

374130

P.- 43.478

FA-2323 MM/em

31



Memoria descriptiva

SECCION	
CLASIFICACION	
CLASE	G-05 H-02
SUBCLASE	E M

para solicitar PATENTE DE INVENCION por 20 años

a nombre de MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA

entidad / ~~de nacionalidad~~ japonesa

con domicilio en Nº 12, Marunouchi, 2-chome, Chiyoda-ku,
Tokyo, Japon

por: "UN SISTEMA DE CONTROL DE POTENCIA PARA CONVERTIR
CORRIENTE CONTINUA EN CORRIENTE ALTERNA O CONTINUA"
(Clase Internacional G05f)

27.1.72

17 FEB 1970

Este invento se refiere a un sistema de control de la corriente que tiene aplicada a su entrada una corriente continua y que incluye tiristores para controlar una salida de corriente alterna del mismo o para convertir corriente continua en corriente alterna.

En calidad de sistemas de control de la corriente del tipo mencionado se han empleado antes ampliamente los inversores del tipo McMurrey y Bed-Ford. Ese tipo de inversores ha sido hecho funcionar para que tenga un período de tiempo durante el cual es puesta en libertad energía acumulada en una reactancia de conmutación que interviene, período de tiempo que podría ascender a unas 20-50 veces un intervalo de tiempo durante el cual el tiristor asociado está polarizado en sentido inverso. Dentro del período de tiempo de liberación, una corriente que circula por el tiristor disminuye gradualmente desde aproximadamente el doble de la magnitud de cresta de corriente de salida máxima, haciéndolo de una manera aproximadamente rectilínea o exponencial.

Lo que particularmente interesa es un prolongado tiempo de conmutación transitorio dentro del cual la relación de la corriente de conmutación a la corriente de carga es alta y, particularmente cuando es alta la frecuencia de funcionamiento. Por consiguiente, los tiristores han disminuído en utilización de la corriente y la frecuencia de funcionamiento real queda restringida en su límite superior. Además, la liberación de la energía acumulada en la reactancia de conmutación, como antes se ha descrito, ha conducido a pérdidas de energía porque dicha energía es entregada, ya al manantial de

374130



corriente eléctrica por medio de un transformador, ya a la resistencia asociada. Además, la reactancia de conmutación ha incluido un núcleo magnético con un entrehierro lo que conduce a la generación del ruido.

5 Por consiguiente, es un objeto del invento crear un sistema de control de corriente nuevo y mejorado pobre en corriente de conmutación, de escaso tiempo de conmutación de fenómenos transitorios y de menor magnitud de corriente requerida para cada uno de los ti-
10 ristores que interviene, así como con mayor límite superior de la frecuencia práctica de funcionamiento.

Otro objeto del invento es crear un sistema nuevo y mejorado para el control de la corriente de menores pérdidas de conmutación, aumentando de este modo
15 el rendimiento del sistema:

Todavía otro objeto del invento es crear un sistema nuevo y mejorado de control de la corriente que tiene un nivel de ruido mínimo.

20 Un objeto adicional del invento es crear un sistema nuevo y mejorado de control de la corriente de pequeño tamaño y de fabricación barata.

Un objeto adicional del invento es crear un sistema de control de la corriente que incluye reactancia de conmutación perfeccionada que es capaz de res-
25 tablecer fácilmente un flujo magnético en ella hasta su región de insaturación.

Todavía otro objeto del invento es crear un sistema de control de la corriente, nuevo y perfeccionado, en el cual se suprime el aumento de un voltaje
30 aplicado a través de un tiristor empleado y se restable-

374 130



ce fácilmente a su región insaturada un flujo magnético en la reactancia de conmutación.

El invento consigue los antes mencionados objetos por la creación de un sistema de control de la corriente que comprende un par de terminales para un manantial de corriente continua, un par de terminales de salida de corriente alterna, al menos dos rectificadores: semiconductores controlados, cada uno de ellos conectado a uno de los terminales de corriente continua y uno de los terminales de salida de corriente alterna, un circuito de conmutación que incluye los rectificadores semiconductores controlados para conmutar alternativamente estos últimos en un orden predeterminado, al menos un condensador de conmutación conectado en el circuito de conmutación, y un circuito de corriente para suministrar una corriente de carga a través de los rectificadores semiconductores controlados, caracterizado porque una reactancia está conectada en relación de circuito en serie con cada uno de los rectificadores controlados del circuito de corriente.

La reactancia puede ser, con preferencia, una reactancia no lineal.

Ventajosamente, el circuito de conmutación puede incluir, además del condensador, al menos un elemento de reactancia y un diodo semiconductor puede estar conectado en relación de circuito en paralelo invertida con cada uno de los rectificadores semiconductores controlados. Alternativamente, el circuito de conmutación puede estar formado por al menos el condensador de conmutación y un transformador de conmutación.

374130



Con el fin de impedir que un voltaje aplicado a través de cada uno de los rectificadores semiconductores controlados aumente hasta por encima de un voltaje a través de los terminales de corriente continua, puede estar conectado un diodo semiconductor de limitación entre la unión de la primera reactancia mencionada y el rectificador semiconductor controlado asociado y uno de los terminales de la corriente continua.

El invento resultará más fácilmente evidente por la siguiente descripción detallada tomada conjuntamente con los dibujos adjuntos, en los cuales:

La Figura 1 es una representación gráfica de formas de onda de conmutación desarrolladas en el bien conocido tipo de inversores de McMurrey y Bed-Forá;

la figura 2 es un diagrama de circuito de un sistema de control de corriente construido de acuerdo con los principios del invento;

la figura 3 es una representación gráfica de formas de onda de comunicación desarrolladas en el sistema ilustrado en la figura 2;

la figura 4 es un diagrama de circuito de un sistema de control de corriente del tipo de puente construido de acuerdo con los principios del invento;

la figura 5 es un diagrama de circuito de una modificación del sistema ilustrado en la figura 2;

la figura 6 es un diagrama de circuito de una modificación del sistema ilustrado en la figura 4;

la figura 7 es un diagrama de circuito de otra modificación del sistema ilustrado en la figura 2;

la figura 8 es un diagrama de circuito de

374130



una modificación del invento;

la figura 9 es un diagrama de circuito de una modificación del sistema ilustrado en la figura 8;

5 las figuras 10 y 11 son diagramas de circuito de modificaciones diferentes del sistema ilustrado en la figura 4;

la figura 12 es un diagrama de circuito de otra modificación del invento;

10 las figuras 13 a 15 son diagramas de circuito de diferentes modificaciones del sistema ilustrado en la figura 12;

la figura 16 es una representación gráfica de formas de onda de conmutación desarrolladas en el sistema ilustrado en la figura 15;

15 las figuras 17 a 19 son diagramas de circuito de diversas modificaciones del sistema ilustrado en la figura 15;

la figura 20 es un diagrama de circuito de, todavía, otra modificación del sistema ilustrado en la figura 12;

las figuras 21 y 22 son diagramas de circuito de diferentes modificaciones del sistema ilustrado en la figura 20;

25 la figura 23 es un diagrama de circuito de otra modificación del sistema mostrado en la figura 12;

la figura 24 es un diagrama de circuito de otra modificación del sistema ilustrado en la figura 15 y que ilustra una estructura de transformador de con-

30

374130



mutación empleado;

la figura 25 es una vista en corte transversal en perspectiva de una modificación del transformador ilustrado en la figura 24;

5 la figura 26 es una gráfica que ilustra un ciclo magnético de histéresis para un núcleo magnético usado en una reactancia no lineal construída de acuerdo con los principios del invento;

10 las figuras 27 y 28 son diagramas útiles para explicar la forma en la que un núcleo magnético de una reactancia no lineal es restablecido a una región de flujo de insaturación de acuerdo con los principios del invento; y

15 la figura 29 es una vista similar a la figura 26.

Con referencia ahora a los dibujos y a la figura 1 en particular, se ilustran en ella formas de onda de conmutación desarrolladas en el tipo de McMurrey y Bed-Ford de inversores, como se ha señalado antes. En
20 la figura 1, las formas de onda A y B representan un voltaje aplicado a través de tiristores empleados y de la corriente que circula por ellos, respectivamente; al comienzo de un período de conmutación transitorio t_c , es cebado un tiristor para ser alimentado transitoriamente
25 con un elevado voltaje V_p como se muestra en la figura 1A. Durante el período de conmutación, un voltaje menor que el voltaje V_p , pero aun mayor que un voltaje a través del manantial asociado de corriente continua (que no se ha mostrado) continúa siendo aplicado a través del
30 tiristor y, después del período de conmutación, el tiris-

374150



tor recibe a su través el voltaje en bornes del manantial. Ha de observarse que el período de conmutación t_c es largo, como se muestra en la figura 1.

También muestra la figura 1 en la forma de onda de corriente B que, al ponerse en conducción el tiristor, una corriente de conmutación que circula a su través aumenta bruscamente a la magnitud I_{oo} de una corriente de carga que circula por él justo antes de que haya sido efectuada la conmutación particular lo que conduce a un gran aumento en el coeficiente del diferencial con respecto al tiempo de la corriente, o di/dt . Esto daba como resultado condiciones críticas para el funcionamiento del sistema y cuanto mayor fueran la corriente y el voltaje o la capacidad del sistema, tanto más inter- vendría dicho di/dt .

También, debido al prolongado período de conmutación T_c , aumentaba la relación de la corriente de conmutación integrada i_c (que se muestra en la parte rayada) respecto a una corriente de carga integrada i_L , particularmente cuando es alta la frecuencia de trabajo. Por ejemplo, con un inversor formado por tiristores con un tiempo de corte de 30 microsegundos que han de funcionar a una frecuencia del orden de 100 Hz, la proporción de la corriente de conmutación que contribuye a un aumento de temperatura del tiristor ha ascendido a 30% aproximadamente y, a menudo, ha excedido del 50%.

Así, los tiristores han disminuido en su utilización de la corriente, conduciendo a una disminución en la salida disponible con el mismo tiristor o a un aumento en la capacidad de corriente que debía plan-

374130



teárseles a los tiristores usados. Esto dió como resultado la restricción del límite superior de la frecuencia de trabajo práctica, como hemos descrito antes.

5 Como hemos dicho antes, se he perdido, al menos en parte, la energía acumulada en la reactancia de conmutación. Si la energía ha sido devuelta al manantial asociado a través de un transformador, la eficacia de la devolución ha sido muy baja, debido a la inductancia de fugas y a la resistencia del transformador y se
10 ha perdido la mayor parte de la energía. Alternativamente, si la energía ha sido entregada a la resistencia asociada, toda la energía se ha perdido, pero, además, a esto se ha sumado una pérdida debida a la parte de la corriente de carga que circula por la resistencia, dando
15 como resultado una gran pérdida de conmutación y, por tanto, una disminución del rendimiento. Así, han de tenerse particularmente en cuenta un aumento de la corriente a exigir al tiristor y una disminución del rendimiento, para aparatos de gran capacidad y frecuencia relativamente
20 vamente alta.

Además, el uso de un núcleo magnético en una reactancia de conmutación con entrehierro ha provocado el ruido a que hemos hecho mención anteriormente.

25 El invento considera eliminar los mencionados inconvenientes. Aún cuando el invento será ilustrado y descrito en relación con los sistemas de control de corriente monofásica, se comprenderá que es igualmente aplicable a cualquier sistema polifásico que se desee.

30 Con referencia ahora a la Figura 2, se ilustra en ella un sistema de control de corriente cons-

374130



truido de acuerdo con los principios del invento. La
disposición ilustrada comprende un manantial de corriente
continua E_d con un par de terminales de corriente con-
tinua (c.c.). Uno de los terminales, en este ejemplo, el
5 positivo P, está conectado a una toma central de un pri-
mario T_{N1} de un transformador de salida T y el otro, o
terminal negativo N, está conectado a un extremo del pri-
mario T_{N1} a través de una combinación serie de una reac-
tancia no lineal y un tiristor 1a y 2a o 1b y 2b. La
10 unión de la reactancia no lineal 1a y el tiristor 2a es-
tá conectada a la unión de la reactancia 1b y el tiris-
tor 2b a través de un condensador de conmutación 3 para
desempeñar la misión de conmutación entre los tiristores
2a y 2b, estando un diodo semiconductor principal 4a o
15 4b conectado a través de la combinación en serie asocia-
da 1a-2a o 1b-2b y polarizado en sentido opuesto al ti-
ristor 2a o 2b respectivamente. El transformador de sa-
lida T incluye un secundario T_{N2} con un par de termina-
les de salida O_1 y O_2 a través de las cuales está conec-
20 tada una carga Z_L .

La reactancia no lineal 1a, el tiristor
2a y el diodo 4a son sustancialmente idénticos en cons-
trucción y funcionamiento a los correspondientes compo-
nentes 1b, 2b y 4b, respectivamente.

25 El funcionamiento de la disposición des-
crita será explicado a continuación. Suponiendo que uno
de los tiristores, por ejemplo el 2a, está en su estado
de conducción por la aplicación a su electrodo de mando
de un voltaje de mando procedente de cualquier manantial
30 de voltaje adecuado (no mostrado), el transformador de

374130



salida T desarrolla a través del primario T_{N1} un voltaje con una polaridad como la ilustrada junto al arrollamiento y el condensador 3 se ha cargado con voltaje sustancialmente igual al voltaje que hay a través de los terminales P y N y con una polaridad ilustrada junto a los mismos, mientras la reactancia no lineal 2a se mantiene saturada.

El cebado sucesivo del otro tiristor 2b permite que el voltaje a través del condensador 3 polarice en sentido inverso al tiristor 2a para hacerlo no conductor. Dentro del período de conducción para el tiristor 2a, circula una corriente desde el extremo señalado con el símbolo del primario T_{N1} y del transformador a través de la reactancia no lineal 1b y el tiristor 2b, ahora conductor, pero es suprimida por una impedancia no saturada presentada por la reactancia no lineal 1b.

Por otra parte, la reactancia no lineal la recibe un voltaje igual al voltaje inverso aplicado a través del tiristor 2a por medio del diodo 4a. Así circula una corriente de oscilación a través de un lazo cerrado que incluye el tiristor 2b, el diodo 4a, la reactancia 1b y el condensador 3, cuya frecuencia viene determinada por la inductancia residual saturada de la reactancia 1a y a la capacitancia del condensador 3, con el resultado de que la reactancia no lineal 1a es restablecida a su región de flujo no saturado. Esto hace que el condensador 3 se cargue con la suma de una corriente de carga que ha circulado por el tiristor 2a justo antes de que este último se haga no conductor y dicha corriente

374130



de oscilación aumentada progresivamente en amplitud debido a la inductancia saturada de la reactancia la pero con polaridad contraria a la que tenía durante la conducción del tiristor 2a.

5 En otras palabras, si el sistema está sin carga en ese momento, entonces el condensador 3 se carga rápidamente con la corriente de oscilación sola. Alternativamente, si el sistema está cargado, entonces el condensador se carga más rápidamente con la magnitud
10 resultante de la corriente de carga particular y la corriente de oscilación. Cuanto más alta sea la carga en el sistema, mayor será la velocidad con que se cargará el condensador.

15 Por otra parte, el tiristor 2a, ahora conductor, tiene circulando a su través una corriente que carga inversamente el condensador 3, mientras que la corriente procedente de la reactancia lb es de magnitud mínima debido a la inductancia no saturada de la reactancia.

20 Después de terminarse la conmutación particular, una corriente de retorno procedente de la carga Z_L circula a través del diodo 4b, mientras que la que circula por el tiristor 2b está formada por la corriente de excitación para la reactancia no lineal 2b, que es
25 de muy pequeña magnitud y que se amortigua.

 Después de terminada la conmutación particular, la corriente de carga es invertida de polaridad, tras lo cual la reactancia no lineal lb es saturada para hacer que la corriente de carga circule a través del
30 tiristor 2b en conducción. Entonces el tiristor la en con-

374130



ducción cambia del tiristor 2b al tiristor 2a para repetir el proceso como antes se ha descrito.

Se apreciará, por tanto, que usando las reactancias no lineales, la energía previamente acumulada en una de las reactancias no lineales es transferida rápidamente al condensador, durante el período de conmutación, mientras que la energía acumulada en la otra reactancia es muy pequeña, con lo cual la corriente de conmutación puede circular a través del tiristor particular solamente durante un período de tiempo corto, dando como resultado que la corriente de conmutación de en promedio una magnitud muy pequeña.

La Figura 3, en la cual los números de referencia semejantes tienen el mismo significado que en la Figura 1, ilustran formas de onda de voltaje e intensidad desarrollados en el sistema de la Figura 2. Comparando la Figura 1 con la Figura 3, se verá que en el presente sistema el tiempo de conmutación t_c se hace igual a desde tres a seis veces el tiempo durante el cual cualquiera de los dos tiristores está polarizado en sentido inverso. Es decir, en comparación con los sistemas del tipo de la técnica anterior, el tiempo de conmutación se reduce por un factor de aproximadamente 7 y la corriente media de conmutación se reduce por un factor de aproximadamente 5 a 10.

La Figura 4 muestra una modificación del invento realizado en un tipo de puente. En la Figura 2 y en las Figuras sucesivas, los caracteres de referencia similares designan componentes similares o idénticos a los ilustrados en la Figura 2. Como se muestra, el cir-

374130



cuito de puente tiene cuatro ramas, cada una de las cuales incluye una combinación en serie de una reactancia no lineal 1 y el condensador de conmutación 3 conectados a través del respectivo diodo principal 4, y estando los
5 tiristores similarmente polarizados con respecto al manantial E_d . Las uniones de los tiristores 2a y 2b, 2c y 2d están conectadas a dos terminales P y N del manantial respectivamente, y las de las reactancias no lineales la y lc, lb y ld, tienen los respectivos terminales de
10 salida O_1 y O_2 a través de los cuales está conectada la carga Z_L . Las reactancias la y ld se muestran acopladas magnéticamente a las reactancias lb y lb, respectivamente. Además, la unión de la reactancia la y el tiristor
15 2a, o lc y 2c está conectada a la unión de la reactancia lb y el tiristor 2b o ld y 2d, por medio del condensador de conmutación 3a o 3b, respectivamente.

Los tiristores 2a y 2d están destinados a ser puestos simultáneamente en y fuera de conducción mientras que los tiristores 2b y 2c están destinados a
20 ser puestos simultáneamente en y fuera de conducción, pero alternativamente con respecto a los tiristores 2a y 2b, respectivamente. Por consiguiente, se apreciará que el sistema mostrado en la Figura 4 es idéntico en el modo de funcionamiento de conmutación al sistema de la
25 Figura 2.

Las Figuras 5 y 6 muestran disposiciones similares a las ilustradas en las Figuras 2 y 4, respectivamente, salvo en que un diodo semiconductor está conectado en serie entre la reactancia no lineal asociada
30 y el tiristor con el condensador de conmutación asociado

374130



17F

entre las uniones de los diodos y los tiristores. Por ejemplo, el diodo 5a está conectado entre la reactancia no lineal la y la unión del tiristor 2a y el condensador 3 o 3a.

5 El diodo 5 sirve para impedir que el condensador asociado cargado a un voltaje superior al voltaje del manantial a través de la reactancia no lineal asociada después de la conmutación particular se descargue en sentido opuesto al de carga.

10 Esta medida asegura que un voltaje almacenado en el condensador se mantendrá alto, lo que da como resultado un aumento en el rendimiento de la conmutación y, por tanto, es particularmente eficaz para usarla con aparatos de bajo voltaje y gran intensidad.

15 La figura 7 muestra una modificación del sistema ilustrado en la figura 5. La única diferencia consiste en conectar un par de diodos semiconductores de conmutación 6a y 6b a través de los tiristores 2a y 2b, respectivamente, mientras que una reactancia 7 es-
20 tá conectada en serie entre los dos diodos 6a y 6b. Los diodos 6a y 6b están invertidos en polaridad respecto a los tiristores 2a y 2b y, por tanto, a los diodos 5a y 5b.

25 Suponiendo que el tiristor 2a está en su estado de conducción, el condensador 3 ha sido cargado con cierto voltaje con una polaridad ilustrada junto al mismo. En estas circunstancias, la reactancia no lineal lb ha sido repuesta en su flujo magnético en su región de insaturación al paso que la reactancia no lineal la
30 está en su región de flujo saturado debido a la particu-



175.11

lar corriente de carga que la atraviesa. Como antes se ha descrito en relación con la figura 2, cuando el tiristor 1b es cebado entonces, el condensador 3 inicia su descarga en forma oscilatoria a través de la reactancia de conmutación 7 y la corriente de carga que circula por la reactancia no lineal la hasta ese momento es shuntada por el condensador 3.

Después de que la corriente que circula por el condensador 3 ha excedido la corriente de carga el diodo de conmutación 6a se hace conductor, mientras que el tiristor 2a es polarizado inversamente para hacerse no conductor. Sin embargo, ha de observarse que el condensador 3 continúa cargándose con la polaridad opuesta a la ilustrada mientras la reactancia no lineal 1b se mantiene insaturada para suprimir la circulación de corriente desde la fuente E_a al tiristor 2b.

El voltaje a través del condensador 3 aumenta entonces con la polaridad opuesta a la ilustrada para disminuir el paso de corriente por el condensador hasta que la corriente es igual a la de carga. En ese momento, el diodo de conmutación 6a se hace no conductor, para permitir la aplicación de un voltaje directo a través del tiristor 2a, con el resultado de que el condensador 3 continúa entonces cargándose de forma oscilatoria a través de las reactancias no lineal y de conmutación la y 7, respectivamente, para compensar un déficit de carga en él.

Cuando el condensador 3 ha alcanzado un voltaje predeterminado igual al doble del voltaje de alimentación, es cebado el diodo 4b. En ese momento, la reac-

374130



tancia no lineal lb permanece todavía sin saturar y el tiristor 2b tiene circulando a su través una corriente de excitación muy baja que se va amortiguando.

5 Como en los ejemplos anteriores, la corriente de carga es invertida en polaridad para saturar la reactancia no lineal lb con el resultado de que la corriente de carga con la polaridad invertida es suministrada a la carga Z_L a través del tiristor 2b. Entonces, el tiristor 2a es cebado de nuevo para repetir el
10 proceso como antes se ha descrito.

La figura 8 ilustra otra forma del invento que corresponde al sistema de la figura 7 habiéndose omitido el transformador de salida T. Las reactancias no lineales la y lb incluyen cada una un par de arrollamientos
15 la1 y la2 o lb1 y lb2 acoplados de preferencia inductivamente entre sí como se muestra en la figura 8. Los arrollamientos la2 y lb1 están conectados en un extremo juntos a la unión de los diodos 4a y 4b y al terminal de salida O. Se usa la convención de punto para identificar la polaridad instantánea de cada arrollamiento.
20 El arrollamiento la2 está conectado en serie con el cátodo de un diodo semiconductor 5c que tiene el ánodo conectado al ánodo y el cátodo de, respectivamente, el diodo de conmutación 6a y el tiristor 2a. Análogamente, el arrollamiento lb2 está conectado a un semiconductor 5d y,
24 por tanto, al diodo de conmutación 6b y al tiristor 2b.

Los cátodos de ambos tiristores 2a y 2b están interconectados por medio de una combinación en serie de la reactancia 7b y el condensador 3b, mientras
30 que los electrodos de ánodo de los mismos están interco-

374130



nectados por la combinación en serie de la reactancia l_a y el condensador 3a. En otros aspectos, la disposición es sustancialmente similar a la mostrada en la figura 7.

5 La disposición descrita en lo que antecede funciona como sigue: Suponiendo que el tiristor 2a está en su estado de conducción, circula una corriente de carga i_L desde el terminal P del manantial de c.c. E_d a través de un arrollamiento l_{a1} de la reactancia no lineal l_a , el diodo en serie 5a, el tiristor 2a ahora conductor, el diodo en serie 5c, el otro arrollamiento l_{a2} de la reactancia l_a , el terminal de salida O y la carga (no mostrada) volviendo al terminal N del manantial. En estas circunstancias, la reactancia no lineal l_a está en su estado saturado debido a la circulación de corriente de salida a su través y apenas presenta impedancia a la corriente de carga.

10 Al mismo tiempo, el condensador 3a se está descargando a través de un circuito que incluye los componentes 2a, 5b, l_{a2} , l_{b1} , 5b, 7. Por otra parte, el condensador 3b se está cargando con una polaridad ilustrada junto al mismo a través de un circuito que incluye los componentes P, l_{a1} , 5a, 2a, 7b, 3b, 5d, 162, N hasta que se carga el voltaje del manantial y con la polaridad ilustrada junto al mismo.

25 Luego, al cebarse el tiristor 2b, el voltaje a través del condensador 3b inicia la corriente de salida o de carga i_L que circula por los arrollamientos l_{a2} y l_{b1} de las dos reactancias no lineales l_a y l_b hasta el momento en que es shuntado en forma oscilatoria a

374130



través de un circuito que incluye los componentes p -
lal - 5a - 3a - 7a - 2b - 3b - 7b - 5c - la2 - 0 como
se muestra en la corriente i_3 en la figura 8. Así, la
corriente i_2 que circula por el tiristor 2a disminuye
5 en una magnitud igual a la corriente de oscilación shun-
tada i_3 . La corriente de shunt i_3 aumenta hasta que,
eventualmente, se hace mayor que la corriente de carga
 i_L . En ese momento, el tiristor 2a está desactivado y
el diodo de conmutación 6a es cebado. Una corriente i_{6a}
10 que circula a través del diodo cebado 6a es igual a
la diferencia entre la corriente de descarga oscilatoria
 i_3 del condensador 3a y la corriente de carga i_L . De es-
te modo, el condensador 3b se descarga desde el manan-
tial de tensión con la polaridad ilustrada hasta volta-
15 je cero al paso que el condensador 3a se carga desde vol-
taje cero al del manantial con la polaridad ilustrada en
la figura 8.

La corriente de descarga oscilatoria i_3
alcanza su máxima amplitud cuando los voltajes a través
20 de los condensadores 3a y 3b son mutuamente iguales. La
corriente i_3 continúa disminuyendo mientras las reactan-
cias de conmutación 7a y 7b funcionan para efectuar la
carga y la descarga oscilatorias de los condensadores
hasta que la corriente oscilatoria de carga o de descar-
25 ga i_3 es igual a la corriente de carga i_L . En ese momen-
to, el diodo de conmutación 6a es puesto en su estado
no conductor y también el condensador 3b ha completado
sustancialmente su descarga mientras que el condensador
3a ha completado sustancialmente su carga. En otras pa-
30 labras, la energía acumulada en el condensador 3b es

374130



transferida solamente al condensador 3a por medio de la acción de la oscilación efectuada por los condensadores 3a y 3b y las reactancias de conmutación 7a y 7b con un mínimo de pérdida de energía durante esa transferencia.

5 El tiempo de conmutación durante el cual es transferida la energía de uno a otro de los condensadores corresponde a la mitad del período de oscilación natural de los condensadores 3a y 3b y las reactancias de conmutación 7a y 7b y se ha elegido para que sea del orden del doble del tiempo de no conducción del tiristor. Por consiguiente, la transferencia de la energía de uno a otro de los condensadores termina dentro de un tiempo muy corto.

10

Después de transcurrido el período de tiempo durante el cual uno de los tiristores es polarizado en sentido inverso, el condensador 3a es cargado adicionalmente a través de un circuito que incluye los componentes P, la1, 5a, 3a, 7a, 2b, 3b 7b, 5c, la2, O, para suministrar así una ligera cantidad mediante la cual es cargado o descargado adicionalmente cada uno de los condensadores. Entonces, el condensador 3b se ha descargado a un voltaje 0 y el condensador 3a se ha cargado al voltaje del manantial, tras lo cual se ceba el diodo principal 4b. Esto forma un lazo cerrado que va desde el terminal P del manantial E_d a través de los componentes la1, 5a, 3a, 7a, 2b, 3b, 7b, 5b, la2, 4b y de nuevo al terminal N del manantial. Esto hace que la reactancia no lineal la sea repuesta a su región de flujo no saturado.

15

20

25

Luego, los diodos en serie 5a y 5c sirven para impedir que el lazo cerrado que acaba de describirse efectúe continuamente una oscilación amortiguada debi-

30

374130



do a las inductancias residuales de los arrollamientos
la1 y la2 de reactancia que cooperan con las reactancias
de conmutación 7a y 7b y los condensadores 3a y 3b. Por
consiguiente, el condensador 3a es cargado adicionalmen-
5 te de forma oscilatoria para manetener el voltaje a su
través a una magnitud de cresta máxima del voltaje osci-
latorio. Esto provoca un aumento en la capacidad de con-
mutación y, por tanto, el sistema de la figura 8 es par-
ticularmente adecuado para aplicaciones de alta intensi-
10 dad y bajo voltaje. Más específicamente, el diodo en se-
rie 5a sirve para impedir que el condensador 3a se des-
cargue mientras que el diodo en serie 5c sirve para im-
pedir que se descargue el condensador 3b cargado con la
polaridad opuesta a la ilustrada en la figura 8. Esto es
15 cierto en el caso de los diodos 5b y 5d. Ha de observar-
se que pueden omitirse, si se desea, cualquier o cuales-
quiera de los diodos en serie 5a, 5b, 5c, 5d.

Entonces, la corriente de carga i_L es in-
vertida en polaridad y la reactancia no lineal lb es sa-
20 turada. En estas circunstancias, la corriente de carga cir-
cula a través de un circuito que incluye la carga (no mos-
trada) y los componentes 0, lb1, 5b, 2b, 5d, lb2 y N.
Luego se repite el proceso que acaba de describirse.

La figura 9 muestra una modificación del
25 sistema de la figura 8 en la cual los arrollamientos la1,
la2, lb1, lb2 de ambas reactancias no lineales l_a y l_b
están dispuestos de modo que no sean acoplados por vía
inductiva mutuamente, mientras que se ha omitido los
diodos en serie 5a, 5b, 5c y 5d. En otros aspectos, la
30 disposición es idéntica a la mostrada en la figura 8.

374130



Por consiguiente, se comprenderá que el funcionamiento de esta disposición es bastante idéntico al de la mostrada en la figura 8, no siendo necesaria descripción adicional.

5 La figura 10 ilustra una disposición que es sustancialmente idéntica a la mostrada en la figura 4, salvo que una combinación en serie de reactancia de conmutación y condensador sustituye al condensador de conmutación mostrado en la figura 4 y que los tiristores
10 tienen respectivos diodos semiconductores de conmutación conectados en paralelo inverso con relación a ellos. Por ejemplo, una combinación en serie de reactancia de conmutación y condensador, 7a y 3a, sustituye al condensador 3a mostrado en la figura 4, y el diodo de conmutación
15 6a está conectado a través del tiristor 2a. También los tiristores 3a, 3b, 3c y 3d son idénticos en funcionamiento a los mostrados en la figura 4. Por consiguiente, no es necesaria descripción adicional de la disposición.

 En la figura 11 se muestra una modificación del sistema ilustrado en la figura 10. La figura 11
20 es diferente de la figura 10 porque las reactancias no lineales l_a y l_d están dispuestas inductivamente sobre un núcleo magnético común no mostrado mientras que las reactancias no lineales l_b y l_c están dispuestas inductivamente sobre otro núcleo magnético común no mostrado.
25 Además, un par de reactancias no lineales conectadas en serie, l_a y l_c o l_b y l_d , están conectadas en ambos extremos a un par de diodos principales 4a y 4c o 4b y 4d. Luego, los diodos 4a y 4c están conectados en los cátodos al terminal positivo P del manantial E_d mientras que
30

374130

17 FEB



los diodos 4c y 4d están conectados en los ánodos al terminal negativo N del manantial.

Esta conexión de los diodos principales es particularmente eficaz para impedir que los condensadores 3a y 3b se carguen en exceso en el caso de que las reactancias no lineales tengan una gran inductancia residual, es decir, inferior en característica de saturación.

Más específicamente, considerando el proceso efectuado después del modo de funcionamiento en conmutación en el cual los tiristores 2a y 2d han sido llevados a su estado no conductor, los diodos principales 4a y 4d son cebados cuando la energía acumulada en la inductancia saturada de cada reactancia la o ld tiende a cargar adicionalmente el condensador asociado 3a o 3b con la polaridad ilustrada en la figura 11. Esto hace que el cátodo y el ánodo respectivamente de los tiristores 2a y 2d sean limitados en los potenciales respectivos en los terminales de manantial P y N con el resultado de que los mayores voltajes a través de los condensadores 3a y 3b permanecen sustancialmente iguales en magnitud al voltaje a través del manantial, cualquiera que sea el voltaje inducido por la liberación de la energía acumulada en la inductancia saturada de cada reactancia no lineal. Las energías liberadas son entregadas a la carga (no mostrada) a través del terminal de salida O.

La Figura 12 muestra otra modificación del invento usando una transformador de conmutación. Como se muestra, un par de condensadores de conmutación 3a

374130



y 3b conectados en serie están conectados a través de los terminales de entrada de c.c. P y N y la unión de ambos condensadores está conectada a una toma intermedia de un transformador de conmutación mostrado como auto-transformador 8. El transformador 8 incluye un par de arrollamientos 8a y 8b conectados en serie y ambos terminales extremos están conectados a la unión de la reactancia no lineal la y el tiristor 2a conectados en serie entre sí y a través del diodo semiconductor principal 4a y a la unión de la reactancia no lineal lb y el tiristor 2b conectados en serie entre sí y a través del diodo semiconductor principal 4b. Los diodos 4a y 4b y, por tanto, un par de combinaciones de reactancia y tiristor la, 2a y lb, 2b están conectados a través de los terminales P y N y la unión de los diodos 4a y 4b está conectada a la carga (no mostrada) por medio del terminal de salida O.

Se supone ahora que el tiristor 2a está en su estado de conducción para hacer que una corriente de carga i_L circule desde el terminal positivo P del manantial a través del tiristor 2a ahora conductor, la reactancia no lineal la y el terminal de salida O a la carga (no mostrada). La carga puede conectarse entre el terminal de salida O y cualquiera de los terminales P y N y el punto neutro del manantial de c.c. (no mostrado), según sea el caso. Esto es cierto en el caso de diversos ejemplos que no incluyen transformador de salida o que son del tipo de puente. En la condición supuesta, el voltaje a través del condensador 3a es de magnitud 0 mientras que el voltaje a través del condensador 3b tiene la magnitud del voltaje que hay a través de los terminales P y

374130



N. Además, la reactancia no lineal l_a ha sido saturada debido a la circulación de la corriente de carga i_L a su través y la reactancia no lineal l_b es puesta en su región de flujo no saturado como en los ejemplos anteriores.

5
10
15
20
Luego, al cebarse el tiristor 2b, se aplica al arrollamiento 8b del transformador de conmutación 8 un voltaje acumulado en el condensador de conmutación 3b para inducir de este modo a través del arrollamiento 8a un voltaje de magnitud y polaridad iguales al voltaje aplicado. Como resultado de ello, se aplica un voltaje doble al tiristor 2a para hacerlo no conductor. En ese momento, tanto un lazo cerrado que incluye los componentes 3b, 8b, 2b, como un lazo cerrado que incluye los componentes P, 3a, 8b, 2b, N, forman un primario con respecto al transformador de conmutación 8, al paso que los componentes 8a, l_a , O, así como los componentes 8a, l_a , l_b , forman un secundario con respecto al mismo transformador.

20
25
30
Cuando los condensadores 3b y 3a se descargan y cargan, respectivamente, el tiristor 2a disminuye en potencial catódico, lo que conduce a la aplicación de un voltaje directo del mismo. Los condensadores 3a y 3b continúan cargándose y descargándose respectivamente hasta que el voltaje a través del condensador 3b alcanza magnitud cero. En ese momento, el terminal de salida está aun voltaje igual al potencial en el terminal N del manantial lo que inicia el cebado del diodo 4b.

30
Por otra parte, la reactancia no lineal l_a tiene su inductancia residual saturada con lo que se

374150



ha acumulado algo de energía correspondiendo al mencionado paso a su través de corriente de carga. Por consiguiente, esa reactancia tiene inducido a su través un voltaje que hace que el cátodo del tiristor 2a sea negativo con respecto al ánodo (como se muestra por la flecha situada junto a la reactancia la en la figura 12). El voltaje inducido hace que el flujo magnético en la reactancia la... sea restablecido desde su región saturada a su región insaturada con el resultado de que el voltaje aplicado al tiristor 2a es mayor que el voltaje de manantial en una magnitud que corresponde al voltaje requerido para restablecer el flujo magnético.

Cuando ese voltaje de restablecimiento tiende a disminuir el potencial en el cátodo del tiristor 2a por debajo del valor que hay en el terminal N (lo que mantiene conduciendo tanto al tiristor 2b como al diodo 4b), el condensador de conmutación 3b es cargado a la mitad del voltaje de restablecimiento pero con polaridad contraria de la ilustrada, mientras que el condensador 3a se carga a un voltaje superior al del manantial en una mitad del voltaje de restablecimiento. En otras palabras, el restablecimiento del flujo magnético en la reactancia no lineal la a su región insaturada se realiza en un circuito de oscilación en paralelo formado de modo equivalente por la reactancia no lineal la y los condensadores de conmutación 3a y 3b a través del transformador de conmutación 8.

Entonces, cuando la corriente de carga es invertida en su polaridad, la reactancia no lineal lb está entonces saturada y el siguiente medio ciclo de la

374130



corriente de carga circula por el terminal de salida O, la reactancia lb y el tiristor 2b, después de lo cual se repite el proceso descrito.

Las figuras 13 y 14 muestran diferentes modificaciones del sistema ilustrado en la figura 12. En la figura 13, el auto-transformador 8 ha sido sustituido por un transformador 8 que incluye un primario 8a y un secundario 8b, y los condensadores 3a y 3b están conectados a ambos arrollamientos. En un extremo, en otros aspectos, la disposición es idéntica a la mostrada en la figura 12.

En la figura 14, el tiristor 2a o el 2b intercambian de posición la reactancia no lineal asociada a lb y los condensadores 3a y 3b están conectados al transformador 8 en ambos extremos y no en la toma intermedia. En otros aspectos, la disposición es idéntica a la mostrada en la figura 12.

La figura 15 ilustra todavía otra modificación del sistema mostrado en la figura 12. La única diferencia entre ambos sistemas es que en la figura 15 un par de diodos semiconductores limitadores 9a y 9b de polaridad similar están conectados a un par de reactancias no lineales lb y la conectadas en serie con el fin de impedir que el voltaje a través de cada tiristor 2a o 2b exceda al voltaje que hay a través de los terminales P y N. Es decir, los ánodos y los cátodos, respectivamente, de los diodos limitadores 9a y 9b están conectados a los extremos de las reactancias lb y la conectadas en serie, respectivamente, entre los terminales de manantial P y N.

374130



En la disposición de la Figura 12, la reactancia no lineal la o lb coopera con los condensadores 3a y 3b para efectuar una oscilación en la última parte del periodo de conmutación. Por consiguiente, el
5 voltaje a través del tiristor asociado puede rebasar el voltaje a través de los terminales P y N y la energía acumulada en la reactancia la es transferida al condensador. En la disposición de la Figura 15, sin embargo, cuando el voltaje a través del tiristor 2a o el condensador 3b excede al voltaje del manantial, es cebado el
10 diodo 9a. Si queda en la reactancia la, en ese momento, energía previamente acumulada en la inductancia saturada de la misma, la energía es entregada a la carga no mostrada por el terminal de salida O.

15 Después de que la reactancia no lineal la ha terminado de dejar en libertad la energía acumulada, el diodo 4a se hace no conductor y, en su lugar, inicia la conducción el diodo 4b. En estas circunstancias, la corriente de carga circula por un camino o circuito que
20 incluye el diodo 9a, la reactancia la y el terminal de salida O y por otro camino o circuito que incluye el diodo 4b y el terminal de salida O. El primer circuito tiene una resistencia relativamente alta de modo que la parte de la corriente que circula por ese circuito es trans-
25 ferida gradualmente al último circuito. Entonces, la corriente de carga es disminuida o invertida en polaridad hasta que pasa por el punto de corriente cero. Luego la corriente de carga comienza a circular por el tiristor 2a y los componentes asociados.

30 Se apreciará así que el diodo limitador

374130



9a sirve para impedir que el potencial en el cátodo del
tiristor 2a caiga por debajo del potencial en el termi-
nal N del manantial mientras el diodo limitador 9b sir-
ve para impedir que el potencial en el ánodo del tiris-
5 tor 2b suba por encima del potencial del terminal P del
manantial.

Las formas de onda de voltaje e intensi-
dad desarrollados en la disposición de la Figura 15 se
muestran en la Figura 16, en la cual los caracteres de
10 referencia tienen la misma significación que en las Fi-
guras 1 ó 3. La forma de onda de voltaje A indica que el
voltaje aplicado a través del tiristor no puede llegar
a ser excesivo.

La Figura 17 es una vista similar a la
15 Figura 15, salvo que los diodos 4a y 4b se han omitido.
La disposición mostrada en la Figura 17, según se ha vis-
to, es particularmente eficaz para su uso con cargas re-
trasadas en el factor de potencia. Más específicamente,
la corriente de carga sirve para descargar rápidamente
20 el condensador 3b mientras que la reactancia no lineal
lb asociada con el tiristor ahora conductor no puede sa-
turarse. Esto impide que la corriente que circula por la
reactancia no lineal la aumente por encima de la corrien-
te de carga.

25 Por consiguiente, la cantidad de energía
acumulada en la reactancia no lineal no sólo es muy pe-
queña, sino que es también entregada a la carga mientras
disminuye junto a la corriente de carga. Esto es así
porque la otra reactancia no lineal lb no se satura an-
30 tes de que la corriente de carga sea invertida en senti-
do de circulación. Por consiguiente, la energía acumula-

374130



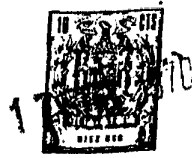
da en la reactancia individual no se pierde.

Esto es cierto en el caso de que el sistema de la Figura 12 incluya el transformador de conmutación.

5 La Figura 18 muestra una disposición similar a la ilustrada en la Figura 17, salvo que un diodo de conmutación 6a o 6b está conectado en relación de circuito en paralelo invertido a cada uno de los tiristores 2a o 2b con los condensadores de conmutación 3a y 3b conectados al punto intermedio del transformador de conmutación 8 a través de una reactancia común de conmutación 7 del tipo de núcleo de aire.

15 Cuando el tiristor 2a, por ejemplo, es mantenido polarizado en sentido inverso el diodo de conmutación 6a es puesto en su estado de conducción. Los condensadores 3a y 3b cooperan con la reactancia de conmutación 7 para efectuar la carga y descarga oscilatorias, respectivamente, con lo cual el arrollamiento 8a del transformador de conmutación recibe una corriente de impulsos en forma de senoide de media onda que circula hacia el cátodo del tiristor 2a a su través con una frecuencia de recurrencia de los impulsos determinada por las magnitudes de los condensadores y la reactancia de conmutación. Durante un período de tiempo en que la corriente de impulsos que podría circular a través de la reactancia la es mayor que la parte de la corriente de carga en el semiperíodo jústamente precedente, el diodo de conmutación 6a está en su estado de conducción mientras que el tiristor 2a está polarizado en sentido inverso, dando como resultado las mejoras en las características de conmutación.

374130



Hay que señalar que los diodos 9a y 9b sirven, además, para efectuar la función limitadora antes descrita y para efectuar el funcionamiento de los diodos principales 4a y 4b, es decir, la operación de
5 realimentar la potencia reactiva de la carga. Se hace observar también que, con los diodos 9a y 9b omitidos, los diodos de conmutación la y lb pueden desempeñar asimismo la operación de los diodos principales 4a y 4b, respectivamente.

10 La disposición que se muestra en la Figura 19 es diferente de la ilustrada en la Figura 18 solamente porque los diodos de conmutación 6a y 6b están conectados cada uno a través del tiristor 2a o 2b asociado por medio de partes de arrollamiento que tienen un
15 pequeño número de espiras de la respectiva reactancia no lineal la o lb. Esta medida permite que el tiristor sea polarizado en sentido inverso con un voltaje mayor, igual a la suma de la caída de voltaje directo a través del diodo y un voltaje desarrollado a través de la parte
20 de arrollamiento de la reactancia asociada, como antes se ha descrito. Como resultado, la disposición es ventajosa en cuanto al movimiento de los portadores de cargas en el material semiconductor para el tiristor es acelerado al hacer el tiristor no conductor, reduciendo así adicionalmente el tiempo de corte del mismo.

Con el fin de impedir que el voltaje aplicado a través del tiristor aumente excesivamente debido al voltaje de reposición desarrollado a través de la reactancia no lineal y también a la reposición acelerada del
30 flujo magnético en la misma, puede usarse eficazmente

374130



cualquiera de las disposiciones mostradas en las Figuras 20 a 23.

La disposición de la Figura 20 es sustancialmente similar a la mostrada en la Figura 12, salvo en cuanto se refiere a una combinación en serie de un diodo semiconductor 10 y una resistencia de amortiguación 11 que está conectada a través de un par de reactancias no lineales l_a y l_b conectadas en serie entre sí.

Como antes se ha descrito en relación con la Figura 12, el voltaje de reposición desarrollado a través de la reactancia no lineal l_a al ser repuesta tiene a hacer que el voltaje aplicado al tiristor 2a sea mayor que el voltaje de manantial y también a disminuir el potencial en el cátodo de este tiristor por debajo del potencial que hay en el potencial N del manantial. De este modo, el condensador de conmutación 3b se carga con polaridad inversa a la ilustrada, conduciendo al desarrollo de un voltaje inverso a través del transformador de conmutación 8. En ese momento, el diodo 10 es cebado para conectar la resistencia 11 a través de las reactancias l_a y l_b conectadas en serie, dando como resultado la supresión del voltaje de reposición. Esto quiere decir que las reactancias no lineales son repuestas a su región de flujo no saturado en forma no oscilatoria y no en forma oscilatoria como en la Figura 12. Por consiguiente, la disposición alcanza rápidamente su funcionamiento de estado estable en comparación con la mostrada en la Figura 12.

Como hemos descrito antes, por lo menos una de las reactancias no lineales l_a y l_b conectadas en serie, que llevan la combinación en serie de un diodo y

374130

17 FEB 1970



una resistencia, 10 y 11, respectivamente, conectada a su través, por ejemplo, la reactancia lb, es llevada a su región de flujo no saturado para mostrar gran impedancia. Es decir, es mantenida excitada con baja corriente. Por consiguiente, durante la reposición de ambas reacc

5 tancias, una corriente que circula a través del diodo 10 y la resistencia 11 es aproximadamente de magnitud igual a la baja corriente de excitación como antes se ha descrito. Esto permite que la magnitud de la resistencia 11

10 se seleccione a voluntad dentro de ciertos límites de la velocidad deseada a la cual el flujo magnético es repuesto y de la magnitud deseada a la cual puede aumentar el voltaje aplicado a cada una a través de su tiristor.

La disposición de la figura 21 es sustancialmente similar a la mostrada en la figura 8 en la cual la combinación en serie de diodo y resistencia amortiguadora 10 y 11, está conectada en paralelo con las reactan

15 cias no lineales la y lb conectadas en serie. Por consiguiente, la combinación diodo-resistencia está equivalentemente acoplada a través de una mitad de los arrollamien

20 tos totales de ambas reactancias, suponiendo que el primario tiene igual número de vueltas que el secundario en cada reactancia. Por consiguiente, en comparación con la disposición de la figura 20, la resistencia amortiguado

25 ra 11 se elige de preferencia para que tenga una resistencia menor en un factor de 4, de modo que la caída de tensión resultante a su través sea reducida a la mitad. En otros aspectos, la disposición es idéntica a la mostrada en la figura 20. Si se desea, pueden omitirse los

30 diodos en serie 5a, 5b, 5c, 5d.

374130

17 FEB.



La figura 22 muestra otra modificación del sistema ilustrado en las figuras 2 ó 20. Las reactancias no lineales l_a y l_b están provistas de arrollamientos secundarios l_{a_s} y l_{b_s} interconectados en serie a través de la combinación en serie de diodo y resistencia amortiguadora 10 y 11. En otros aspectos, la disposición es sustancialmente similar a la mostrada en la figura 2, y por consiguiente su funcionamiento será comprendido fácilmente por la descripción que hemos hecho antes para las figuras 2 y 20.

La figura 23 muestra otra modificación del sistema ilustrado en la figura 12. El auto-transformador de conmutación 8 conectado a través de un par de reactancias no lineales conectadas en serie, l_a y l_b , está provisto de un arrollamiento secundario 8_s conectado a través de los terminales P y N por medio de un diodo semiconductor 10. En otros aspectos, la disposición es idéntica a la mostrada en la figura 12.

En la disposición de la figura 23 la escasa corriente que resulta de la reposición del flujo magnético es devuelta para reducir al mínimo las pérdidas de energía, realizándose la reposición del flujo magnético a un régimen constante predeterminado y, por tanto, con más rapidez.

Si se desea, las reactancias no lineales l_a y l_b pueden proveerse de respectivos arrollamientos secundarios conectados a los terminales P y N por medio del diodo 10, omitiéndose el arrollamiento secundario de conmutación 8_s . Alternativamente, los arrollamientos secundarios que acaban de describirse pueden conectarse en serie entre sí y a través de los terminales P y N por

374130



medio del diodo 10.

Los medios para suprimir los cambios en el flujo magnético como antes se han descrito son eficaces para reponer rápidamente el flujo magnético sin aumento alguno del voltaje del tiristor o sin pérdida de potencia. Así, es posible realizar el funcionamiento a altas frecuencias. Por ejemplo, en comparación con los sistemas que no incluyen medios para suprimir los cambios en el flujo magnético, la frecuencia de funcionamiento ha aumentado en un factor de 2 ó 3 para la disposición de las Figuras 20 a 22 y en un factor de 5 aproximadamente para la disposición de la Figura 23. Aún cuando apenas ha existido diferencia en pérdida de potencia en el caso de la presencia o de la ausencia de tales medios en el margen de las frecuencias comerciales, la diferencia entre ambos casos ha sido varias veces mayor a la frecuencia de 200 a 500 Hz a la cual entra en consideración la reposición del flujo.

Con el fin de que los sistemas que hemos descrito sean de construcción sencilla y de fabricación económica, al tiempo que se mejora su capacidad de funcionamiento, las reactancias no lineales y el transformador de conmutación pueden formarse como estructura unitaria, como se muestra en la Figura 24, el cual se ilustra también el sistema de la Figura 12. Un núcleo magnético del tipo de envolvente, designado de modo general por el número de referencia 12, tiene un par de patas exteriores 12a y 12b sobre las cuales están dispuestas inductivamente un par de arrollamientos de reactancia no lineal 1a y 1b, y una pata central 12c sobre la cual es-

374130



tán dispuestos inductivamente un par de arrollamientos de conmutación 8a y 8b en relación de circuito en serie.

Si se desea, la pata central 12c del núcleo puede llevar inductivamente dispuestas sobre ella los arrollamientos secundarios la_s y lb_s para suprimir el régimen de reposición del flujo magnético, como se muestra en la Figura 22, o los arrollamientos secundarios la_s y lb_s como se muestran en la Figura 23. Además, la pata central 12c del núcleo puede llevar inductivamente dispuesto sobre ella un arrollamiento de polarización con c.c. como describiremos a continuación.

La Figura 25 muestra otro transformador que incluye un par de núcleos magnéticos superpuestos 12a y 12b en forma de toroides, los arrollamientos no lineales la y lb inductivamente dispuestos sobre los núcleos toroidales 12a y 12b respectivamente, los arrollamientos de conmutación 8a y 8b inductivamente dispuestos en torno a los arrollamientos no lineales la y lb y un arrollamiento 13 de polarización con c.c. dispuesto inductivamente en torno a los arrollamientos 8a y 8b.

El núcleo toroidal está formado en general de cualquier material magnético de buenas propiedades magnéticas. Su uso conduce a una disminución en las pérdidas por conmutación y a controles que pueden funcionar a altas frecuencias. Debido a que el núcleo es continuo, el ruido disminuye mucho. También, tal núcleo puede tener un ciclo de histéresis perfectamente rectangular disminuyendo de este modo la inductancia residual de la reactancia no lineal asociada y, por tanto, las oscilaciones debidas a esa inductancia residual. Con un

374150



ciclo de histéresis rectangular, el arrollamiento de polarización sirve para reponer el flujo magnético en el núcleo.

5 En resumen, al menos dos tiristores conectados en serie con las reactancias no lineales, respectivamente, son puestos alternadamente en y fuera de conducción, de modo que un voltaje cargado en el condensador de conmutación es aplicado en sentido inverso a través del tiristor previamente conductor a través del
10 tiristor ahora conductor mientras que durante ese tiempo de polarización inversa, la reactancia no lineal conectada en serie con el tiristor ahora conductor está en su región de flujo no saturado, para manetener de este modo una gran impedancia entre el terminal de salida
15 y el terminal del manantial de c.c. o entre los terminales del manantial.

En estas circunsatancias, se requiere reponer el flujo magnético en cualquiera de las reactancias no lineales durante un período de tiempo en el transcurso del cual el tiristor coenctado en serie con esa reactancia se halla en su estado no conductor. La medida en que es repuesto el flujo magnético depende de la función de la reactancia no lineal para mantener la insaturación sucesiva y corresponde a un cambio de flujo magnético capaz de ser utilizado cuando se mantiene la insaturación.
20
25

Si se usan núcleos magnéticos separados para formar diferentes reactancias no lineales operadas de la forma que se acaba de describir, el funcionamiento de cada núcleo magnético viene expresado por el ciclo de histéresis sólido mostrado en la figura 26 en que el eje
30

374130

17F



de ordenadas representa la inducción magnética B o densidad de flujo y el eje de abscisas representa la intensidad H del campo magnético. Por la Figura 26 se ve que la reposición se realiza hasta la remanencia Br inherente al material magnético que interesa y que un cambio $\Delta \phi$ en el flujo magnético disponible es igual a una diferencia entre la densidad de flujo saturado Bs y la remanencia Br. Por consiguiente, el margen efectivo de reposición ha sido bastante restringido.

10 Además, la velocidad a la cual aumenta el flujo magnético en la reactancia no lineal es extremadamente alta en correspondencia con el tiempo de corte del tiristor y equivalente a una alta frecuencia. Por consiguiente, es deseable hacer buenas las características para las altas frecuencias al paso que se disminuye la fuerza magnetomotriz a causa del pequeño número de vueltas del arrollamiento asociado. Este carácter deseable, en general, ha dado como resultado un aumento en la remanencia Br y en la diferencia de densidad de flujo $\Delta \phi$ que, a su vez, va acompañado por una reactancia no lineal de gran tamaño.

25 Con el fin de eliminar esas desventajas, las reactancias no lineales puede hacerse efectivamente como estructura unitaria, según se muestra diagramáticamente en las Figuras 27 o 28. La Figura 27 muestra un núcleo magnético único, del tipo de envolvente, 13', que incluye un par de patas exteriores sobre las cuales está dispuesto de modo inductivo un par de arrollamiento l_a y l_b de reactancia no lineal. En esta disposición ilustrada, los circuitos magnéticos establecidos en el núcleo

374130

con las corrientes que circulan a través de las reactancias no lineales l_a y l_b durante diferentes períodos de tiempo son en parte mutuamente comunes.

Supongamos ahora que está circulando una corriente a través de la reactancia no lineal l_a para generar un flujo magnético Φ_a en el núcleo como se muestra con línea llena en la Figura 27 hasta que el núcleo alcanza la saturación magnética. En ese momento se hace que circule un flujo en shunt Φ_{a2} como se muestra en líneas de trazos en la Figura 27 hacia la reactancia no lineal l_b para reponerla. En este caso, el material del núcleo tiene un ciclo de histéresis tal como el que se muestra con línea llena en la Figura 29. Cuando la corriente que circula por la reactancia l_b pasa por el punto de corriente cero, se efectúa la reposición desde la saturación positiva B_s a la remanencia B_r y, además, desde la remanencia B_r hasta un punto x en la región negativamente insaturada en el proceso de circulación de la corriente de carga a través de la reactancia no lineal l_a (véase la Figura 29). Incluso si dicha corriente de carga disminuye antes de la sucesiva conmutación, la densidad de flujo magnético permanece en un punto y , lo que da como resultado el cambio efectivo del flujo, aumentando como se muestra en $\Delta\Phi$ en la Figura 29.

En la Figura 28, un par de núcleos magnéticos del tipo envolvente 14 y 15 yuxtapuestos entre sí sustituye al núcleo único 13 del tipo envolvente mostrado en la Figura 27. Las partes mayores de los arrollamientos de las reactancias no lineales l_a , l_b están arrolladas en torno de las patas exteriores de los núcleos

374130



yuxtapuestos mientras que el arrollamiento de cada núcleo está enrollado en parte en torno de la otra pata del otro núcleo. En la disposición ilustrada, la corriente de carga de gran magnitud circula a través de una de las reactancias y también a través de la parte de la misma de escaso número de vueltas y dispuesta sobre el otro núcleo para reponer así ese núcleo.

La disposición es ventajosa porque, como la reposición puede ser efectuada en las proximidades de la saturación negativa B_s , la remanencia negativa B_r puede utilizarse en la conmutación sucesiva. Por consiguiente, si se usa un material magnético con un ciclo de histéresis rectangular, B_r es aproximadamente igual a la saturación negativa B_s para permitir la utilización de, sustancialmente, todo el cambio en el flujo magnético.

Además, el arrollamiento de polarización de c.c. arriba estudiado puede usarse igualmente para expandir el margen dentro del cual puede cambiar el flujo magnético.

Aún cuando el invento ha sido ilustrado y descrito en relación con diversas realizaciones preferidas del mismo, ha de entenderse que pueden hacerse numerosos cambios y modificaciones sin apartarse del espíritu y alcance del invento. Por ejemplo, ha de hacerse notar que el invento no queda limitado al uso de las reactancias no lineales y que pueden usarse cualesquiera reactancias lineales adecuadas con resultados satisfactorios, salvo en el caso de que se aumenta algo la pérdida de corriente debida a la energía acumulada en la reactancia.

Además, el invento ha sido ilustrado y

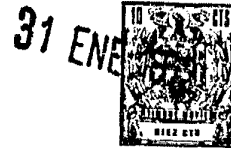
374130



descrito en términos de inversores de corriente continua a corriente alterna en que los terminales P y N del manantial sirven para suministrar un voltaje de c.c. y se desarrolla una salida de c.a. en el terminal de salida O o en los terminales de salida O_1 y O_2 . Sin embargo, ha de entenderse que el invento no queda limitado a tales inversores y que es igualmente aplicable a los denominados convertidores de c.c. u onduladores en que una carga está conectada entre el terminal de salida O y el terminal P o N del manantial o entre los terminales de salida O_1 y O_2 y en que al menos dos tiristores cambian de relación de conducción entre ellos para controlar la corriente c.c. suministrada a la carga. Con el fin de controlar la relación de conducción, los tiristores pueden ser puestos en y fuera de conducción, alternadamente, a una alta frecuencia y la relación de conducción se modula con una frecuencia suficientemente menor que la de conducción-no conducción. Esta medida es conocida y estos aparatos se denominan inversores de c.c. en c.a. de alta frecuencia con modulación por anchura de impulsos.

Esta solicitud que corresponde a la presentada en Japón, el 2 de Diciembre de 1.968, con el número 88144/68, 14 de Diciembre de 1.968 número 91814/68, 26 de Diciembre de 1.968 número 95751/68, 3 de Febrero de 1.969 números 8033/69 y 8034/69, 19 de Febrero de 1.969 número 12394/69 y 21 de Julio de 1.969 número 57571/69, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

374130



REIVINDICACIONES

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

5

1.- Un sistema de control de potencia para convertir corriente continua en corriente alterna o continua, - que comprende, en combinación, un par de terminales de ma-
nual de corriente continua, un par de terminales de
10 salida, al menos dos rectificadores controlados por semiconductor, conectados cada uno a uno de dichos terminales de corriente continua y a uno de dichos terminales de salida de corriente alterna, un circuito de conmutación que -
incluye dichos rectificadores controlados por semiconductor,
15 para conmutar alternativamente estos últimos en una secuencia predeterminada, al menos un condensador de conmutación conectado en dicho circuito de conmutación, una línea de corriente para suministrar una corriente de carga a través de dichos rectificadores controlados por semiconductor y un
20 reactor conectado en relación de circuito en serie a cada uno de dichos rectificadores controlados en la línea de corriente.

25

2.- Un sistema según la reivindicación 1, en el cual dicho reactor es un reactor no lineal.

3.- Un sistema según la reivindicación -



1, en el cual dicho circuito de conmutación incluye además un reactor de conmutación, y un diodo semiconductor está conectado en relación inversa de circuito en paralelo con cada uno de dichos rectificadores controlados por semiconductor.

4.- Un sistema según la reivindicación 1, en el cual dicho circuito de conmutación incluye además un transformador de conmutación, y un diodo semiconductor está conectado en relación inversa de circuito paralelo con cada uno de dichos rectificadores controlados por semiconductor.

5.- Un sistema según la reivindicación 1, en el cual dicho circuito de conmutación incluye además un transformador de conmutación, y un diodo semiconductor está conectado en relación inversa de circuito paralelo con cada uno de dichos rectificadores controlados por semiconductor, y en el cual dicho transformador de conmutación incluye un primer arrollamiento, al cual está aplicada una tensión para cargar dicho condensador de conmutación, poniendo en contacto uno de dichos rectificadores controlados por semiconductor y un segundo arrollamiento magnéticamente acoplado a dicho primer arrollamiento para responder a la aplicación de dicha tensión a dicho primer arrollamiento, para producir una tensión para polarizar inversamente el otro de dichos rectificadores controlados por semiconductor.

6.- Un sistema según la reivindicación 1, en el cual dicho reactor es un reactor no lineal y dicho circuito de conmutación incluye además un transformador de conmutación y en el cual está conectado un

374130



pectivamente, y el arrollamiento de dicho transformador de conmutación enrollado alrededor de todos los núcleos magnéticos citados.

5 10.- Un sistema según la reivindicación
1, en el cual dicho reactor es un reactor no lineal, y
en el cual está conectado un diodo semiconductor en relación inversa de circuito paralelo con cada uno de dichos rectificadores controlados por semiconductor, y en
10 relación de circuito de serie con una porción del arrollamiento de dicho reactor no lineal asociado con aquel
rectificador controlado por semiconductor.

11.- Un sistema según la reivindicación
1, en el cual dicho reactor es un reactor no lineal, y
en el cual al menos dos de dichos reactores no lineales,
15 conectados en serie uno a otro, tienen conectado a través de los mismos un diodo semiconductor y un diodo semiconductor de amortiguación, conectados en serie uno a otro.

12.- Un sistema según la reivindicación
20 1, en el cual dicho reactor es un reactor no lineal, y
en el cual dichos reactores no lineales incluyen arrollamientos secundarios respectivos, mutuamente conectados a través de una combinación en serie de un diodo semiconductor y una resistencia de amortiguación.

25 13.- Un sistema según la reivindicación
1, en el cual dicho circuito de conmutación incluye además un transformador de conmutación provisto de un arrollamiento separado, conectado a través de dichos terminales del manantial por medio de un diodo semiconductor.

30 14.- Un sistema según la reivindicación

374130

31



5. 1, en el cual dicho reactor es un reactor no lineal que incluye un núcleo magnético del tipo de tres brazos y arrollamientos de reactor inductivamente dispuestos en ambos brazos exteriores de dicho núcleo magnético, respectivamente.

10 15.- Un sistema según la reivindicación 1, en el cual dicho reactor es un reactor no lineal y en el cual cada uno de dichos reactores no lineales incluye un arrollamiento inductivamente dispuesto en un núcleo diferente de los núcleos magnéticos separados y otro arrollamiento, a través del cual fluye una corriente de carga que pasa a través del otro reactor no lineal para reponer los flujos magnéticos en dichos reactores no lineales.

15 16.- Un sistema de control de potencia para convertir corriente continua en corriente alterna o continua.

20 Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y con los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de cuarenta y seis hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 31 ENE. 1972

P.A.

374130

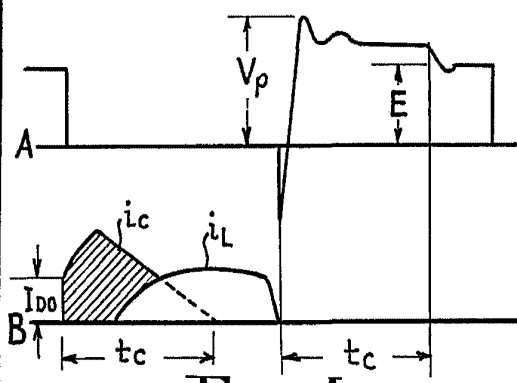


Fig: 1

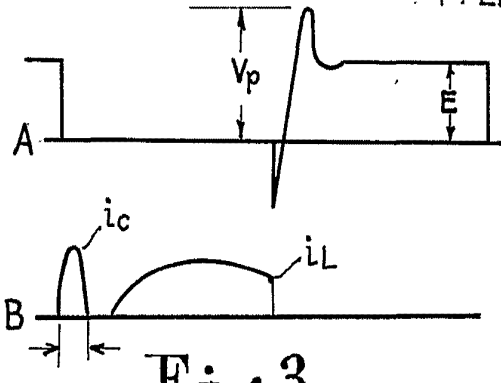


Fig: 3

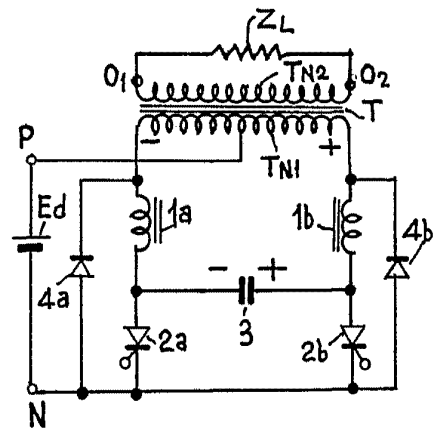


Fig: 2

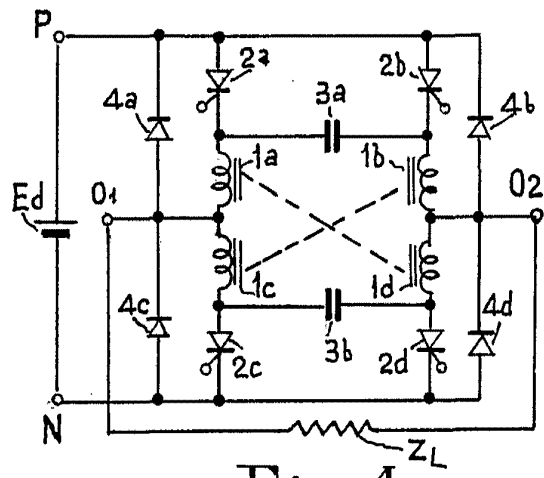


Fig: 4

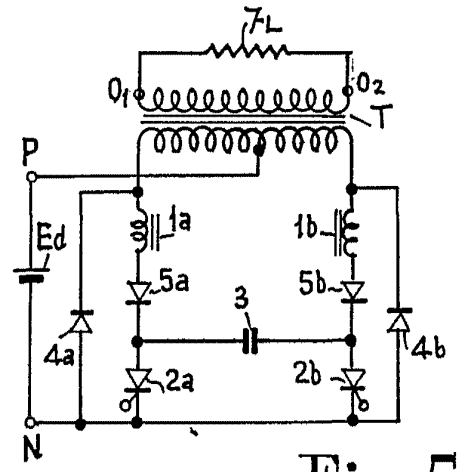


Fig: 5

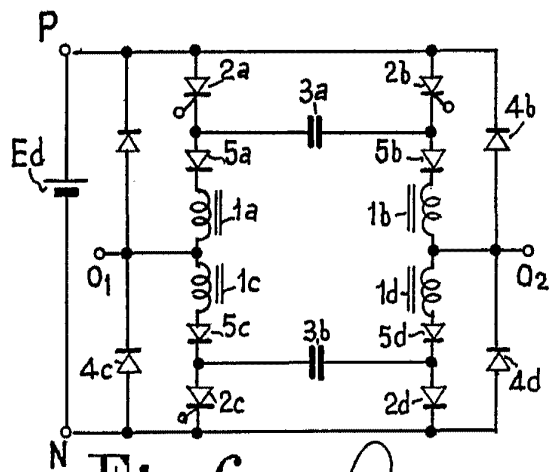


Fig: 6

Alberio Por Poder

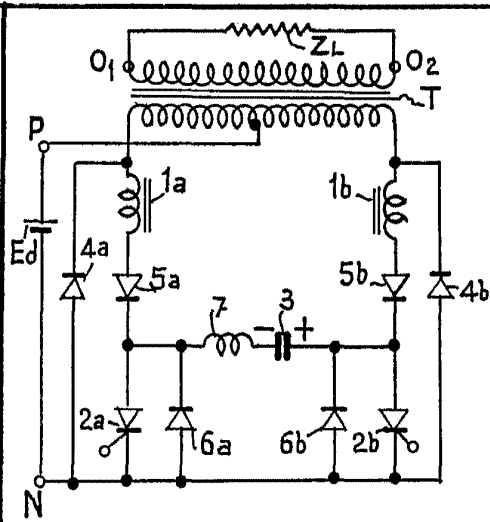


Fig: 7

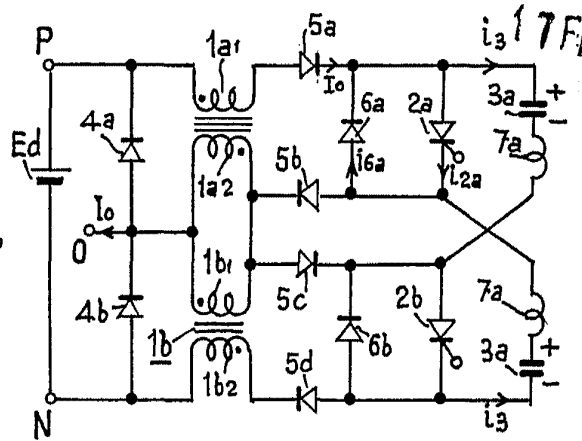


Fig: 8

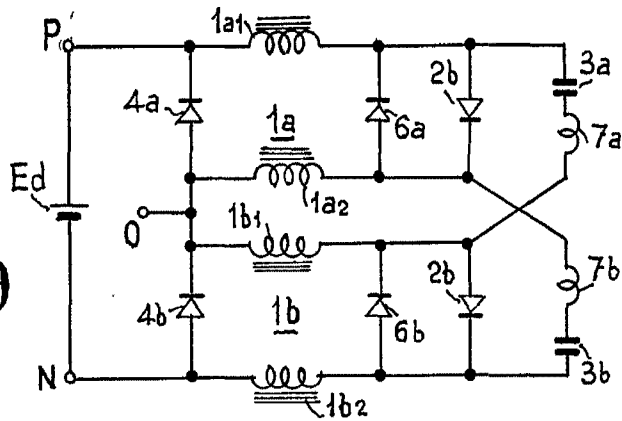


Fig: 9

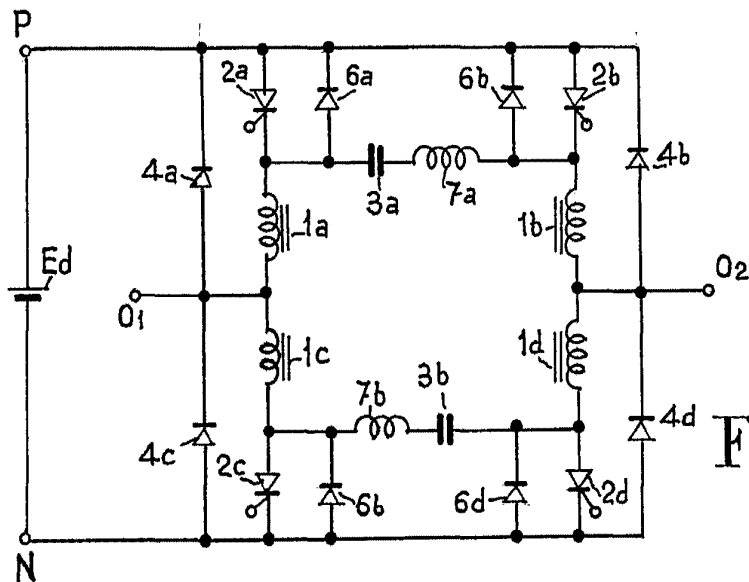


Fig: 10

Handwritten signature

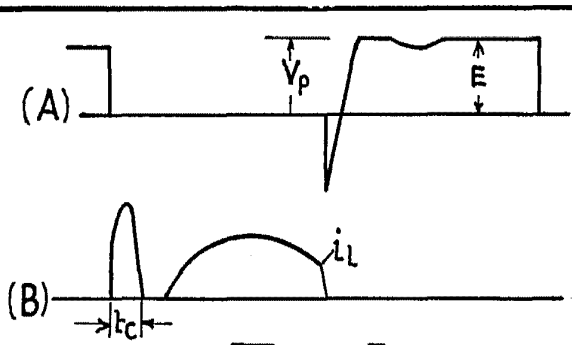


Fig: 16

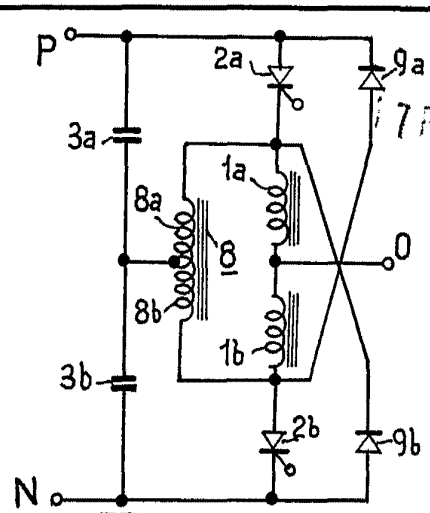


Fig: 17

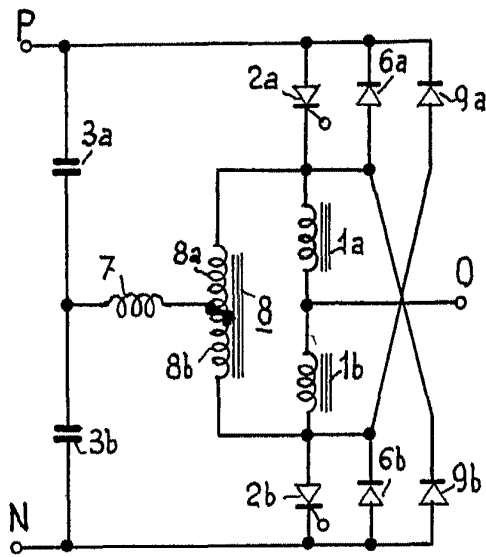


Fig: 18

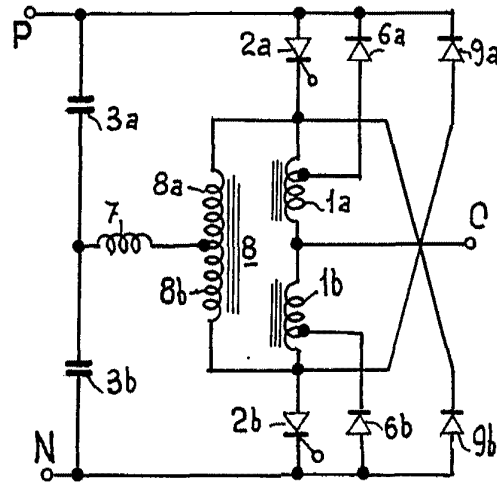


Fig: 19

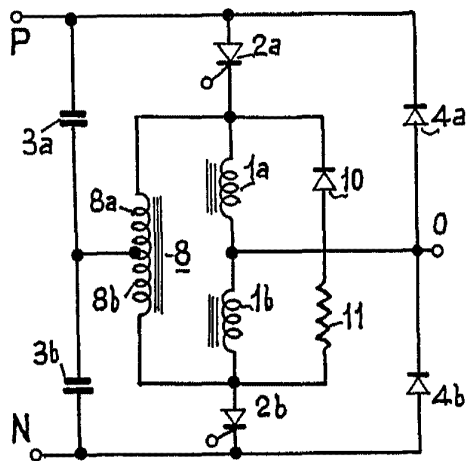


Fig: 20

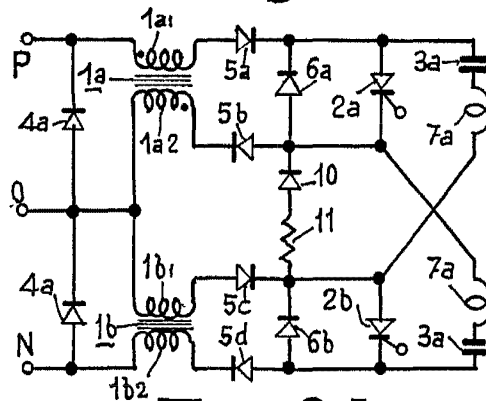


Fig: 21

Approved For Filing

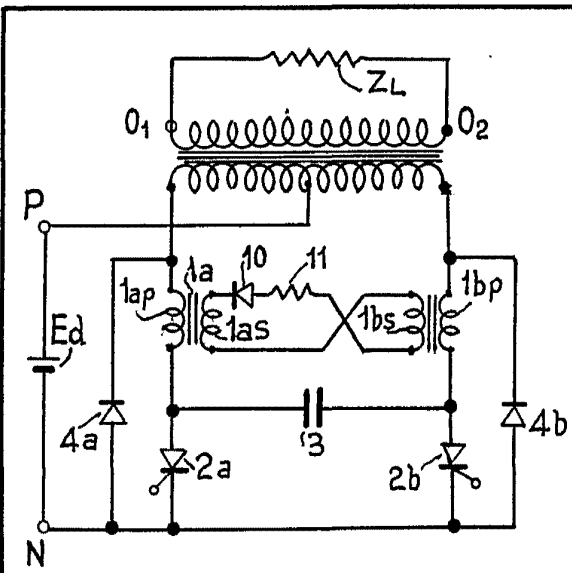


Fig: 22

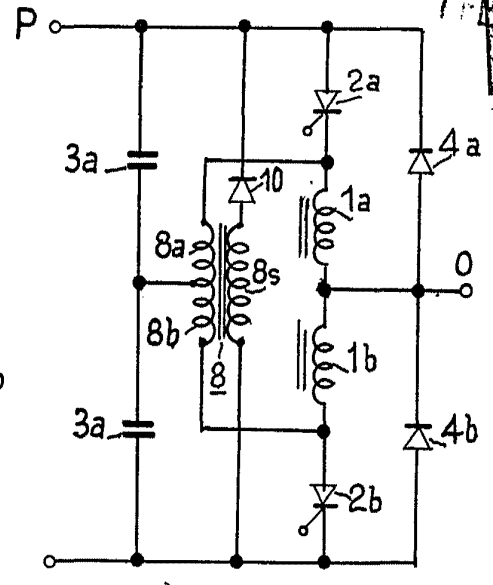


Fig: 23

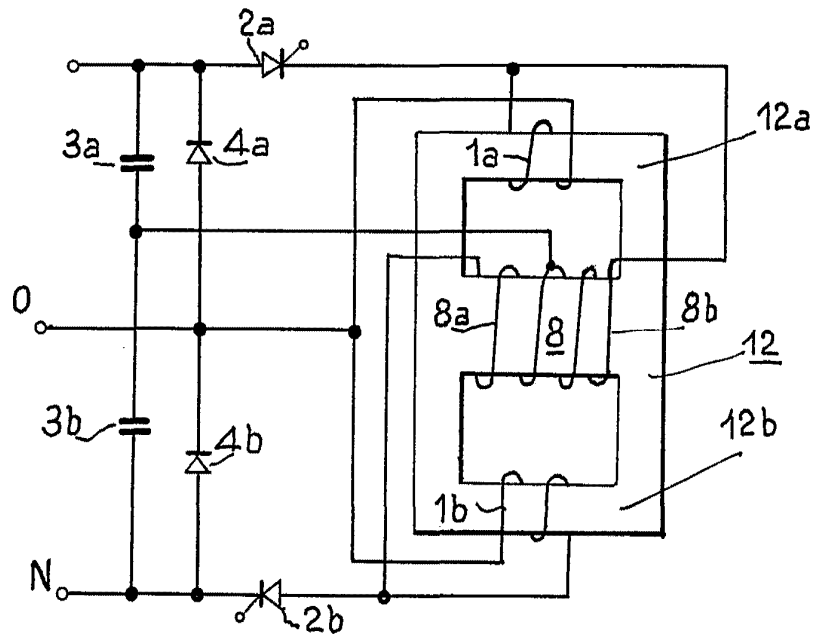


Fig: 24

Handwritten signature or initials.

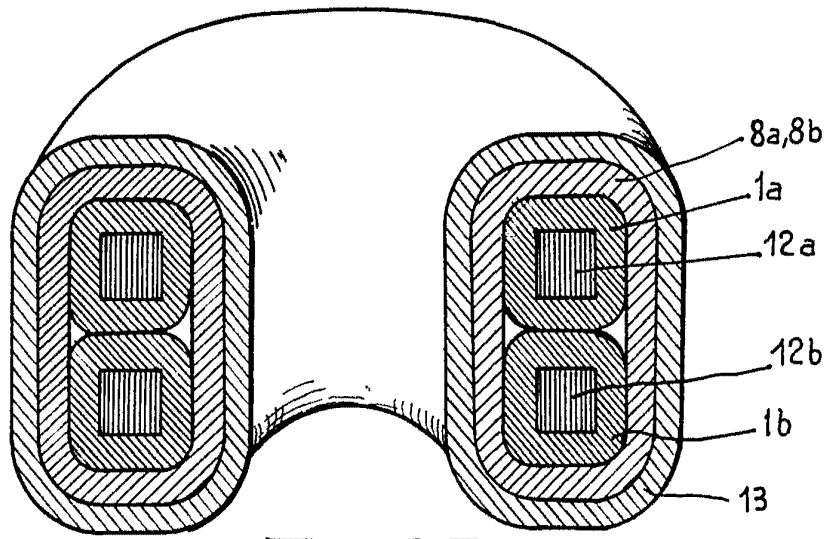


Fig: 25

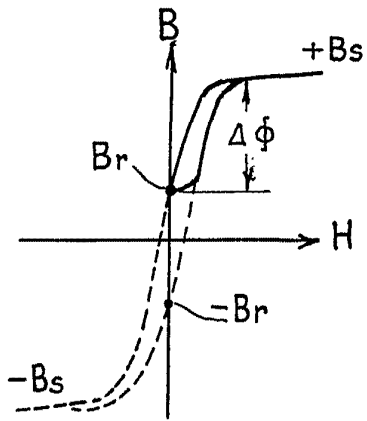


Fig: 26

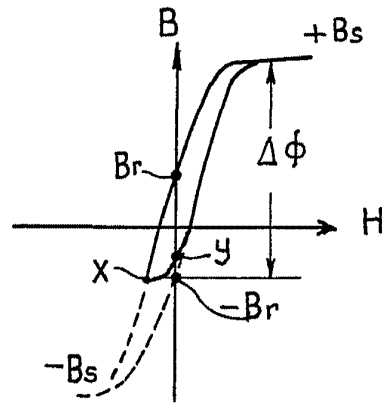


Fig: 29

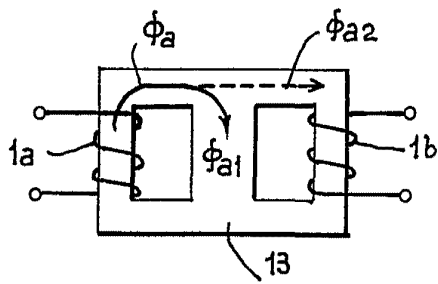


Fig: 27

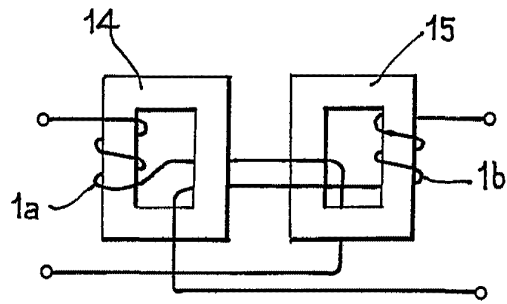


Fig: 28

For Patent
[Handwritten signature]