

418311

P.- 55.396 27 DE



POS 31724 HITACHI

Memoria descriptiva

Int. Cl.²: H02P

para solicitar PATENTE DE INVENCION

por 20 años

a nombre de HITACHI, LTD.

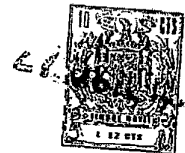
entidad / ~~de nacionalidad~~ japonesa

con domicilio en 5-1, 1-chome, Marunouchi, Chiyoda-ku,
Tokyo, Japón

por: "UN DISPOSITIVO REGULADOR DE FRENADO REGENERATIVO PARA
USO CON UN MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA"
(Clase Internacional H02p)

18.10.73.

- 1 -



La presente invención se refiere a un dispositivo para regular el frenado regenerativo de un motor de corriente continua, y en particular a un dispositivo de este género usado con un motor serie de corriente continua controlado por tiristores.

Por lo general se emplea un motor de corriente continua de arrollamiento serie para mover un vehículo eléctrico ferroviario, desde el punto de vista de las características de par motor. El control del par y de la velocidad se viene efectuando por medio de resistencias y contactores para intercalar las resistencias en el circuito del motor.

Ahora bien, esta regulación por medio de las resistencias no puede efectuar un control continuo, y tiene la desventaja de una gran pérdida de potencia en las resistencias.

Para superar estas desventajas se ha propuesto recientemente, y se halla ahora en uso en la práctica, un dispositivo para regular o controlar el motor de corriente continua por medio de un ondulator o interruptor pulsatorio a base de tiristores.

El dispositivo para controlar el motor de corriente continua por medio de un ondulator de tiristores es capaz de efectuar una regulación continua en todo el intervalo de variación del control, y de ese modo hace



más cómodo el transporte para los pasajeros, con la ventaja adicional de una pérdida de energía reducida.

5 En un sistema de ferrocarriles en el que los vehículos estén movidos por motores controlados por tiristores, es práctica común la de equipar los vehículos con un sistema de frenado regenerativo. Con arreglo al frenado regenerativo, se recupera energía eléctrica del vehículo en marcha durante la operación de frenado, como se explica con detalle más adelante.

10 Ahora bien, la adopción del sistema de frenado regenerativo trae consigo problemas a resolver, que también se explican más adelante.

15 Es objeto principal de esta invención el de superar tales problemas y realizar un regulador de frenado regenerativo para un motor de corriente continua, capaz de efectuar un frenado regenerativo suave.

20 Otro objeto de la presente invención reside en un regulador de frenado regenerativo para un motor eléctrico de corriente continua, que permite realizar el transformador de mando de pequeño tamaño.

25 La presente invención se caracteriza principalmente por el hecho de que un regulador regenerativo para uso con un motor de corriente continua controlado por el ondulator, de tiristores comprende un circuito conectado en serie, que incluye un inducido del motor de corriente

27-08



continua, un arrollamiento de campo del mismo y una reacc-
tancia alisadora, un ondulator conectado en paralelo con
dicho circuito serie, un diodo conectado entre dicho cir-
cuito paralelo y una alimentación de energía, y un regu-
5 lador de mando para aplicar a dicho ondulator una señal
de mando en sucesión, solamente durante el intervalo de
tiempo en que dicho ondulator vaya a hacerse conductor.

Otros rasgos característicos se irán despren-
diendo de la descripción detallada que sigue, tomada con
10 referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

- la figura 1 es un esquema de circuitos prin-
cipales para efectuar el frenado regenerativo de un motor
de corriente continua, al cual es aplicable la presente
invención;

15 - la figura 2 es un esquema de circuitos que
ilustra una determinada disposición de un ondulator de
tiristores;

- la figura 3 es un esquema de bloques funda-
mental para el control del frenado regenerativo;

20 - la figura 4 es una vista que representa unos
perfiles de onda operativos del ondulator;

- la figura 5 es una vista que ilustra una de-
terminada disposición de un regulador de mando de la téc-
nica ya conocida;

25 - la figura 6 es una vista que ilustra unos



perfiles de onda operativos del mismo;

- la figura 7 es una vista que ilustra una disposición particular del ondulator de tiristores;

5 - la figura 8 es una vista que ilustra unos perfiles de onda operativos del ondulator representado en la figura 7;

- la figura 9 es un esquema de circuitos principales para el frenado regenerativo, en el que se emplean dos ondulatorios;

10 - la figura 10 es una vista que representa unos perfiles de onda operativos del mismo;

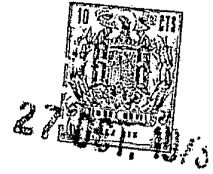
- la figura 11 es una vista que ilustra una disposición fundamental de un regulador de mando conforme a la presente invención;

15 - la figura 12 es un esquema de circuitos que ilustra una determinada disposición de oscilador;

- la figura 13 es una vista que ilustra una particular disposición de las partes esenciales del regulador de cebado;

20 - las figuras 14 a 16 inclusive son unas vistas que representan perfiles de onda operativos del mismo;

25 - la figura 17 es una vista que ilustra otra forma particular de realización de las partes esenciales del regulador de cebado;



- la figura 18 es un diagrama ilustrativo de la característica de magnetización del núcleo de un transformador utilizado en el presente invento;

5 - las figuras 19 y 20 son unas vistas que ilustran unos perfiles de onda operativos del mismo; y

- las figuras 21 y 22 son unas vistas que ilustran unos perfiles de onda operativos del ondulator controlado conforme a la presente invención.

10 En la figura 1 se ilustra una de las formas de un circuito que se viene utilizando en la práctica para efectuar el frenado regenerativo de un vehículo o automotor eléctrico para ferrocarriles.

15 En dicha figura 1 se representan un conductor L de toma de corriente, un pantógrafo P y un disyuntor K que, al cerrarse, alimenta cargas con la tensión de línea o de catenaria. Es de notar que no se representa ningún disyuntor de gran velocidad que funcione como protección al producirse fallos en la conmutación de un ondulator CH. Una reactancia L_F y un condensador C_F constituyen un
20 filtro para reducir la fluctuación de la tensión o de la corriente de línea, proveniente dicha fluctuación del mando o control de conexión-desconexión del ondulator CH. El símbolo MSL designa una reactancia alisadora para reducir aún má la fluctuación de la tensión o la corriente del mo
25 tor, debida al control de conexión-desconexión del ondula



5 dor CH; M es un inducido del motor; F es un arrollamiento de campo bobinado en serie; E es la masa o tierra; D_s es un diodo para impedir que se invierta el sentido de paso de corriente, yendo del conductor de toma L a la masa cuando se ponga en conducción el ondulator CH; y EX es una excitatriz auxiliar.

10 La figura 2 ilustra una disposición particular de circuitos del ondulator CH, que comprende un tiristor principal MTh, un tiristor de conmutación ATh, una reactancia de conmutación L_o y un condensador de conmutación C_o . El tiristor principal MTh y el tiristor de conmutación ATh son de un tipo inverso de conducción en cuanto a la cooperación de los diodos contenidos en ellos, y tienen unos terminales de mando G_M y G_A .

15 La aplicación de una señal de cebado al terminal de mando G_M del tiristor principal da origen a que se ponga en conducción el tiristor principal MTh del ondulator CH. Al terminal de mando G_A del tiristor de conmutación ATh se le aplica una señal de cebado, en un estado en el cual el tiristor principal se pone en conducción, para hacer que conduzca el tiristor de conmutación ATh. La puesta en conducción del tiristor de conmutación ATh hace que circule corriente de conmutación por el circuito cerrado $C_o - L_o - ATh - MTh - C_o$, con lo
20 cual se produce su corriente inversa para poner fuera de
25



conducción el tiristor principal MTh así como el tiristor de conmutación Ath: es decir, el ondulator CH. Sea T_1 un período de conducción del ondulator CH, y T el período de un ciclo de operación de control; el factor de trabajo α del ondulator se expresa entonces en la forma T_1/T .

El frenado regenerativo viene efectuado por el circuito de la figura 1 de tal manera que el nivel de intensidad de corriente I_p programado se compara con la corriente real y efectiva del motor I_M , como se indica en el esquema funcional o por bloques de control de la figura 3, y la señal de error derivada del mismo se aplica, por medio de un amplificador AMP, a una entrada de control de un cambiador de fase o desfasador APPS, a fin de obtener de éste una señal de salida para controlar el factor de trabajo α del ondulator CH.

El frenado regenerativo se describirá a continuación con mayor detalle, en relación con los perfiles de onda de funcionamiento del ondulator CH representados en la figura 4.

En un instante t_1 , la señal de mando se aplica al terminal de mando G_M del tiristor principal MTh para poner en conducción el ondulator CH, cortocircuitándose con ello un circuito serie que incluye el inducido M del motor eléctrico, el arrollamiento de campo F y la reactancia alisadora MSL.



Así, se establece un circuito cerrado por
M - F - MSL - CH - M. Esto hace que la corriente del mo
tor aumente gradualmente, almacenándose energía en la
reactancia alisadora MSL según la constante de tiempo
5 del circuito cerrado y las características del motor.

En un instante t_2 , se aplica la señal de man-
do al terminal de mando G_A del tiristor de conmutación
A_{Th}, para poner en conducción este último. La puesta en
conducción del tiristor de conmutación A_{Th} permite que
10 circule la corriente de conmutación como antes se ha di-
cho, haciendo que el ondulator CH deje de conducir en un
instante t_3 .

Al dejar de conducir el ondulator CH, la corrien
te del motor circula por un circuito cerrado M - F - MSL -
15 - D_S - L_p - K - P - L - E - M, estando la energía consti-
tuida principalmente por la energía liberada de la reac-
tancia alisadora MSL. En otros términos, al dejar de con
ducir el ondulator CH, la energía circula en forma de co
rriente regenerativa yendo desde el motor al conductor L
20 de toma de corriente, o del "trole". Así, durante el cese
de conducción del ondulator CH, se efectúa la regeneración
de energía mientras la corriente del motor se va reducien
do gradualmente, a un régimen que depende de la constante
de tiempo del circuito, la fuerza electromotriz del motor
25 y la tensión eléctrica o voltaje de la catenaria.

27 oct. 1973



A continuación, la puesta en conducción y el cese de conducción del ondulator CH y, por consiguiente, el control del factor de trabajo, se efectúan de manera repetitiva, lográndose el control de frenado regenerativo.

5

Es usual en la práctica que, al efectuar el control de frenado regenerativo del motor de corriente continua de la manera arriba mencionada, las señales de mando se apliquen habitualmente a los tiristores que constituyen el ondulator CH a través de un transformador de mando. La razón para ello es la de aislar eléctricamente el circuito de control de mando, destinado a su uso en un circuito de baja tensión, porque el ondulator CH está en un circuito de alta tensión.

10

15

La capacidad de potencia del transformador de mando viene determinada por el producto de la tensión por el tiempo. Más concretamente, está determinada por el valor de cresta de la tensión de la señal de mando, y su duración. Por esta razón suele hacerse que el impulso de mando sea más bien breve o estrecho, justo lo suficiente para activar el tiristor como se indica en la figura 4, a fin de permitir el uso de transformadores de mando pequeños.

20

25

La figura 5 ilustra una de las formas de realización de un regulador de mando que viene utilizándose de

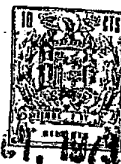


manera habitual. En lo que sigue se describirá el transformador de mando para el tiristor principal MTh.

5 En la figura 5 se representan un transformador de mando GT, un devanado de entrada N_1 al cual va conectado en serie un transistor de conmutación Tr, un devanado de salida N_2 del cual se lleva una tensión V_{GM} de señal de cebado, a través de un diodo D, a los terminales de cebado del tiristor principal MTh, un devanado de reposición N_3 al cual va conectada una resistencia R, y
10 una línea E_0 de alimentación de corriente continua. Es de notar que los pequeños puntos representados junto a los devanados indican los puntos de principio de arrollamiento de dichos devanados.

El transformador de mando GT indicado en la figura 5 se describe con detalle en la Memoria de la patente japonesa número 665896. El funcionamiento del transformador se describirá brevemente en lo que sigue en relación con la figura 6.

Una salida V_A del desfasador APPS se convierte, por medio de un multivibrador monoestable, en un impulso que tiene una duración T_G y una tensión V_B prefijadas. La tensión de salida V_B del multivibrador monoestable se aplica a la base del transistor Tr, para poner en conducción a este último. La puesta en conducción del transistor Tr
20 hace que una tensión E_0 aplicada al devanado de entrada
25



N_1 induzca una tensión en el devanado de salida N_2 . La tensión V_{GM} procedente del devando de salida N_2 sirve como señal de mando, que se aplica al terminal de mando G_M del tiristor principal MTh. La duración de impulso de la señal V_{GM} es igual a la de la señal de salida V_B procedente del multivibrador monoestable. Es de notar que el devanado de reposición N_3 sirve para reponer o fijar el flujo magnético a un valor de polarización predeterminado cuando el transistor deja de conducir, viniendo la magnitud de la polarización ajustada por la resistencia R.

Ahora bien, en la etapa inicial del comienzo del frenado regenerativo se ha tropezado con un problema, que se describirá con detalle en lo que sigue.

Durante el frenado regenerativo, el motor actúa como un generador de arrollamiento serie. La tensión eléctrica generada E_M procedente del motor descansa o se basa solamente en el flujo magnético residual y, por tanto, es muy pequeña cuando el circuito de frenado se construye por conversión del circuito de potencia de marcha. Para hacer frente a este problema, el devanado de campo F se excita por medio de la excitatriz auxiliar EX. La excitación auxiliar se efectúa de manera que cuatro motores conectados en serie, por ejemplo, generan una tensión aproximada de 100 voltios a una velocidad del vehí

culo de 100 kilómetros por hora. Por otra parte, la induc
 tancia L de la reactancia alisadora MSI para rectificar o
 aplanar la corriente del motor tiene un valor de 10 a 15
 milihenrios, a la tensión eléctrica de catenaria V_S de
 5 1500 voltios, a fin de impedir que el tiristor principal
 MTh o el motor sufran daños resultantes de la excesiva
 intensidad de corriente debido al fallo de conmutación
 del ondulator CH.

Suponiendo, por ejemplo, que la velocidad del
 10 vehículo sea de 30 kilómetros por hora al principio del
 frenado regenerativo, la tensión E_M engendrada en el mo
 tor con la excitación auxiliar asciende a 30 voltios.

Así, el régimen ascendente di/dt de la corrien
 te del ondulator cuando el ondulator CH entra en conduc
 15 ción viene dado por:

$$di/dt \approx \frac{E_M}{L} = \frac{30 \text{ [volts]}}{10 \dots 15 \text{ [mH]}} = 3 \dots 2 \text{ [A/ms]}$$

20 La duración de impulso de la señal de mando apli
 cada al tiristor principal MTh viene fijada en unos 500 mi
 crosegundos por el transformador de mando GT indicado en
 la figura 5. La intensidad de corriente I_{CH} del ondulator
 asciende a

25. $(di/dt)_{T_G} = 2 \text{ a } 3 \text{ [A/ms]} \cdot 0,5 \text{ [ms]} = 1 \text{ a } 1,5 \text{ [A]}$



antes de que desaparezca la tensión de cebado. Esta corriente circula por el tiristor principal MTh.

5 Es común en la práctica que el ondulator CH tenga dos tiristores principales MTh conectados en paralelo, como se indica en la figura 7, debido a su capacidad de corriente. Además, se conecta en serie una pluralidad de tiristores principales en cada rama, desde el punto de vista de la tensión de ruptura. La figura 7 ilustra el tiristor principal MTh compuesto de ocho elementos de
10 tiristor combinados en paralelo y en serie. Por conveniencia de la explicación, a cada elemento de tiristor se le da un número de sufijo, de 1 a 8. Así, los dos circuitos conectados en paralelo se alimentan con la corriente de 0,5 a 0,75 amperios por cada rama de circuito.
15 to.

Por otra parte, el elemento de, por ejemplo, 1000 voltios y 300 amperios requiere una corriente de retención o enganche (intensidad de corriente necesaria para mantener el tiristor en conducción una vez que haya desaparecido la tensión de mando) de 0,5 a 1 amperio. Por
20 consiguiente, una diferencia que haya entre las características de corriente de los elementos de tiristor que componen el tiristor principal MTh tiende a producir como consecuencia la ruptura del elemento de tiristor.

25 La figura 8 ilustra unos perfiles de onda en



21

los cuales existe una diferencia de corriente de retención o enganche entre los dos circuitos, conectados en paralelo, del tiristor principal MTh . En tal estado o condición, los elementos de tiristor MTh_1 a MTh_4 no reciben corriente de alimentación alguna al desaparecer la tensión de mando, en tanto que los elementos de tiristor MTh_5 a MTh_8 continúan siendo alimentados con corriente, debido a su menor intensidad de corriente de retención. Esto hace que se concentre la corriente en el circuito serie que incluye los elementos de tiristor MTh_5 a MTh_8 , dando así por resultado que la corriente sea excesiva.

Además, como se ilustra en la figura 9, se prevén dos juegos de onduladores CH_1 y CH_2 para controlar el motor de corriente continua del vehículo automotor eléctrico, con una diferencia de fase de 180° entre el funcionamiento de los onduladores CH_1 y CH_2 , a fin de hacer de pequeña capacidad la reactancia alisadora MSL y el filtro que incluye la reactancia L_p y el condensador C_p para reducir la fluctuación. Esta disposición hace que la frecuencia de pulsación de la corriente de línea y de la corriente del motor sea doble que la de la disposición en la que se prevé un solo ondulador, permitiéndose con ello que la capacidad del filtro o de la reactancia alisadora sea pequeña.

En la figura 10 se ilustra el caso en que los



tiristores principales MTh de los onduladores CH_1 y CH_2 de la figura 7 tienen diferente intensidad de corriente de retención o enganche. El ondulador CH_1 tiene la corriente de ondulador I_{CH_1} reducida a cero al desaparecer la tensión de cebado V_{GM_1} , en tanto que en el ondulator CH_2 continúa circulando la corriente de ondulador I_{CH_2} hasta que el ondulador CH_2 deja de conducir, aún después de la desaparición de la tensión de cebado V_{GM_2} . Por consiguiente, la corriente se concentra en el ondulator CH_2 , con el resultado de que el tiristor principal MTh del ondulator CH_2 falla por ruptura o avería.

A fin de prevenir el fallo de dicho tiristor principal, se propone un sistema con el cual se detecta el desequilibrio de la corriente existente entre las dos ramas de circuito o los dos onduladores, y se interrumpe el paso de corriente por los onduladores. Ahora bien, esto da lugar a que se detenga la función ondulatora o de interrupción periódica y, por tanto, el control del frenado regenerativo.

Como alternativa, puede proponerse un sistema en el que todos los elementos de tiristor que componen los tiristores principales tengan idénticas características de corriente de retención o enganche. Ahora bien, esto tiene la desventaja de acarrear un mayor coste de producción, a causa del elevado precio de tales tiristo

27 

res.

Además puede proponerse otro sistema en el que la tensión engendrada en el motor con la excitación auxiliar se aumente para reforzar la intensidad de corriente que pasa por el tiristor principal. Ahora bien, la corriente que circula por los tiristores o los onduladores no siempre se divide por igual, a causa de la falta de uniformidad de las resistencias y las inductancias. Asimismo, se necesita una excitatriz auxiliar de gran capacidad para efectuar el frenado regenerativo sin brusquedad incluso con una velocidad reducida en el motor. Ahora bien, existe un límite en la fabricación de una excitatriz tan grande, en relación con la capacidad de las instalaciones de alimentación de energía del vehículo.

Para superar los problemas indicados, conforme a la presente invención, la señal de cebado se aplica continuamente al tiristor principal del ondulator, durante un intervalo de tiempo en que el tiristor principal se vaya a hacer conductor.

En la figura 11 se ilustra una disposición de regulador de mando para aplicar señales continuas de mando al tiristor principal.

En la figura 11 se ve un oscilador OSC excitado por una salida del desfasador APPS, que fija el factor de trabajo del ondulator CH. Los impulsos de salida

27 OCT 1973



del oscilador aparecen alternativamente en dos terminales de salida del mismo. El impulso se aplica alternativamente a los transformadores de mando GT_1 y GT_2 , cuyas tensiones de salida se suman en el circuito de salida, dando un impulso de mando que continúa durante el período o intervalo de tiempo (por ejemplo, T_1) en que se vaya a poner en conducción el ondulator.

Para el oscilador puede usarse un multivibrador estable de tipo ya conocido, como se ilustra en la figura 12, que incluye unos transistores Tr , condensadores C , resistencias R y diodos D .

Con esta disposición, el oscilador no da oscilación alguna para la salida cero del desfasador APPS, porque los dos transistores tienen su base conectada a la masa. La salida del desfasador se aplica a las bases de los dos transistores Tr , con lo cual estos últimos conducen y dejan de conducir alternativamente. Así, en los colectores de los dos transistores Tr se generan unas señales de impulsos con una diferencia de fase de 180° , como se indica en la figura 11. La frecuencia de oscilación del oscilador se fija, por ejemplo, en 5 kHz.

El regulador de mando se describirá con mayor detalle en relación con la figura 13. En la figura 13 se designan con los mismos números de referencia que en la figura 12 los elementos que se corresponden con los de



5 ésta. Los transformadores de mando GT_1 y GT_2 , los devanados primarios (devanados de entrada) N_{11} y N_{21} y los transistores Tr_1 y Tr_2 que sirven de transistores de conmutación, constituyen unos circuitos serie, respectivamente, que van conectados a la alimentación E_0 de corriente continua. Los devanados secundarios (devanados de salida) N_{12} y N_{22} producen unas tensiones de salida que se suman a través de los diodos D_1 y D_2 . Hay unos devanados terciarios (devanados de reposición) N_{13} y
10 N_{23} conectados en serie con las resistencias R_1 y R_2 y conectados además a una alimentación de corriente continua V .

Con esta disposición, suponiendo que las relaciones de arrollamiento de los devanados primarios N_{11} y
15 N_{21} respecto a los devanados terciarios N_{13} y N_{23} se elijan de manera que $N_{11} = N_{21} = N_{13} = N_{23}$, y no tomando en consideración el tiempo de retardo del cese de conducción de los transistores Tr_1 , Tr_2 , las corrientes de base I_{B1} e I_{B2} de los transistores Tr_1 y Tr_2 tienen la
20 misma duración que las corrientes de colector I_{C1} e I_{C2} . Las tensiones V_{11} y V_{21} de los devanados primarios N_{11} y N_{21} de los transformadores de mando tienen el mismo nivel y la misma anchura de impulsos en ambos estados, tanto el activo como el de reposición, de manera que el producto de la tensión por el tiempo, es decir, los flujos mag
25



néticos de activación y reposición, son $E_0 t$ y $\phi_B = \phi_R$.

En lo que antecede se ha descrito en breves términos el regulador de mando, pero más adelante se describirá con mayor detalle por medio de otra forma de realización.

Como se apreciará, con una disposición sencilla y poco costosa se genera un impulso de cebado que continúa durante el período o intervalo de tiempo en que el ondulator va a estar en conducción.

En la descripción relativa a la figura 13, se ha hecho caso omiso del tiempo de retardo del cese de conducción de los transistores Tr_1 y Tr_2 , pero éste debe tenerse en cuenta si se quieren efectuar controles excelentes. En lo que sigue se describirá la influencia de este tiempo de retardo.

El tiempo de retardo del transistor Tr_1 (o Tr_2) hace que el período de trabajo o de acción de la corriente de base I_{B_1} (o I_{B_2}) se desvíe respecto del de la corriente de colector I_{C_1} (o I_{C_2}), dando así por resultado que se alargue la duración del impulso en la corriente de colector. Por lo tanto, y también en relación con la tensión V_{11} (o V_{21}) en el devanado primario del transformador de mando, el período de establecimiento o activación del flujo magnético en el núcleo de hierro se hace más largo que el período de reposición del mismo, con el

27 03



resultado de que el flujo magnético de activación $\phi_S (E_0 t')$ es mayor que el flujo magnético de reposición $\phi_R (E_0 t'')$.

5 Con referencia a las características de histéresis del núcleo de hierro (figura 16), el flujo magnético que parte del punto 0 y se activa por el trayecto 1 no puede ser devuelto al punto 0 en la reposición, porque ϕ_S es mayor que ϕ_R , terminándose así en un punto 2. En este caso, la magnitud que hay que equilibrar o compensar para la reposición es $\Delta t E_0$. A continuación, se efectúa la activación pasando por la línea 3, pero el flujo magnético nunca retorna al punto 2, sino que termina en un punto 4, con el resultado de que la magnitud a compensar es $2 \Delta t E_0$. La operación así repetida da por resultado que no se genere la salida requerida, por saturarse el
10 flujo magnético en el núcleo de hierro.
15

En este caso, como se apreciará, para prevenir la saturación del flujo magnético, se aumenta la tensión desarrollada en el devanado terciario N_{13} (o N_{23}) a fin de compensar o equilibrar los flujos magnéticos de activación y reposición.
20

La figura 17 ilustra otra forma de realización del regulador de mando, en la que se toma en consideración el tiempo de retardo de cese de conducción del transistor. En la figura 17 se designan con los mismos símbolos de referencia que en la figura 13 los elementos que se corres-
25



ponden con los de ésta. La disposición de la figura 17 difiere de la disposición de la figura 13 en que en aquella los devanados de reposición N_{13} , N_{23} de los transformadores de mando GT_1 , GT_2 están conectados en serie.

5 Con tal disposición, los impulsos procedentes del oscilador OSC arriba citado se aplican a las bases de los transistores Tr_1 y Tr_2 . La puesta en conducción del transistor Tr_1 hace que se aplique la tensión de línea E_0 al devanado primario N_{11} del transformador de mando GT_1 , induciéndose una tensión en el devanado secundario N_{12} del mismo. Asimismo, la puesta en conducción del transistor Tr_2 hace que se aplique la tensión de línea E_0 al devanado primario N_{21} del transformador de cebado GT_2 , induciéndose la tensión en el devanado secundario N_{22} del mismo.

15 Si el flujo magnético en el núcleo de hierro del transformador de mando se halla en un punto 1 (figura 18) antes de la aplicación del voltaje a los devanados primarios N_{11} y N_{21} de los transformadores de mando GT_1 y GT_2 , el flujo magnético pasa luego a un punto 4 siguiendo los trayectos 2, 3. El cese de conducción del transistor Tr_1 o Tr_2 hace que el flujo magnético llegue a un punto 5. A continuación, el flujo magnético en el núcleo de hierro debe retornar al punto 1 antes de que se haga conductivo el transistor Tr_1 o Tr_2 . La razón para ello está en que
20
25 si el flujo magnético permanece en el punto 5, se produce

27 OCT 1973

la saturación inmediatamente de aplicarse la tensión al devanado primario N_{11} (o N_{21}) del transistor de mando Tr_1 (o Tr_2), y no se inducirá tensión alguna en el devanado secundario N_{12} (o N_{22}) del mismo. El flujo magnético en el núcleo de hierro puede restablecerse en el punto 1 aplicando para ello la tensión a los devanados terciarios N_{13} , N_{23} de los transformadores de mando GT_1 , GT_2 para producir una fuerza magnetomotriz mayor que la fuerza coercitiva AT_c .

Suponiendo que las relaciones de espiras de los arrollamientos primarios N_{11} y N_{21} de los transformadores de mando GT_1 y GT_2 respecto a los arrollamientos terciarios N_{13} y N_{23} de los mismos sean iguales, los perfiles de onda operativos son como se indica en la figura 19.

La conducción del transistor Tr_1 por efecto de la corriente de base I_{B1} hace que la tensión de línea E_0 aparezca como tensión V_{11} en el devanado primario del transformador de mando GT_1 . La conducción del transistor Tr_2 por efecto de la corriente de base I_{B2} hace que el devanado primario del transformador de mando GT_2 se alimente con la tensión de línea E_0 . En este momento, en el devanado terciario N_{23} del transformador de mando GT_2 se induce una tensión en sentido opuesto al de la tensión del devanado primario N_{21} , dependiendo la magnitud de es-

27
27. 1973

ta tensión de la relación de espiras del arrollamiento primario N_{21} respecto al arrollamiento terciario N_{23} . El número de espiras del devanado primario N_{21} es igual al del devanado terciario N_{23} , de manera que la tensión inducida en el devanado terciario N_{23} se hace igual a la tensión de línea E_0 , siendo el sentido igual al de V_{23} . Al hacerse conductivo el transistor Tr_2 , la tensión de reposición, es decir, la tensión inducida en el devanado terciario del transformador de mando GT_1 , asciende a $2E_0$, o sea la suma de la tensión de línea E_0 y la tensión E_0 inducida en el devanado terciario del transformador de mando GT_2 , siendo el sentido de la tensión opuesto al que hay en la activación. El flujo magnético en el núcleo de hierro es proporcional al producto de la tensión por el tiempo. La tensión de reposición de $2E_0$ hace que el tiempo de reposición τ_R sea $\tau/2$. A este respecto, la reposición al punto 1 de la figura 18 exige el tiempo de reposición de $\tau/2$ durante el cual el flujo magnético en el núcleo de hierro se satura en sentido negativo, y no aparece tensión alguna en los devanados del transformador de mando GT_1 durante el tiempo $\tau/2$ restante.

La reposición del transformador de cebado GT_2 es efectuada por la tensión $2E_0$, es decir, la suma de la tensión de línea E_0 y de la tensión E_0 inducida en el devanado terciario N_{13} del transformador de mando GT_1 .

27 OCT. 1973

Tales operaciones se repiten cada vez que se aplica un impulso de salida del oscilador OSC a las bases de los transistores Tr_1 , Tr_2 .

5 La tensión de reposición del transformador de cebado GT_2 conectado al transistor Tr_2 , que es puesto en acción por el último de los impulsos de oscilación (la corriente de base I_{B_2} de la figura 19) producidos durante el período en que se genera la salida del desfasador APPS, asciende sólo al valor de la tensión de línea E_0 ,
10 porque la tensión inducida en el devanado terciario N_{23} es cero por no hallarse activado el transformador de mando GT_2 . Por consiguiente, se necesita el tiempo de reposición de τ . Ahora bien, ello no ofrece dificultad en la práctica, por ser suficiente el tiempo correspondiente
15 al período de conmutación del ondulator.

Así, si la reposición se efectúa con la disposición de los devanados terciarios N_{13} , N_{23} conectados en serie, la tensión inducida en los devanados terciarios del transformador de mando durante la activación tiende
20 entonces a acelerar la reposición del transformador de mando que se está reponiendo o desactivando, lo cual permite acortar el tiempo de reposición τ_R . Como consecuencia, el retardo en el cese de conducción del transistor indicado en la figura 20 no origina problema alguno, quedando el núcleo de hierro completamente devuelto al esta
25



do de reposición en el tiempo de ζ_R .

Como antes se ha dicho, los dos transformadores de mando se excitan alternativamente, y sus salidas se suman para obtener los impulsos de mando continuos.

5 Por consiguiente, el transformador de mando puede ser de pequeña capacidad, con tal que tenga el producto necesario de la tensión por el tiempo.

En lo que antecede se ha dado la descripción del regulador de mando que permite la generación de las
10 señales de mando continuas. Así, pues, es posible efectuar el frenado regenerativo suave o sin brusquedad, sin que se vea afectado por la desigualdad de las características de retención o enganche del elemento de tiristor, mediante la aplicación de las señales de mando continuas al
15 tiristor principal del ondulator.

La figura 12 representa unos perfiles de onda operativos obtenidos cuando los dos circuitos que incluyen los tiristores principales MTh del ondulator CH están conectados en paralelo como se indica en la figura 7. La
20 aplicación de los impulsos de mando durante el período o intervalo de tiempo en que el ondulator ha de hacerse conductor, asegura el reparto de corriente por igual en los dos circuitos derivados.

Además, la figura 22 ilustra unos perfiles de onda de funcionamiento obtenidos cuando se emplean los
25

27



dos onduladores indicados en la figura 9. En esta disposición se asegura también el reparto de corriente por igual en los dos onduladores.

5 Como se ha dicho anteriormente, la presente invención tiende a aplicar señales de mando continuas durante el intervalo o período de tiempo en que el ondula-
dor vaya a hacerse conductor al efectuar el frenado re-
generativo para el motor eléctrico de corriente continua
que está controlado por el ondulator de tiristores, y da
10 la seguridad de que los tiristores del ondulator se ceban, permitiendo así el frenado regenerativo suave y sin brusquedad.

Además, como en el regulador de mando se emplean dos transformadores de mando, alternativamente ex-
15 citados para la generación de las salidas de impulsos cuya suma se utiliza como señal de mando, se obtiene un valor pequeño para el producto de la tensión por el tiempo en el transformador de mando y, por consiguiente, se pueden utilizar transformadores de mando de pequeño tamaño.
20

Como se apreciará de modo evidente, las señales de mando pueden aplicarse continuamente durante el período de tiempo en que el ondulator vaya a hacerse conductor, también en el funcionamiento en aceleración del
25 motor de corriente continua, aun cuando la descripción se



haya referido al frenado regenerativo del motor de corriente continua.

La presente solicitud, que corresponde a la presentada en Japón el 30 de Agosto de 1972, bajo el Nº 86216/72, se acoge a los beneficios del Artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

REIVINDICACIONES

10

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 que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

15

1ª.- Un dispositivo regulador de frenado regenerativo para uso con un motor de corriente continua, regulador que comprende: un circuito conectado en serie que incluye un inducido del motor de corriente continua, un arrollamiento de campo del mismo y una reactancia alisadora; un ondulator de tiristores conectado en paralelo con dicho circuito serie; un diodo conectado entre dicho circuito paralelo y una alimentación de energía; y un regulador de mando para aplicar continuamente al electrodo de mando de dicho ondulator una tensión de mando, duran-

20

25

19.10.73. *pey*

27 00



te el período de tiempo en que dicho ondulator vaya a hacerse conductor.

5 2ª.- El dispositivo según la reivindicación 1ª, que comprende además una excitatriz auxiliar para excitar dicho arrollamiento de campo al principio de un ciclo de frenado regenerativo.

10 3ª.- El dispositivo de la reivindicación 1ª, en el que dicho regulador de mando comprende: dos transformadores de mando, cada uno de los cuales incluye una bobina de entrada, una bobina de salida y una bobina de reposición; dos juegos de circuitos conectados en serie que incluyen cada uno un elemento de interrupción o conmutación y dicha bobina de entrada del transformador de mando conectada a una alimentación de corriente continua;

15 un circuito conectado en serie que incluye un elemento de impedancia y dicha bobina de reposición conectada a la citada alimentación de corriente continua; unos medios de control para alternativamente poner en conducción y hacer que dejen de conducir los elementos de interrupción o conmutación de dichos dos juegos de circuitos conectados en serie; y un circuito de salida para sumar las salidas lógicas de dichos dos transformadores de mando.

20

25 4ª.- El dispositivo de la reivindicación 1ª, en el que dichos medios de control comprenden: un desfaseador para producir salidas durante un período o inter-

19.10.73.

valor de tiempo en el que dicho ondulator se vaya a hacer
conductor, según la desviación de la intensidad de co-
rriente del motor respecto de un valor de intensidad de
corriente programado; y un oscilador para generar impul-
5 sos durante el tiempo en que dicho desfasador produce las
citadas salidas.

5ª.- El dispositivo de la reivindicación 3ª,
en el que dichas bobinas de reposición de los dos trans-
formadores de cebado están conectadas en serie.

10 6ª.- El dispositivo de la reivindicación 3ª,
en el que dicho elemento de impedancia es una resisten-
cia.

15 7ª.- El dispositivo de la reivindicación 3ª,
en el que dicho elemento de interrupción o conmutación
es un transistor.

8ª.- El dispositivo de la reivindicación 3ª,
en el que dicho circuito de salida consta de un diodo.

9ª.- Un dispositivo regulador de frenado rege-
nerativo para uso con un motor de corriente 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.

kg

27 08



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

Madrid,

P.A.

27 OCT. 1973

MJP/.-

19.10.73.

- 31 -

MJP

1.11.3.9.2

27



FIG. 1

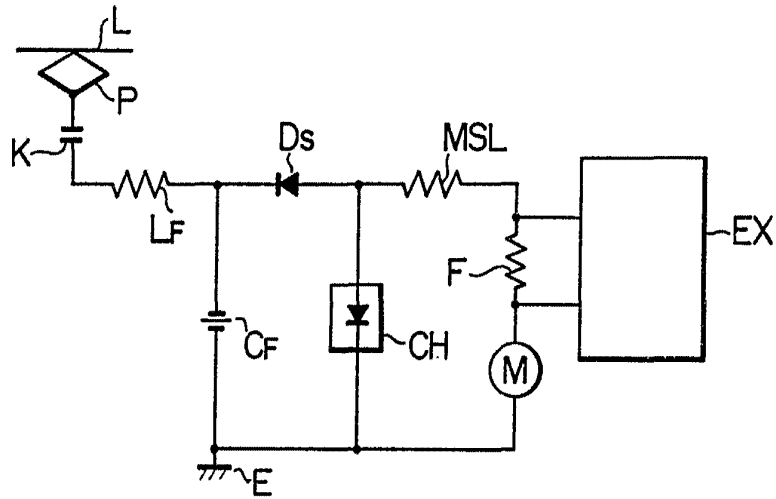
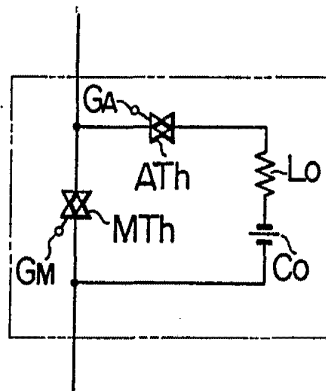


FIG. 2



Fernando de Elzaburo
Por Poder.



FIG. 3

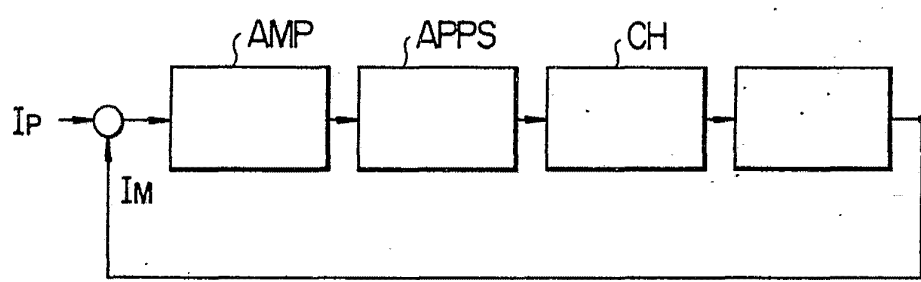
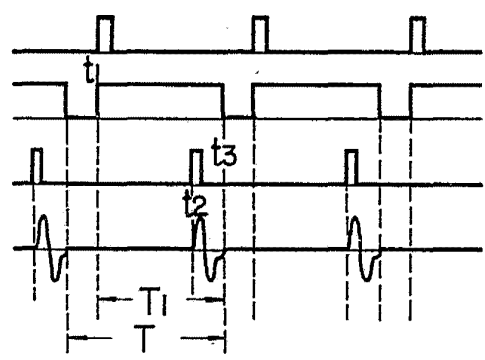


FIG. 4



Fernando de E. (signature)
Por Poder.

(Handwritten signature)

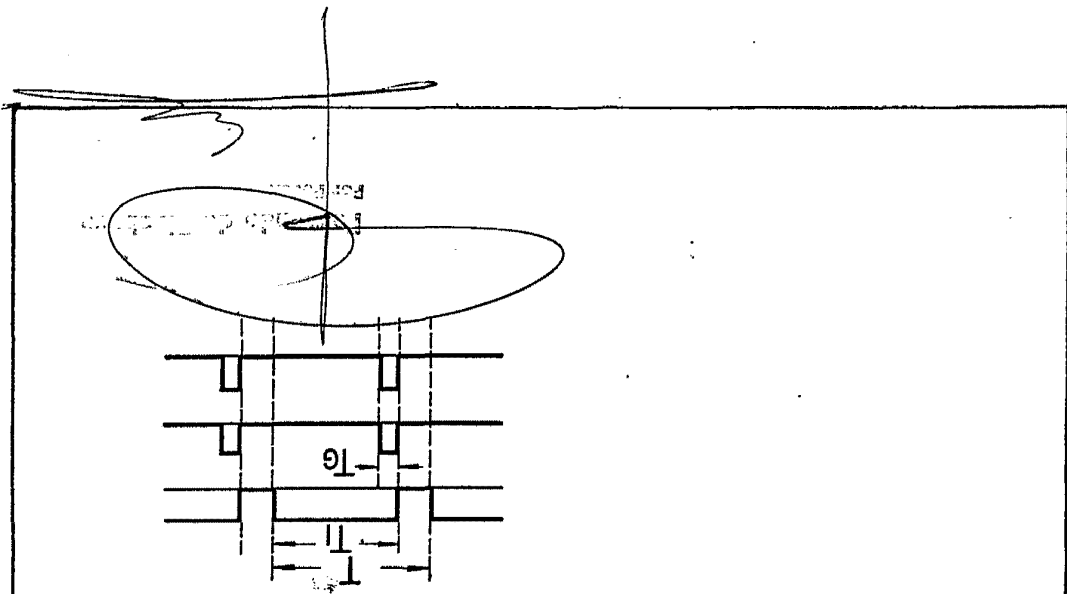


FIG. 6

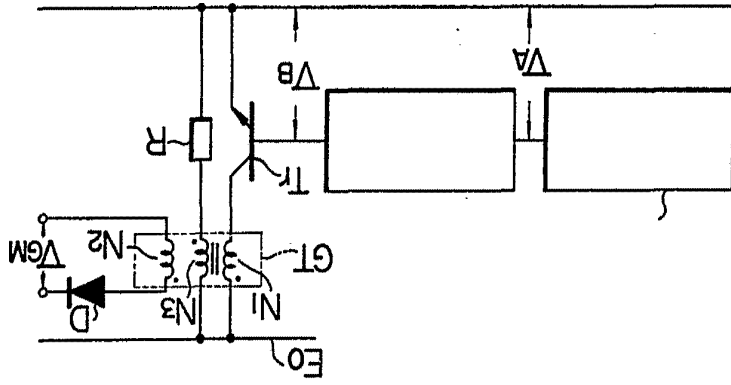


FIG. 5



P5539C

27



FIG. 7

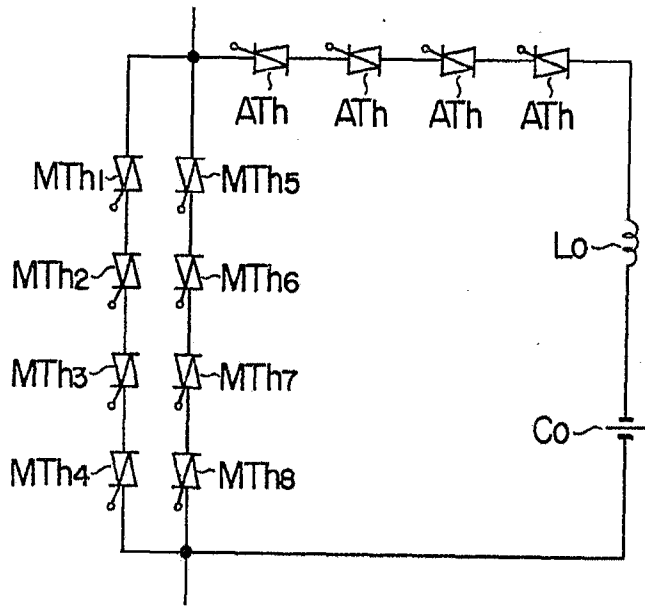
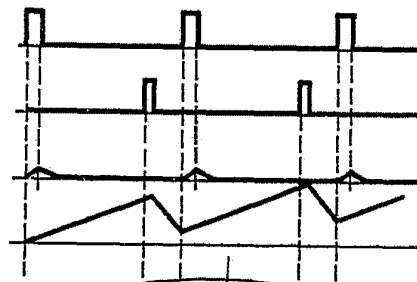


FIG. 8



Ferrando de Elizaburu
Per Poder.



FIG. 9

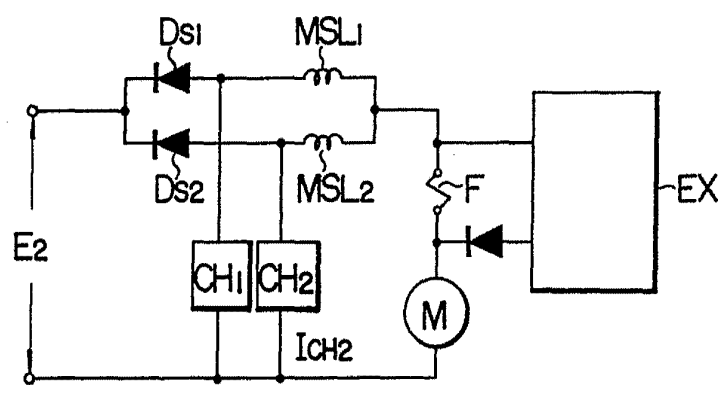
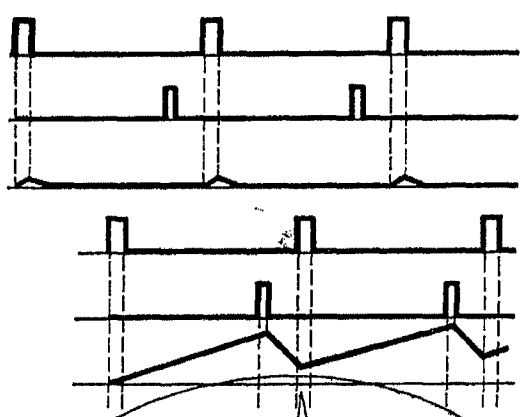


FIG. 10



Handwritten signature and notes at the bottom of the page, including a large scribble and some illegible text.



FIG. 11

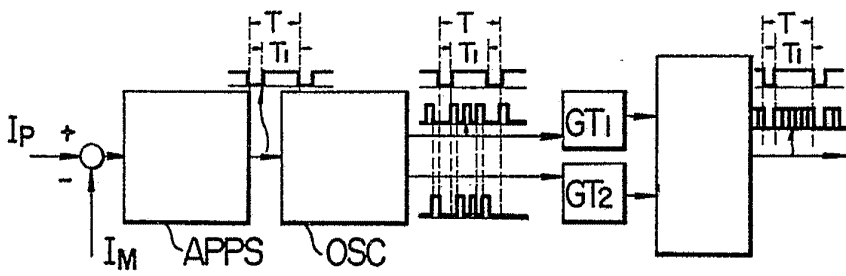
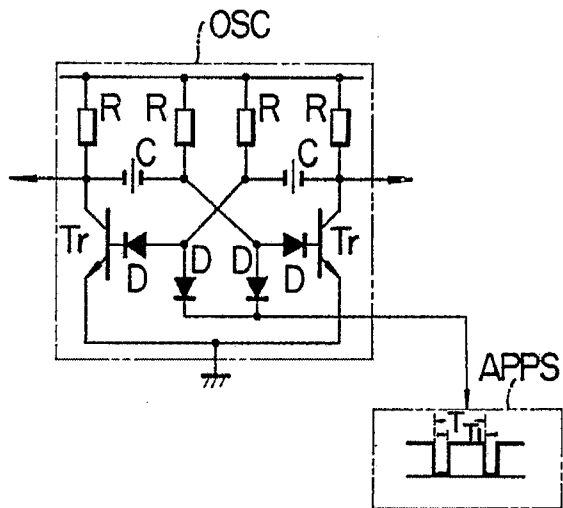


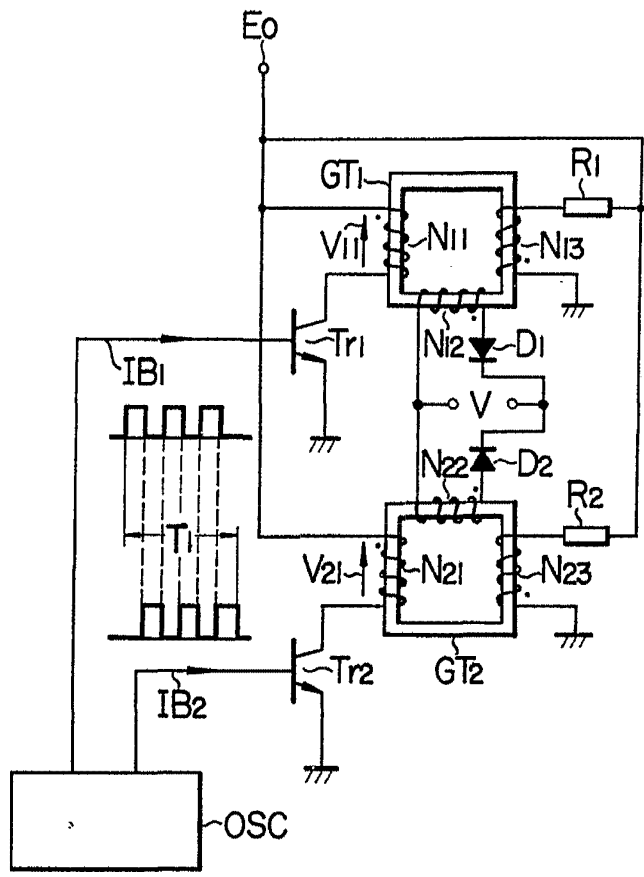
FIG. 12



Fernando de Eizaburu
For Author.



FIG. 13



Fernando de Elencuru
Per l'Aut.



FIG. 14

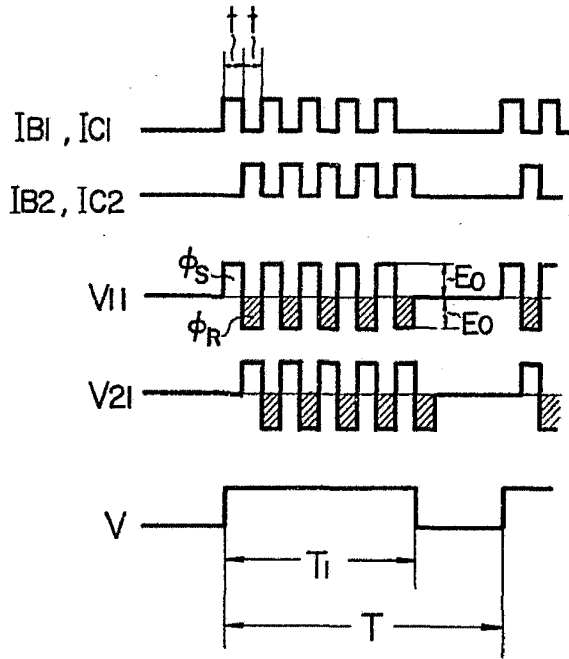


FIG. 15

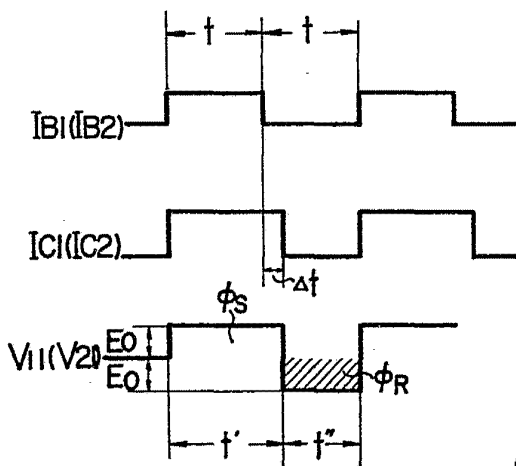


FIG. 16

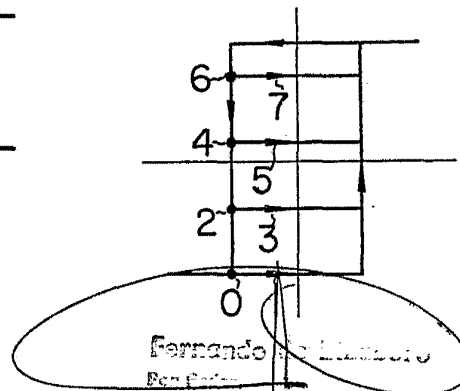




FIG. 17

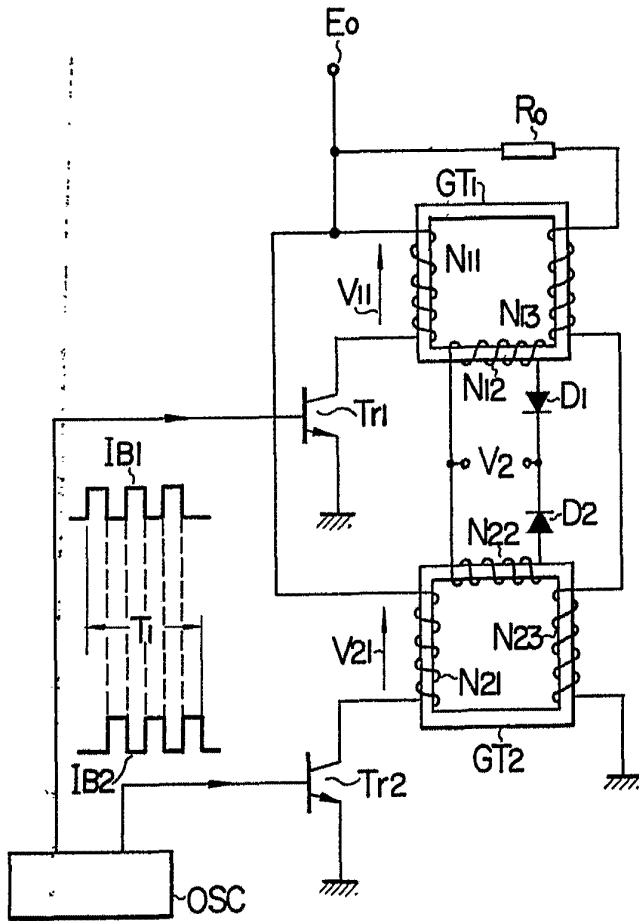
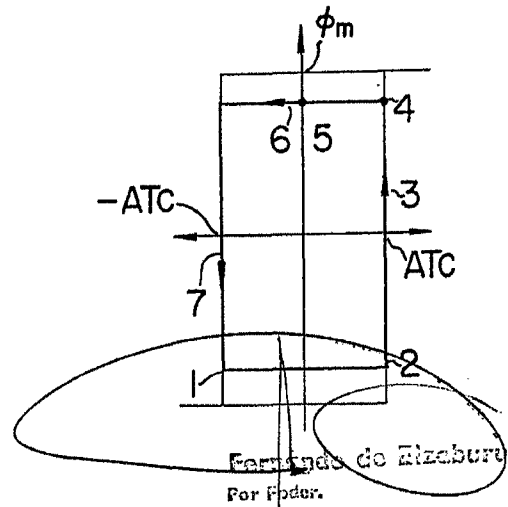


FIG. 18



R 11332



FIG. 19

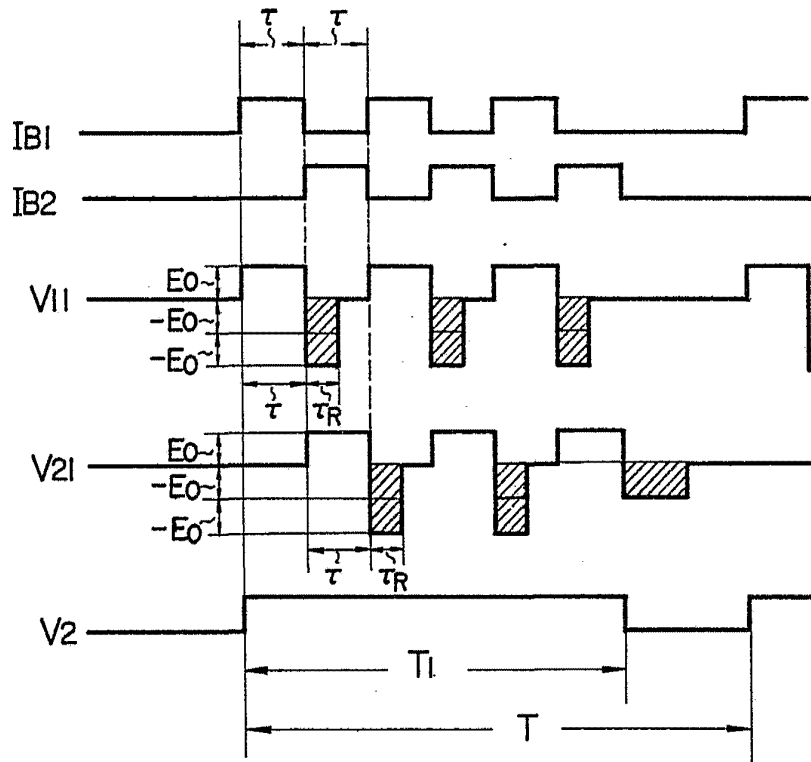
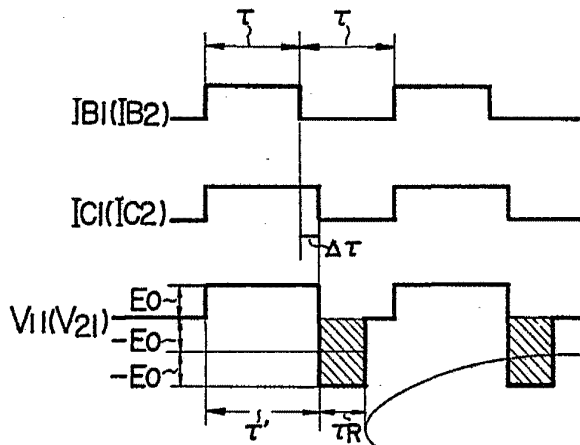


FIG. 20



Handwritten signature and scribbles at the bottom right of the page.

27390



FIG. 21

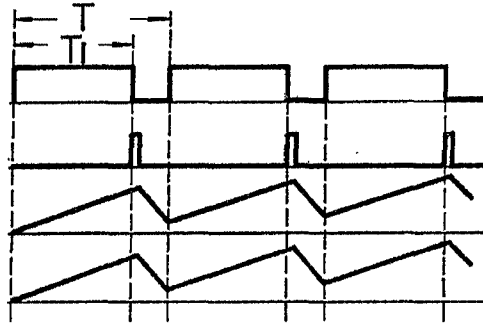


FIG. 22

