanks 9

befinden, durch den rechten MHD-Wandler. Da der Helium-Gasstrahl 2 nur die relativ niedrige Temperatur von 800 Grad Celsius hat, ist sein Ionisationsgrad auch nur relativ gering. Entsprechend hoch sind die Innenwiderstände der MHD-Wandler, die durch die elektrischen Widerstände der Gasstrahlen 2 zwischen den Elektroden 1 gebildet werden.

Dies ändert sich drastisch kurz nach Beginn jeder Halbwelle der Ströme 10 und 11. Dann liegt kurzzeitig eine schnell anwachsende Spannung am Innenwiderstand des MHD-Wandlers und bei Erreichen eines kritischen Wertes der Spannung fließt der Strom 10 oder 11 über eine funkenartige Entladung durch den Helium-Gasstrahl 2 zwischen den Elektroden. Wenn der Strom 10 oder 11 sein Maximum in der funkenartigen Entladung zwischen den Elektroden 1 erreicht, dann haben auch die Ströme 10 und 11 durch die supraleitende Spule und damit auch die Magnetfelder 3 oder 4 der Spule 5 ihr Maximum. Die Abbremsung der geladenen Teilchen des Helium-Gasstrahls 2 durch die nichtstationären Magnetfelder 3 und 4 geschieht infolgedessen zeitlich optimal. Durch die funkenartigen Entladungen zwischen den Elektroden 1 der MHD-Wandler wird nichtstationär aber zusätzlich auch noch eine sehr heiße Plasma-Zone zwischen den Elektroden 1 gebildet, die den Innenwiderstand der MHD-Wandler kurzzeitig sehr stark verkleinert. Dadurch können die Magnetfelder 3 und 4 ihre Bremswirkung auf die Bewegung des Helium-Gasstrahls 2 kurzzeitig auch sehr viel wirksamer ausüben, und es resultiert daraus eine Verbesserung des Wirkungsgrades der Energieumwandlung. Der Schwingkreis in Figur 13 hat mit der Bedämpfung durch den Verbraucher 12 eine Güte und damit eine Spannungsüberhöhung am Kondensator 6 von 100,

und es fließt ein effektiver Wechselstrom von 5 Kilo-Ampere durch die Spule 5. Der Verbraucher 12 entnimmt mit einem Widerstand von 4,4 Kilo-Ohm bei einer Spannung von 220 Kilo-Volt dem Resonanz-Kernkraftwerk nach Figur 13 eine Wechselstrom-Leistung von 11 Mega-Watt.

Es liegt nahe, den Wechselstrom-Energie-Konverter mit MHD-Wandlern auch als Fusions-Reaktor oder Fusions-Kraftwerk zu benutzen, bei dem die elektrische Energie aus der Kernverschmelzung von Wasserstoff-Isotopen stammt. Das Ausführungsbeispiel 14 beschreibt einen Wechselstrom-Energie-Konverter als Resonanz-Fusions-Kraftwerk.

Ausführungsbeispiel 14 =====

In Figur 14 ist 11 der Kondensator eines Schwingkreises mit einer Eigenfrequenz von 60 Hertz, bei dem der Elektronenstrom 16 in der ersten Halbwelle durch die Spule 8 und der Elektronenstrom 17 in der zweiten Halbwelle durch die Spule 10 fließt. Die zwei MHD-Wandler mit den Elektroden 1 arbeiten mit dem geschlossenen Deuterium-Tritium-Kreislauf 2 und die zwei MHD-Wandler mit den Elektroden 3 arbeiten mit dem geschlossenen Deuterium-Tritium-Kreislauf 4. Der Elektronenstrom 16 in der ersten Halbwelle fließt über die funkenartigen elektrischen Entladungen 5 durch beide Deuterium-Tritium-Kreisläufe 2 und 4, wobei in beiden Kreisläufen 2 und 4 mit Hilfe des Magnetfeldes 7 der Spule 8 die geladenen Teilchen abgebremst werden. Die Bremsenergie wird dem Kondensator 11 zugeführt. Der Elektronenstrom 17 in der zweiten Halbwelle fließt über die funkenartigen elektrischen Entladungen 6 ebenfalls über beide Kreisläufe 2 und 4, wobei er mit Hilfe des Magnetfeldes 9 der Spule 10 die Bremsenergie der geladenen Teil-

chen in elektrische Energie umwandelt, die dem Kondensator 11 zugeführt wird. Die im Gegentakt geschalteten Gleichrichter 15 regeln die Phasenbeziehung der Ströme 16 und 17 und die Funken-Strecken 14 dienen der Regulierung der Entladungsvorgänge. Während der funkenartigen elektrischen Entladungen 5 im Deuterium-Tritium-Kreislauf 2 werden Hoch-Energie-LASER-Impulse 12 simultan so eingestrahlt, daß sie sich in der Entladungszone der funkenartigen elektrischen Entladungen 5 in Form eines Brennpunktes überlagern. Sie werden dort wegen der hohen elektrischen Leitfähigkeit des Deuterium-Tritium-Plasmas sofort vollständig absorbiert. Durch die dadurch erzielte extreme Leistungsdichte wird kurzzeitig eine so hohe Temperatur in diesem Brennpunkt erreicht, daß es zu einer mengenmäßig begrenzten Kernfusion von Deuterium- und Tritium-Kernen kommt. Die Energie des Massendefektes erscheint als Strahlung, Wärme und mechanische Energie des Deuterium-Tritium-Kreislaufs 2. Der gleiche Vorgang spielt sich in der zweiten Halbwelle des Elektronenstromes 17 in der Entladungszone der funkenartigen elektrischen Entladungen 6 des Deuterium-Tritium-Kreislaufes 4 mit den LASER-Impulsen 13 ab. Über die Anschlüsse 18 wird dem Resonanz-Fusions-Kraftwerk ein Teil der freigesetzten Kernfusions-Energie als elektrische Energie entnommen. Bei hinreichend hohen Stromdichten in den funkenartigen elektrischen Entladungen 5 und 6 ist eine Kernfusion auch ohne die LASER-Impulse 12 und 13 zu erreichen.

Da die im Wechselstrom-Energie-Konverter erzeugten und verwendeten funkenartigen elektrischen Entladungen auch nicht-ionisierte, kalte Gasstrecken und sogar Vakuumstrecken durchschlagen können, kann ein Wechselstrom-Energie-Konverter mit einem MHD-Wandler auch als Turbine

oder Triebwerk arbeiten. Das Ausführungsbeispiel 15 beschreibt eine derartige Turbine.

Ausführungsbeispiel 15

Es sind 1 die Elektroden des MHD-Wandlers, 2 ist das ablenkende Magnetfeld der Spule 3 des Schwingkreises mit dem Kondensator 6. An den Anschlußklemmen 10 ist ein Hochspannungsgenerator angeschlossen, der über den Widerstand 9 mit dem Elektronenstrom 11 den Kondensator 6 immer wieder auf eine so hohe Spannung auflädt, daß die Luftstrecke zwischen den Elektroden 1 des MHD-Wandlers durch funkenartige elektrische Entladungen 4 durchschlagen wird. Der synchron mit den funkenartigen elektrischen Entladungen 4 durch die Spule 3 fließende Elektronenstrom 7 erzeugt das Magnetfeld 2, welches die geladenen Teilchen des Funkenplasmas zwischen den Elektroden 1 in die Richtung 5 beschleunigt. Durch die Wiederholung dieses Vorgangs wird 5 ein Ionen- und Gas-Strahl, der eine Turbine treibt. Der Kondensator 6 ist durch den Gleichrichter 8 überbrückt, so daß die im MHD-Wandler nicht für die Beschleunigung der geladenen Teilchen verbrauchte elektrische Energie mit dem Strom 7 zur Wiederaufladung des Kondensators 6 beiträgt.

Mit der Überbrückung des Schwingkreis-Kondensators 6 durch den Gleichrichter 8 in Figur 15 wird der Strom in diesem Wechselstrom-Energie-Konverter gezwungen, immer nur als gleichgerichteter Strom durch den Innenwiderstand des Direkt-Energiewandlers zu fließen.

2513975

-28-

Einen Wechselstrom-Energie-Konverter als Funktionseinheit von Generator und Triebwerk beschreibt das Ausführungsbeispiel 16.

Ausführungsbeispiel 16
=====

In Figur 16 ist 11 der Vakuum-Kondensator eines Schwingkreises, in dem der Elektronenstrom 14 in der ersten Halbwelle über die Spule 8 und der Elektronenstrom 15 in der zweiten Halbwelle über die Spule 10 fließt. 3 ist ein geschlossener Edelgas-Kreislauf, der von einem Kern-Reaktor auf eine Temperatur von 1 000 Grad Kelvin aufgeheizt wird. 1 sind die Elektroden der beiden MHD-Wandler mit dem geschlossenen Edelgas-Kreislauf 3. Sie arbeiten als Generatoren. Die beiden MHD-Wandler mit den offenen Kreisläufen 4 haben die Elektroden 2 und arbeiten als Strahl-Triebwerke. Sowohl in der ersten als auch in der zweiten Halbwelle jeder Schwingung werden der geschlossene Edelgas-Kreislauf 3 und der offene Kreislauf 4 gleichzeitig von den funkenartigen elektrischen Entladungen 5 bzw. 6 durchschlagen. Die elektrische Energie, die in der ersten Halbwelle des Elektronenstromes 14 durch die Abbremsung der geladenen Teilchen im geschlossenen Edelgas-Kreislauf 3 (mit Hilfe des Magnetfeldes 7 der Spule 8) gewonnen ist, wird durch die Beschleunigung der geladenen Teilchen durch dasselbe Magnetfeld 7 im offenen Kreislauf 4 in mechanische Antriebsenergie umgesetzt. Das gleiche geschieht in der zweiten Halbwelle des Elektronenstromes 15 mit Hilfe des Magnetfeldes 9 der Spule 10. Der Kern-Reaktor liefert über den aufgeheizten Edelgas-Kreislauf 3 die Energie für zwei Ionen- oder Elektronen-Strahl-

Triebwerke, die auch im Vakuum arbeiten. Die Spulen 8 und 10 sind supraleitend, die Thyristoren 12 werden über die Anschlüsse 3 im Takt der Eigenfrequenz der Schwingkreise eingeschaltet und ausgeschaltet. Über den variierbaren Verbraucher-Widerstand 16 läßt sich dem Schwingkreis zusätzlich elektrische Energie für andere Zwecke entnehmen. Der Schwingkreis wird angefacht durch das Aufladen des Kondensators 11 mit Hilfe der Spannungsquelle 18 über den Schalter 17 und den variierbaren Widerstand 16 sowie das nachfolgende Entladen des Kondensators 11 in den Schwingkreis. Das Bremsen und Abschalten der Schwingungen geschieht durch das Verkleinern des Widerstandes 16. Wenn die Bedämpfung des Schwingkreises so groß wird, daß die Spannung am Kondensator 11 nicht mehr ausreicht, um die funkenartigen elektrischen Entladungen 5 und 6 zu erzwingen, dann reißen die Schwingungen ab. Die Thyristoren 12 in Figur 16 sind stellvertretend für größere Schalt-Aggregate eingezeichnet.

Durch die Kombination von Wechselstrom-Energie-Konvertern als Generatoren, welche rotierende Elektromotoren oder Linearmotoren mit elektrischer Energie versorgen, lassen sich mechanische Antriebs- und Bewegungs-Aggregate jeder Art und Größe herstellen.

Bei Verwendung von Wechselstrom-Energie-Konvertern mit MHD-Wandlern sind darüber hinaus auch Triebwerke und Turbinen herstellbar, welche die direkte mechanische Beschleunigung der elektrisch geladenen Teilchen ausnützen.

- 30 -

Wechselstrom-Energie-Konverter sind wegen ihres hohen Wirkungsgrades und ihrer Anpassungsfähigkeit an jede benötigte Leistungsgröße als elektrische Antriebe, elektrische Turbinen und Strahl-Triebwerke für Land-, See-, Luft- oder Raumfahrzeuge besonders geeignet.

Zur besseren Anpassung von Leistung, Strom und Spannung an die vielfältigen Aufgaben der Anwendung können mehrere und unterschiedliche Direkt-Energiewandler und mehrere Wechselstrom-Energie-Konverter auch elektrisch parallel und in Serie geschaltet sein. Dadurch kann z.B. in an sich bekannter Weise auch mehrphasiger Wechselstrom erzeugt werden.

Patentansprüche

1. Wechselstrom-Energie-Konverter dadurch gekennzeichnet, daß der elektrische Innenwiderstand eines Direkt-Energie-Wandlers in einen Wechselstromkreis geschaltet ist, daß Mittel vorgesehen sind, welche bewirken, daß der Strom durch den Innenwiderstand des Direkt-Energiewandlers als gleichgerichteter Strom fließt, und daß im Wechselstromkreis ein Scheinwiderstand für die Begrenzung des Stromes vorgesehen ist.
2. Wechselstrom-Energie-Konverter nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß der Scheinwiderstand im Wechselstromkreis ein induktiver und/oder ein kapazitiver Widerstand ist.
3. Wechselstrom-Energie-Konverter nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß der Scheinwiderstand größer als der Innenwiderstand des Direkt-Energie-Wandlers ist.
4. Wechselstrom-Energie-Konverter nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß der Wechselstrom mit Hilfe von Schaltern im Wechselstromkreis so gelenkt wird, daß der Direkt-Energiewandler von gleichgerichtetem Strom durchflossen wird, und daß als Schalter gasgefüllte Röhren, Vakuum-Röhren, Halbleiter-Dioden, Halbleiter-Gleichrichter, Thyristoren, Transistoren, Funkenstrecken, elektromagnetische oder mechanische Relais benutzt sind.

2513975

-32-

5. Wechselstrom-Energie-Konverter nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß der Direkt-Energiewandler in Serie zu einer Spule geschaltet ist, und daß parallel zu dieser Serienschaltung ein Kondensator liegt, welcher durch einen Gleichrichter oder eine Diode überbrückt ist, so daß der Strom durch den Direkt-Energiewandler als gleichgerichteter Strom fließt.
6. Wechselstrom-Energie-Konverter nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß der Wechselstrom im Wechselstromkreis eine beliebige Amplitudenform wie z.B. Sinus-Form, Rechteck-Form oder Sägezahn-Form hat.
7. Wechselstrom-Energie-Konverter nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß der Wechselstromkreis ein Schwingkreis ist, und daß er erzwungene Schwingungen oder Eigenschwingungen ausführt.
8. Wechselstrom-Energie-Konverter nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß Direkt-Energiewandler verwendet sind, welche Wärme in elektrische Energie oder elektrische Energie reversibel in Wärme umwandeln wie z.B. Thermoelemente, Thermionik-Dioden oder Peltier-Elemente.
9. Wechselstrom-Energie-Konverter nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß als Direkt-Energiewandler Thermoelemente oder Peltier-Elemente verwendet sind, die eine oder mehrere Unterbrechungsstellen haben, welche der Strom über Lichtbogen-artige oder funkenartige elektrische Entladungen überbrückt.

2513975

-33 -

10. Wechselstrom-Energie-Konverter nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß Direkt-Energiewandler verwendet sind, welche Licht in elektrische Energie oder elektrische Energie in Licht umwandeln wie z.B. Solar-Zellen, Foto-Elemente, Foto-Zellen, Foto-Dioden, Elektrolumineszenz-Dioden oder LASER-Dioden.
11. Wechselstrom-Energie-Konverter nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß Direkt-Energiewandler verwendet sind, welche radioaktive Strahlung in elektrische Energie umwandeln wie z.B. Direkte Radionuklid-Batterien, Halbleiter-Sperrschicht-Batterien oder Kontaktpotential-Batterien.
12. Wechselstrom-Energie-Konverter nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß Direkt-Energiewandler verwendet sind, welche chemische Energie in elektrische Energie oder elektrische Energie in chemische Energie umwandeln wie z.B. Brennstoff-Elemente mit gasförmigen oder flüssigen Brennstoffen, die mit niedrigen oder hohen Temperaturen arbeiten, galvanische Primär-Elemente oder galvanische Sekundär-Elemente.
13. Wechselstrom-Energie-Konverter nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß Direkt-Energiewandler verwendet sind, welche mechanische Energie in elektrische Energie oder elektrische Energie in mechanische Energie umwandeln wie z.B. Magneto-Hydro-Dynamische Wandler (MHD-Wandler) mit geschlossenen oder offenen Kreisläufen, MHD-Turbinen oder MHD-Triebwerke.

2513975

-34-

14. Wechselstrom-Energie-Konverter nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß das nichtstationäre Magnetfeld einer Spule im Wechselstromkreis zur magnetischen Beeinflussung des Direkt-Energiewandlers benutzt ist.
15. Wechselstrom-Energie-Konverter nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß die Amplitude, Frequenz oder Phase des Wechselstromes moduliert ist.
16. Wechselstrom-Energie-Konverter nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß er zur Modulation von LASER-Strahlung verwendet ist.
17. Wechselstrom-Energie-Konverter nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß er als Wechselstrom-, Hochfrequenz- oder Mikrowellen-Generator ausgebildet ist.
18. Wechselstrom-Energie-Konverter nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß er als elektrisches Kraftwerk ausgebildet ist, dessen Energie aus chemischen Reaktionen, Sonnenstrahlung, Wärme, mechanischer Bewegung oder aus Kernreaktionen stammt.
19. Wechselstrom-Energie-Konverter nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß er als Fusions-Reaktor oder Fusions-Kraftwerk ausgebildet ist.

20. Wechselstrom-Energie-Konverter nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß er als Wärmepumpe zum Kühlen, Heizen und Klimatisieren ausgebildet ist.
21. Wechselstrom-Energie-Konverter nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß er als Wärmepumpe zur Tiefkühlung supraleitender Anordnungen ausgebildet ist.
22. Wechselstrom-Energie-Konverter nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß er als Generator zusammen mit einem elektrischen Rotations- oder Linear-Motor als mechanisches Antriebs- oder Bewegungs-Aggregat ausgebildet ist.
23. Wechselstrom-Energie-Konverter nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß er als Turbine oder Triebwerk für Land-, Wasser-, Luft- oder Raumfahrzeuge ausgebildet ist.
24. Wechselstrom-Energie-Konverter nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Direkt-Energie-wandler und mehrere Wechselstrom-Energie-Konverter elektrisch parallel und in Serie geschaltet sind.

36
Leerseite

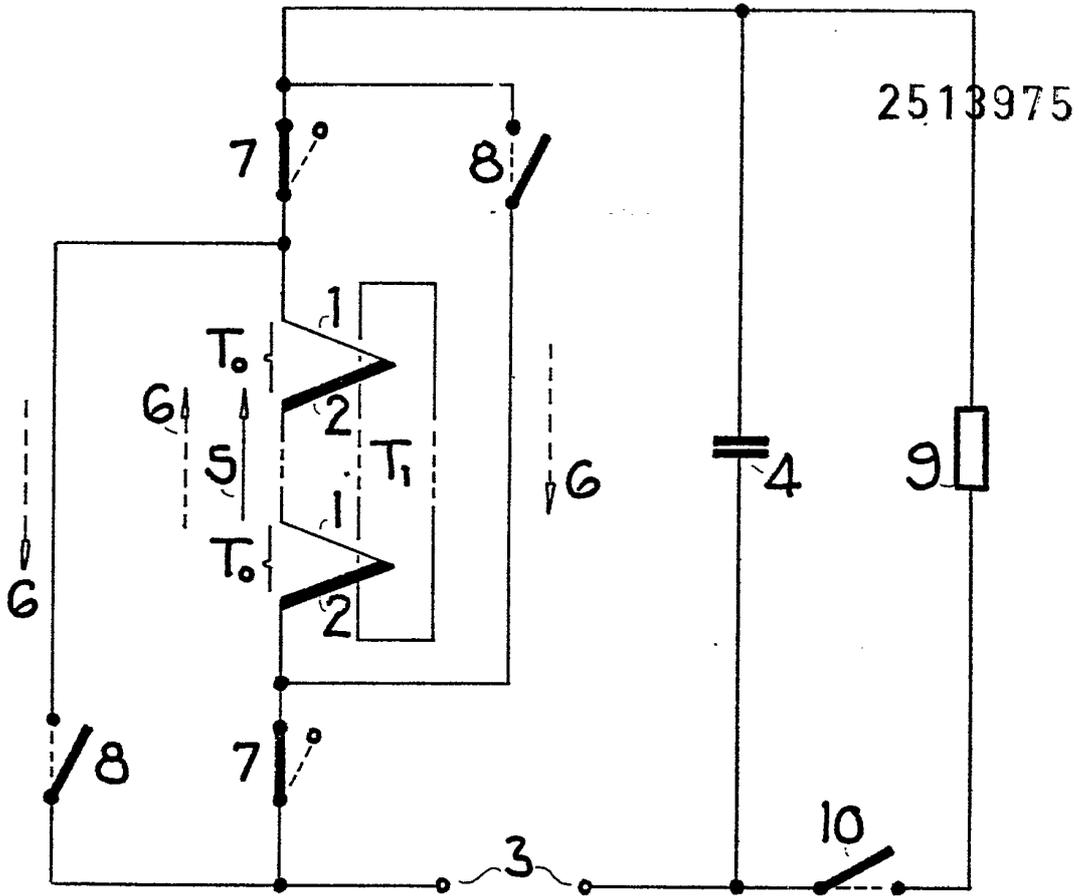


Fig.1

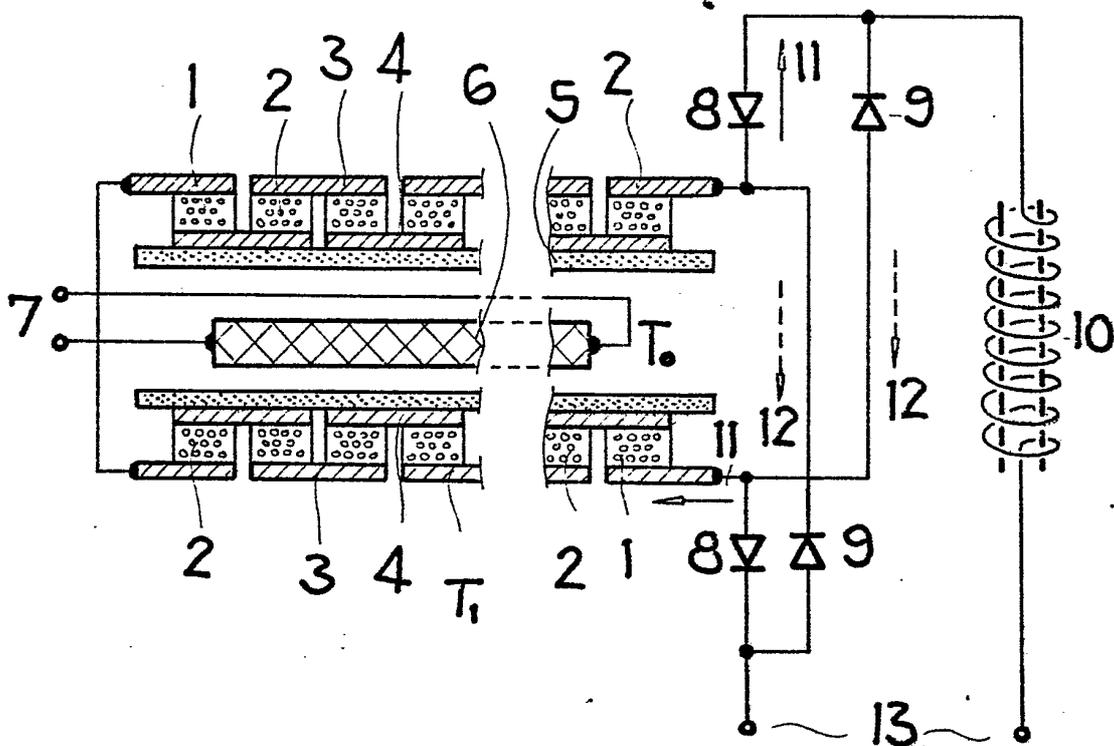


Fig.2

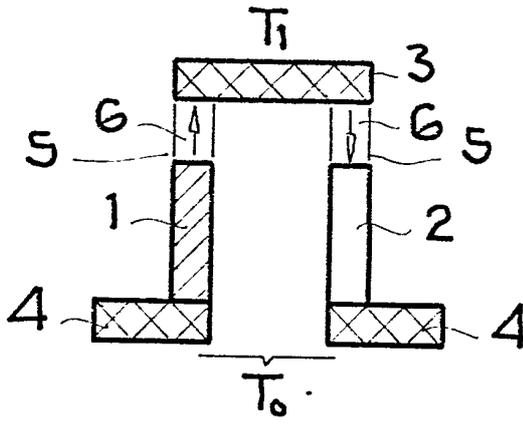


Fig. 3a

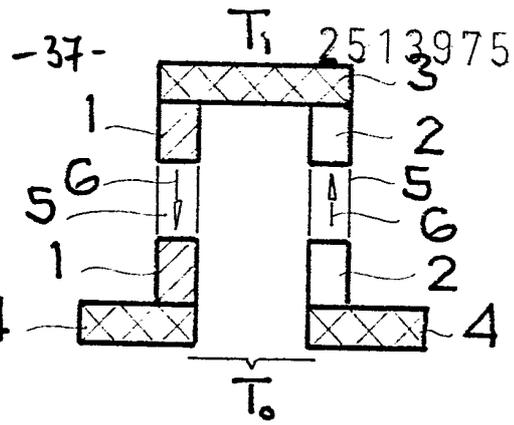


Fig. 3b

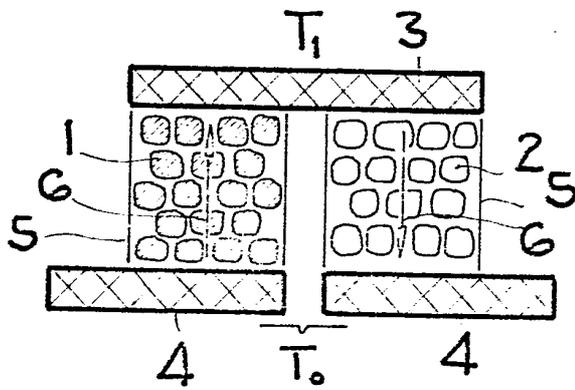


Fig. 3c

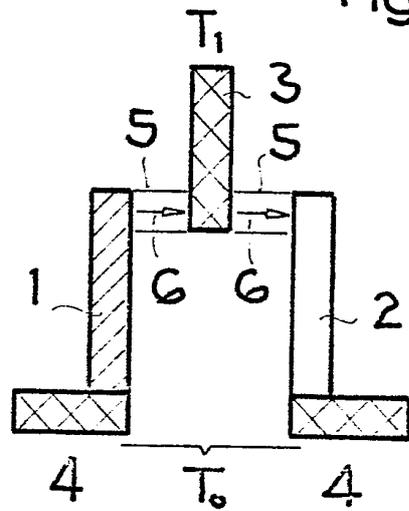


Fig. 3d

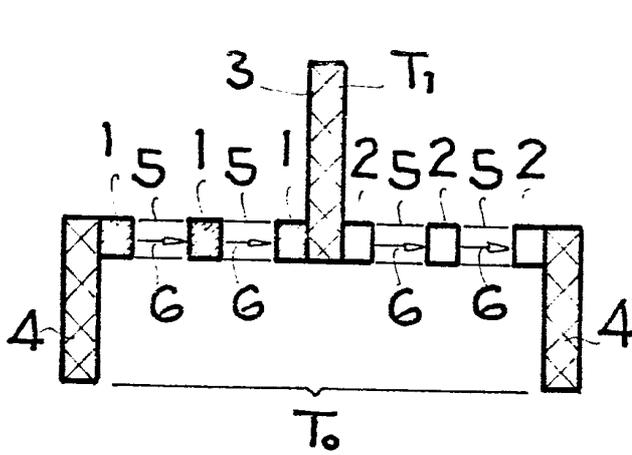


Fig. 3e

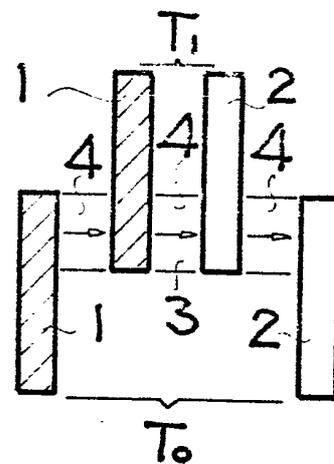


Fig. 3f

009841/0571

2513975

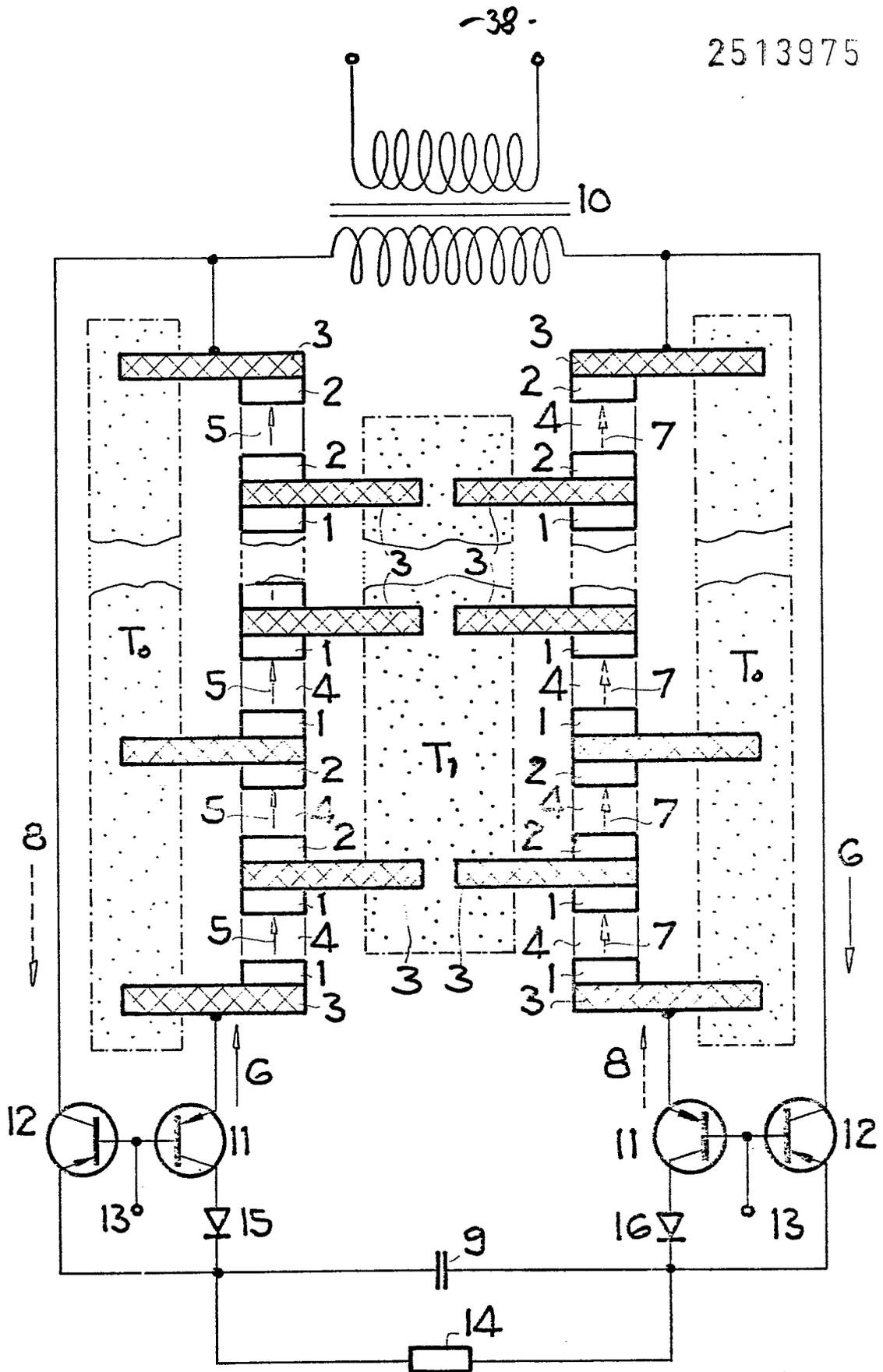
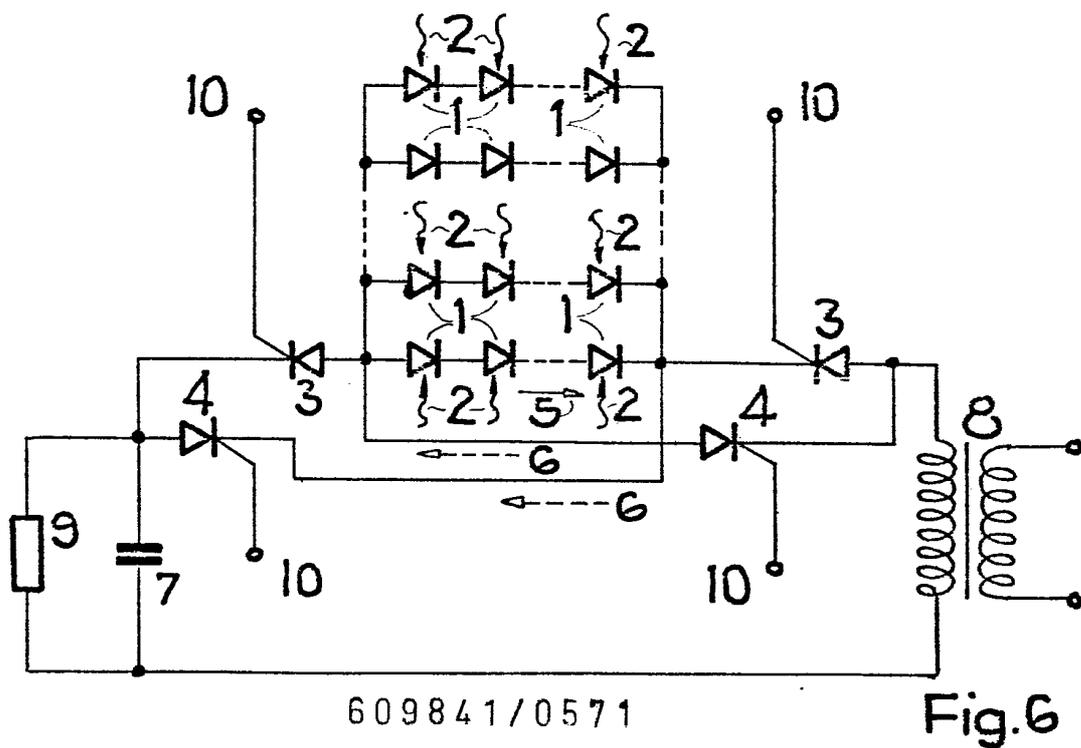
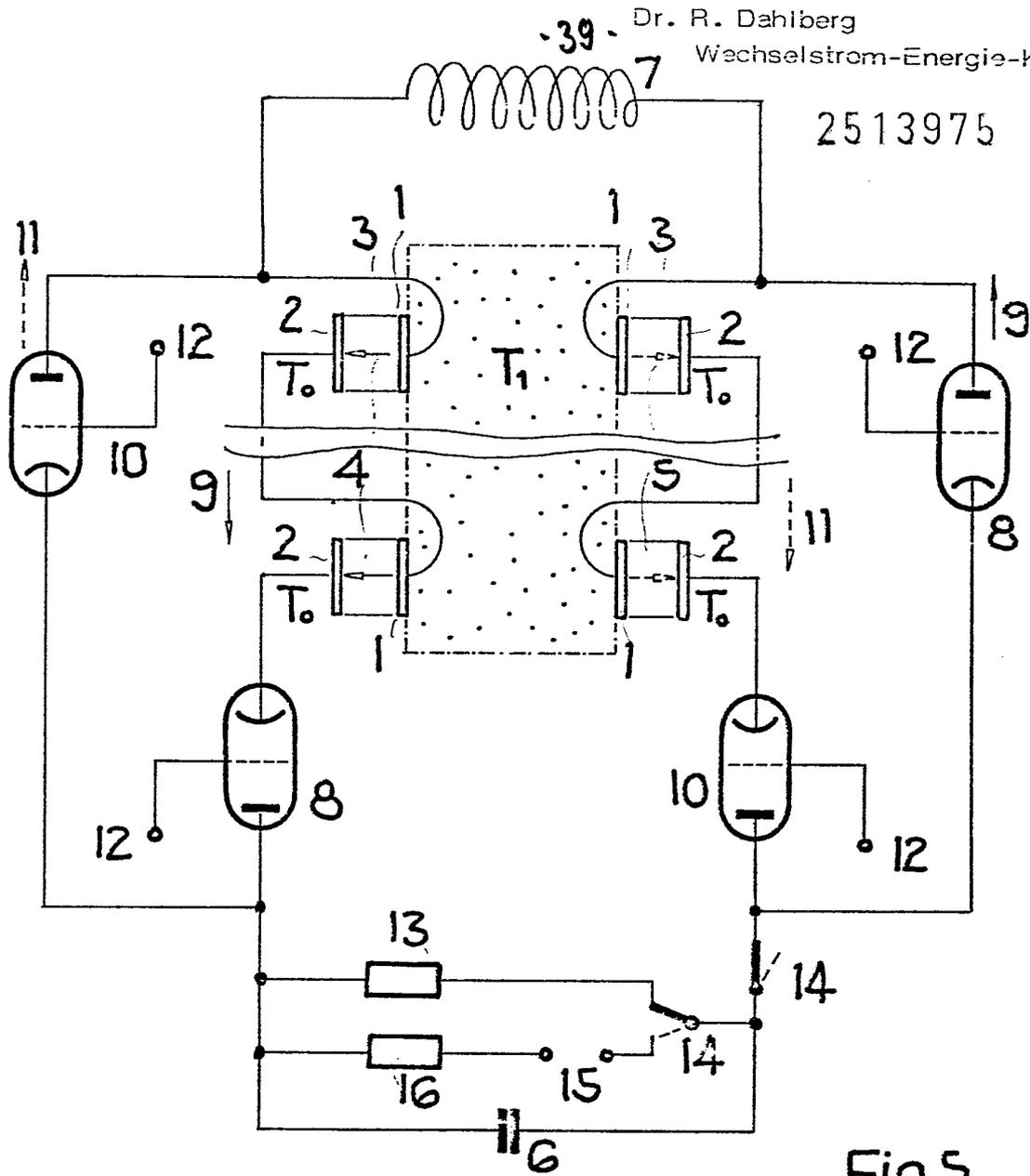


Fig. 4



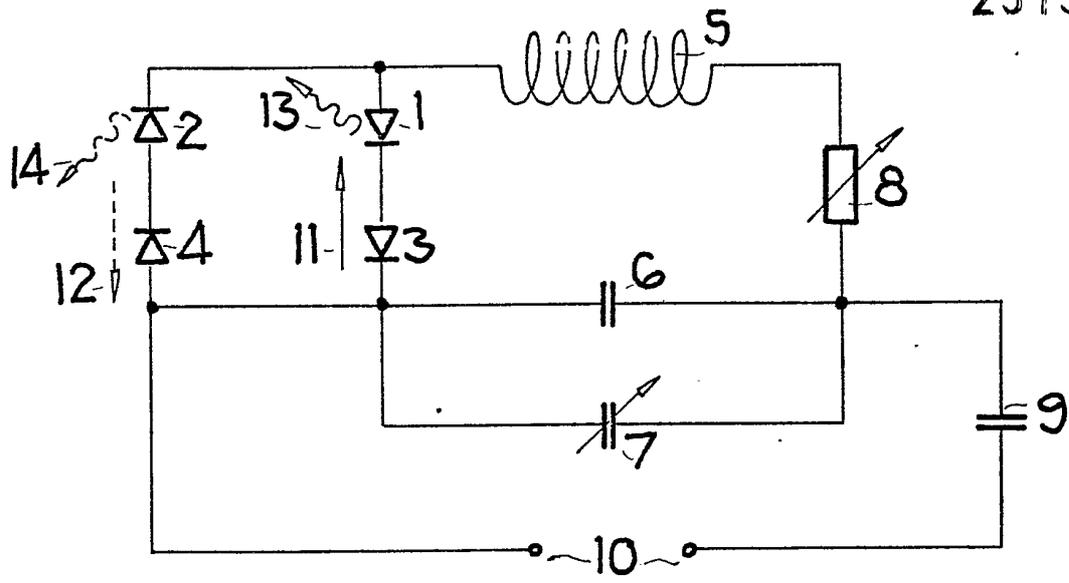


Fig.7

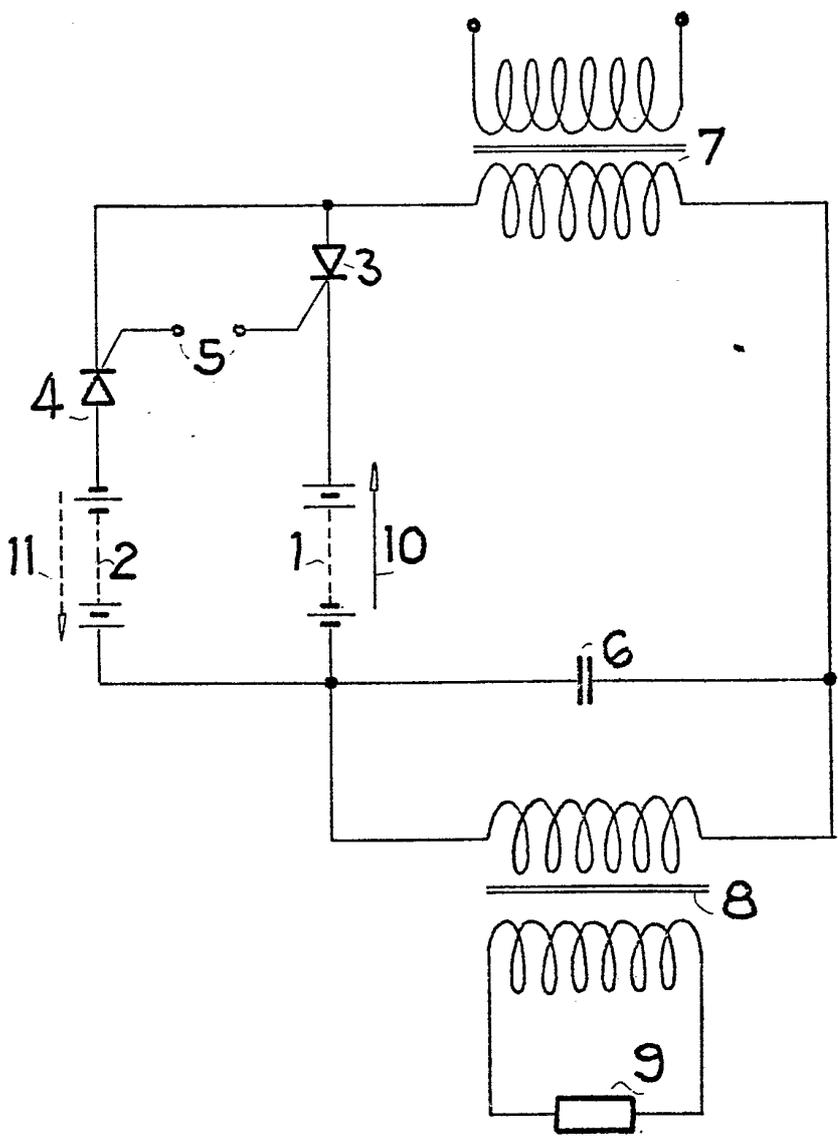


Fig.8

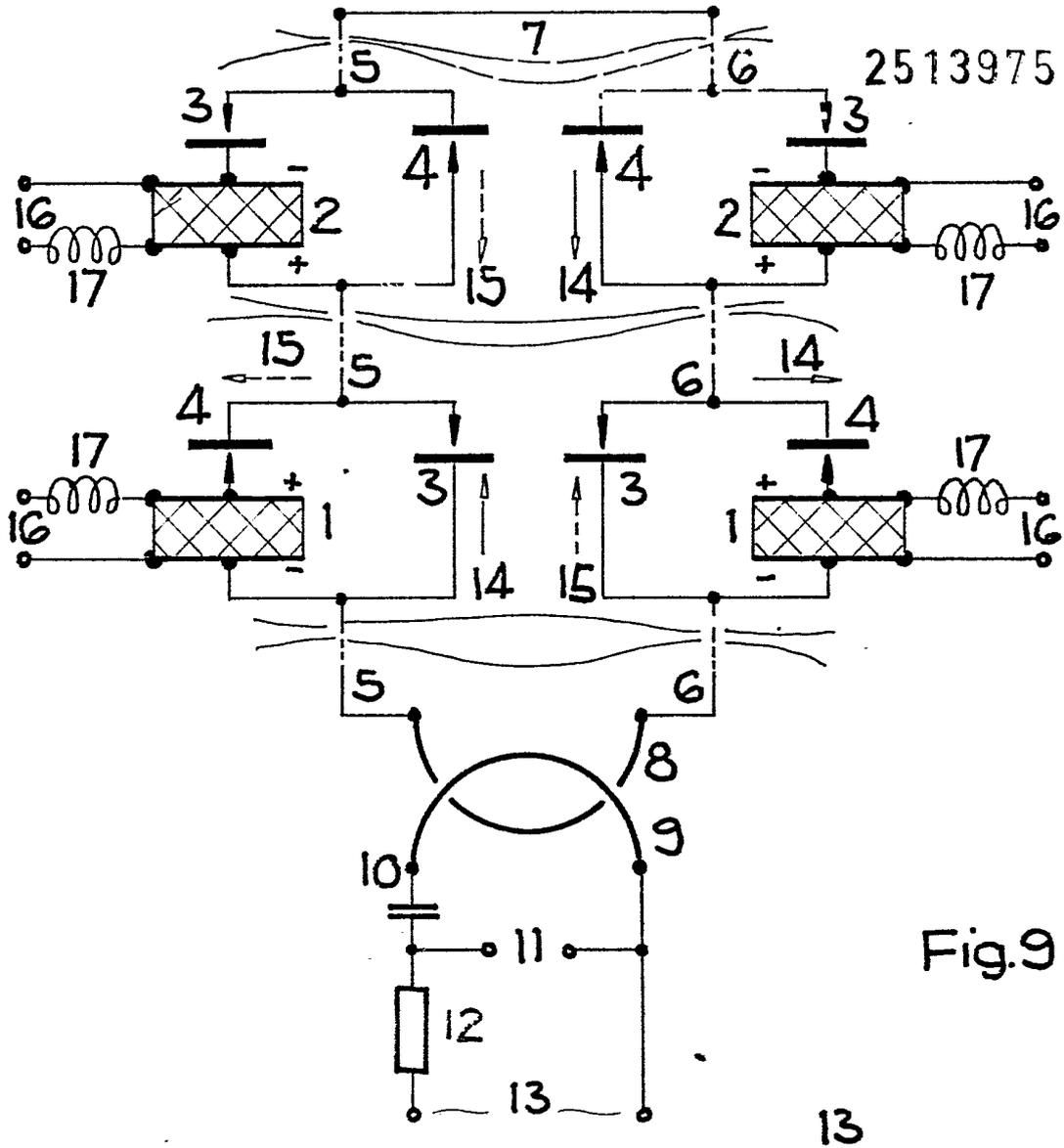


Fig. 9

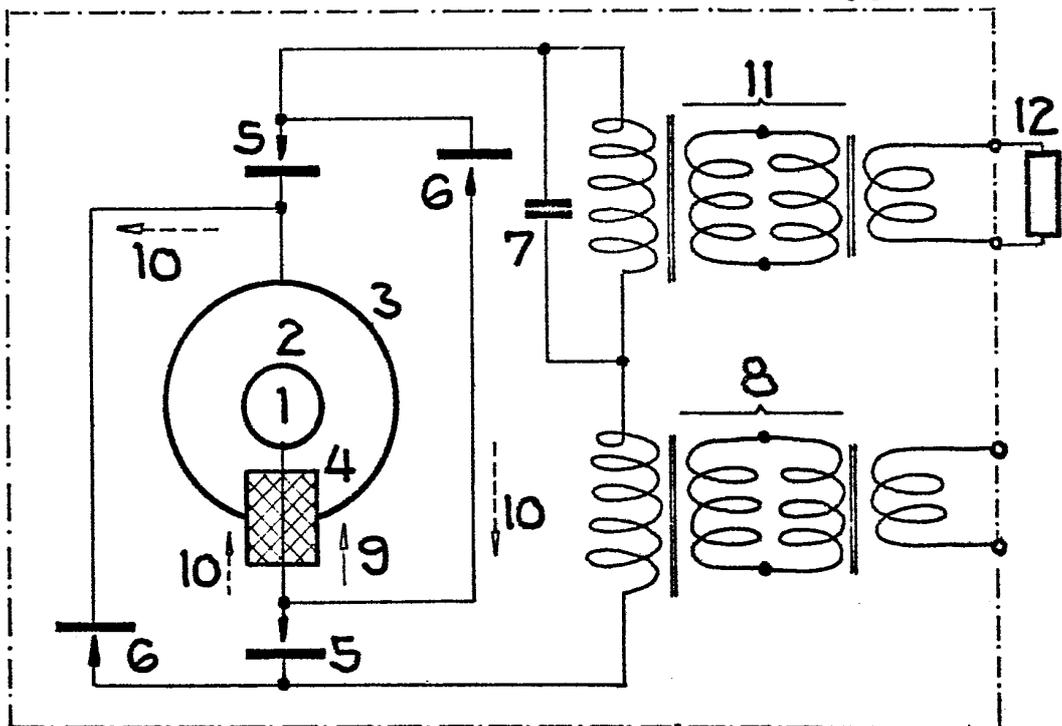


Fig. 10

2513975

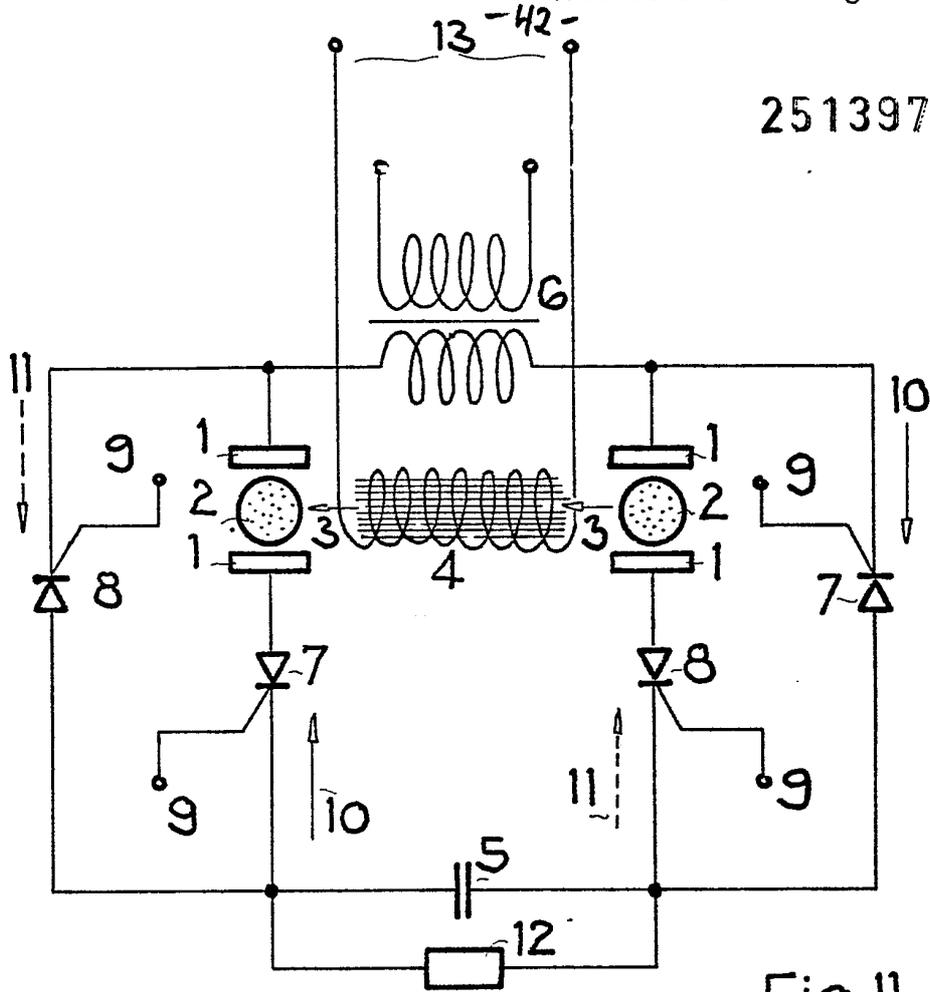


Fig. 11

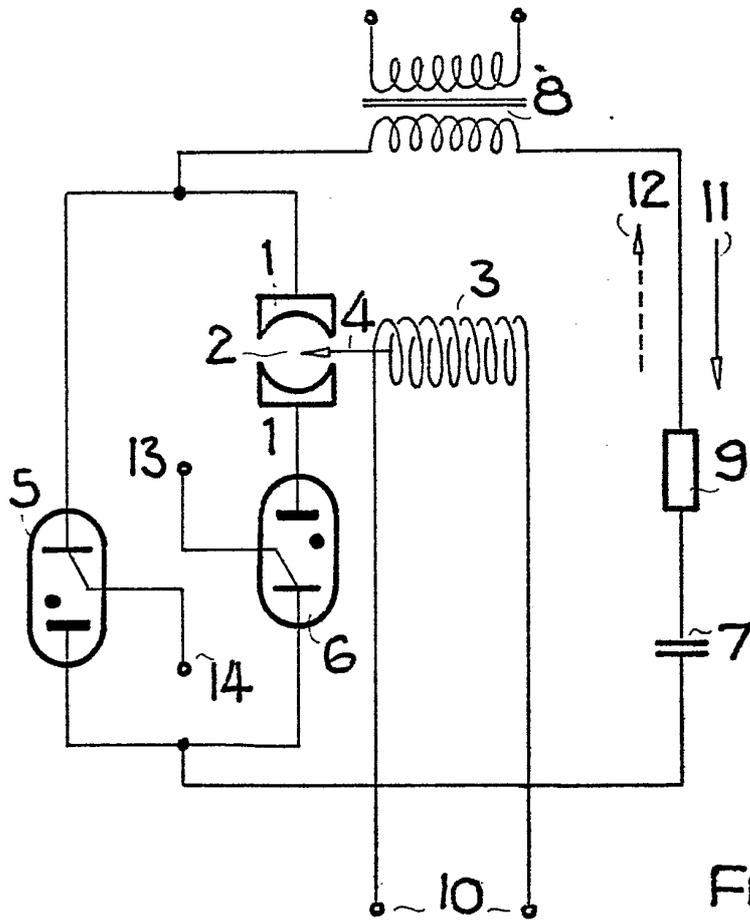


Fig. 12

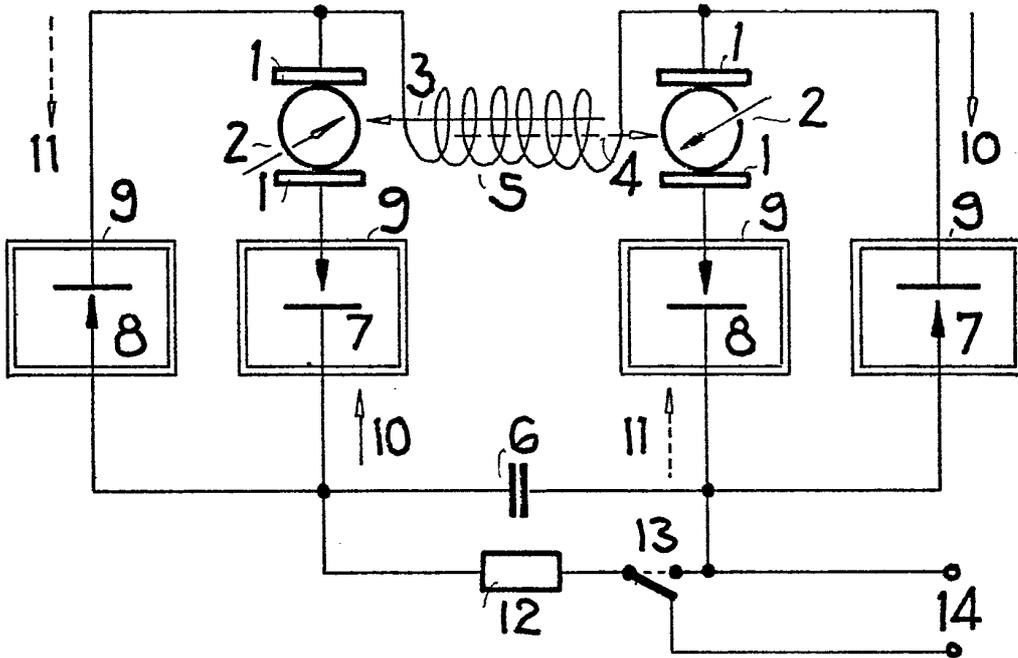


Fig. 13

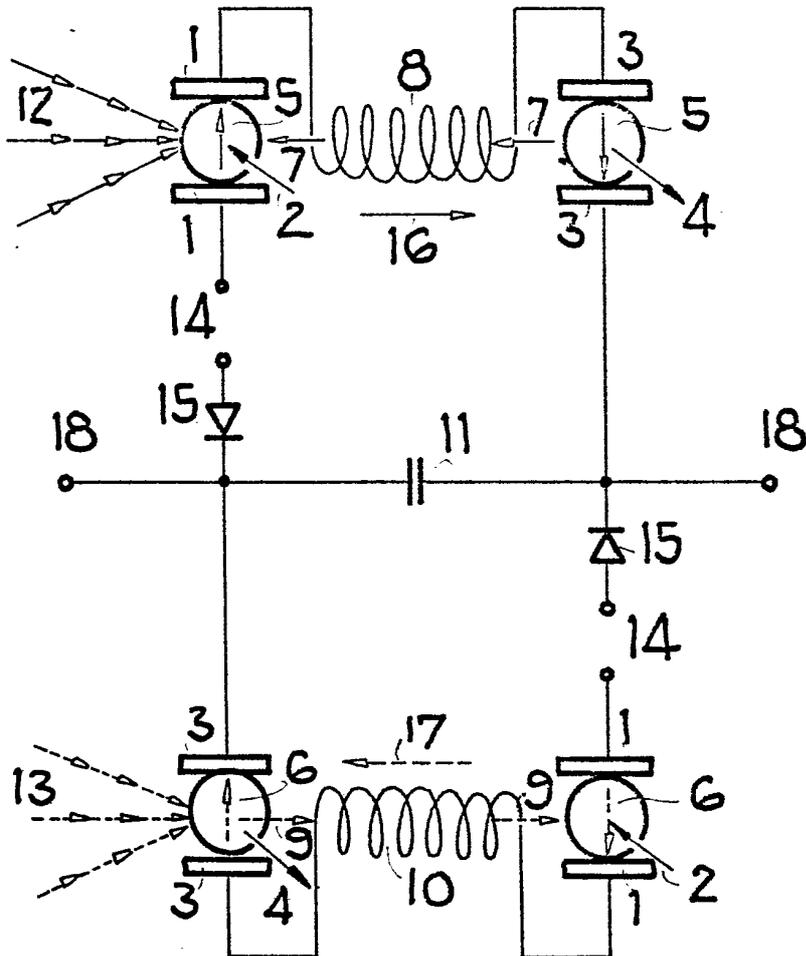


Fig. 14

2513975

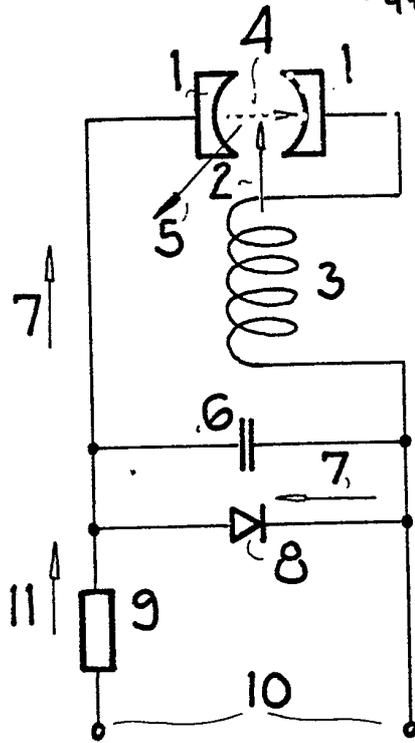


Fig. 15

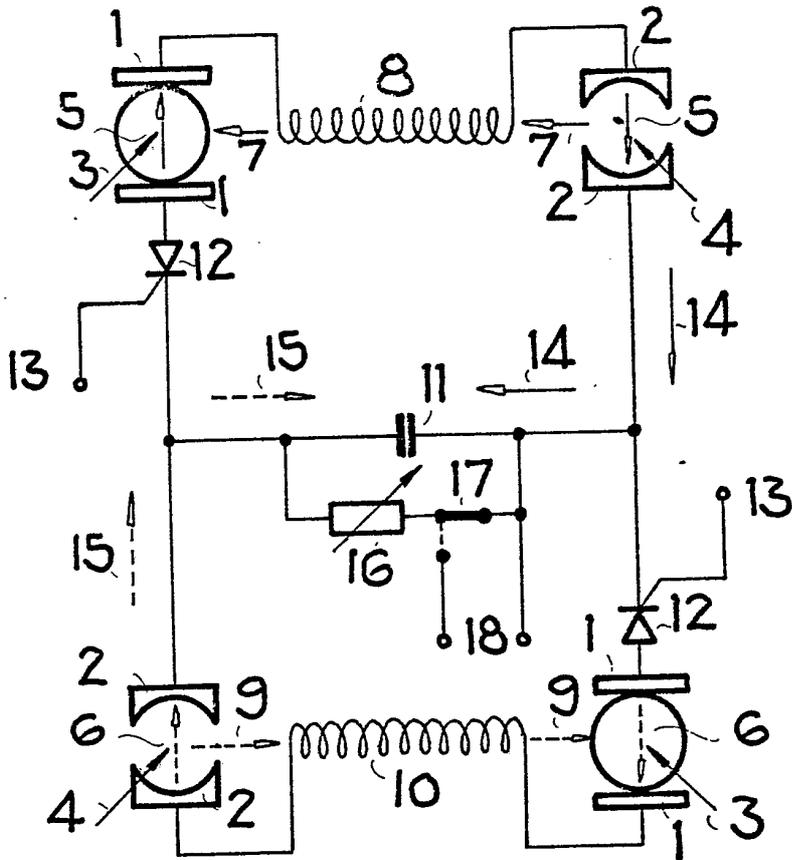


Fig. 16