



P.- 52.503  
Pos-29225 Hitachi

408105

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar PATENTE DE INVENCION por 20 años

A nombre de HITACHI, LTD.

entidad japonesa

Int. Cl: H02P/B60L

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

por: "UN APARATO PARA CONTROLAR UN MOTOR DE CORRIENTE  
CONTINUA CON DEVANADO EN SERIE"

(Clase Internacional H02k, B601)

408 105



El presente invento se refiere a un aparato para controlar el motor devanado en serie, de corriente continua, utilizado con un coche o automóvil eléctrico.

5 Las características de par del coche eléctrico hacen necesario el uso exclusivo de un motor devanado en serie, de corriente continua, para propulsarlo, y la regulación del par y de la velocidad se efectúa mediante una resistencia y un contactor por medio del cual  
10 se inserta la resistencia en el circuito del motor. Este método usual tiene la desventaja de que es imposible una regulación continua y debido a la presencia de la resistencia se tiene como resultado una gran pérdida eléctrica. Especialmente, esta desventaja representa un gran  
15 problema en un ferrocarril subterráneo, en el que la pérdida eléctrica genera calor y aumenta la temperatura de todo el sistema del ferrocarril subterráneo.

En vista de este hecho, se ha buscado intensamente en los últimos tiempos un aparato para controlar el motor de corriente continua utilizando un ondulator (llamado también inversor o convertidor) de tiristores. El aparato de control para el motor de corriente continua que hace uso del ondulator de tiristores permite un control continuo en toda la gama de control, proporcionando por tanto un mayor confort de marcha con pe-  
20  
25

408 105



queñas pérdidas térmicas, haciendo posible que el sistema de ferrocarriles subterráneos se mantenga frío.

El presente invento se caracteriza porque el inducido del motor de corriente continua está conectado en serie con una bobina de campo del mismo y un ondulator de tiristores para regular la fuerza de accionamiento o de frenado del motor de corriente continua, porque dicho ondulator de tiristores consiste en dos tiristores conectados en serie y un conmutador para aplicar tensiones en sentidos opuestos a los tiristores cuando están en conducción, y porque uno de los tiristores está conectado en paralelo con la bobina de campo.

El anterior y otros objetos, características y ventajas resultarán evidentes a partir de la descripción detallada siguiente tomada en conjunto con los dibujos adjuntos, en los que:

La fig. 1 es un diagrama que muestra un circuito principal usual para poner en marcha y acelerar un vehículo eléctrico;

la fig. 2 es un diagrama que representa un ejemplo de circuito ondulator usual;

la fig. 3 es un diagrama de circuito que representa una realización del presente invento;

la fig. 4 es un diagrama que ilustra las formas de onda de funcionamiento de la realización ilus-



408 105

trada en la fig. 3;

la fig. 5 muestra otra realización del presente invento;

5 las figs. 6 y 7 son diagramas que muestran circuitos usuales para el control del frenado regenerativo del motor devanado en serie, de corriente continua, mediante el uso de un ondulator de tiristores;

la fig. 8 es un diagrama que representa todavía otra realización del presente invento; y

10 la fig. 9 es un diagrama que ilustra aún otra realización del presente invento.

La forma en que el motor devanado en serie, de corriente continua, es regulado de acuerdo con el presente invento se divide, en principio, en dos modos: uno en el caso de generar una fuerza de tracción y otro en el caso de frenar el vehículo eléctrico. Estos dos casos emplean distintos circuitos eléctricos y, por tanto, se explicarán más adelante uno por uno.

15 Primeramente, se hace referencia al primer caso, en el que se acelera el vehículo eléctrico. Un circuito principal representado en la fig. 1 es uno utilizado en la práctica para poner en marcha y acelerar el vehículo eléctrico.

20 En esta figura, el símbolo de referencia P muestra un pantógrafo y K un interruptor de desconexión

408 105



para aplicar una tensión desde el tendido aéreo a la carga. El símbolo Fil muestra un filtro consistente en una inductancia  $L_F$  y el condensador  $C_F$  para disminuir la tensión del tendido aéreo y la corriente pulsatoria generada por el control de conexión-desconexión del ondulator CH. El símbolo MSL representa una reactancia alisadora para reducir el carácter pulsatorio de la tensión del motor y la corriente generada por el control de conexión-desconexión del ondulator CH, y la corriente de la reactancia es realimentada a través del motor y del diodo volante o de regulación  $D_F$  mientras el ondulator CH está desconectado. El símbolo HB muestra un disyuntor de alta velocidad que actúa como dispositivo de protección en el caso de ocurrir un fallo en la conmutación del ondulator. El símbolo R muestra una resistencia limitadora de corriente para limitar la corriente cuando se abre el disyuntor de alta velocidad. En este caso, el interruptor de desconexión K está interconectado operativamente con el disyuntor de alta velocidad para abrir el circuito después de la operación de limitación realizada por la resistencia limitadora. El símbolo M muestra un inducido del motor, F un devanado de campo conectado en serie y E la masa o tierra.

Un diagrama de circuito de la fig. 2 muestra un ejemplo real del circuito ondulator que comprende

408 105



un tiristor principal MTh, un tiristor de conmutación ATH, una reactancia de conmutación Lo, un condensador de conmutación Co, un diodo de derivación D<sub>B</sub> y un diodo de conmutación Dc. Cuando tiene lugar una conducción en el tiristor principal MTh, el ondulator CH es puesto en conexión, por lo que si el tiristor de conmutación está puesto en conexión, una corriente de conmutación circula en el circuito de conmutación que comprende Lo y Co, con el resultado de que una corriente inversa hace que el tiristor principal MTh y el tiristor de conmutación ATH sean puestos fuera de conducción, cesando de conducir el ondulator. El diodo de ondulación D<sub>B</sub> y el diodo de conmutación Dc constituyen una trayectoria de la corriente invertida generada después de que el tiristor principal MTh y el tiristor de conmutación ATH han sido puestos fuera de conducción, acelerando por tanto la velocidad de recarga del condensador de conmutación Co.

Al poner en marcha el vehículo eléctrico, el interruptor de desconexión K y el disyuntor de alta velocidad HB se cierran para efectuar el control conexión-desconexión del ondulator CH. El régimen de circulación de corriente r del ondulator CH se expresa con la fórmula  $r = \text{Ton} / (\text{Ton} + \text{Toff}) = \text{Ton} / T$ , donde Ton es un período de tiempo durante el cual el ondulator CH está en conexión, Toff es un período de tiempo durante el

408 105 27 -



5 cual el ondulator está en desconexión, y T es un ciclo de control del ondulator expresado como  $T=T_{on}+T_{off}$ . Por otra parte, el valor medio  $V_M$  de la tensión aplicada al circuito del motor principal viene dado por la ecuación  $V_M=V_S \cdot r$ , donde  $V_S$  es la tensión del tendido aéreo. De esta ecuación resultará evidente que la tensión  $V_M$  aplicada al circuito motor principal es regulada de manera continua, cambiando continuamente el régimen r de circulación de corriente en el ondulator, lo que hace posible un arranque y una aceleración suaves del vehículo eléctrico.

10 A continuación se facilitará una explicación detallada de los puntos que dan lugar a problemas en el circuito de control de ondulator antes mencionado.

15 (1) Relación entre el régimen  $r_{min}$  de circulación de corriente, mínimo, y la corriente de arranque.

20 El régimen  $r_{min}$  de circulación de corriente mínimo del ondulator depende del período de puesta fuera de conducción del tiristor. En otras palabras, el régimen mínimo  $r_{min}$  de circulación de corriente en el circuito ondulator de la fig. 2 ocurre cuando el tiristor principal MTh y el tiristor de conmutación ATh son puestas en conducción simultáneamente, es decir, el régimen mínimo de circulación en este caso depende del ciclo del circuito de conmutación que comprende  $L_o$  y  $C_o$ .

408 105



Este ciclo está determinado a su vez por el período de tiempo de puesta fuera de conducción del tiristor y, por tanto cuanto más breve sea el período de tiempo durante el cual el tiristor está fuera de conducción, menor será el ciclo, dando como resultado un régimen inferior de circulación de corriente del ondulator.

El tiristor usual de alta velocidad y gran capacidad tiene un tiempo de puesta fuera de conducción de aproximadamente 50 microsegundos, siendo el ciclo de circuito de conmutación igual a aproximadamente 300-400 microsegundos. El ciclo de control conexión-desconexión del ondulator CH está limitado considerablemente por las ondulaciones de la corriente en el motor principal, las ondulaciones de la corriente de tendido aéreo y la perturbación inductiva sobre un circuito de transmisión adyacente. Con el fin de reducir estas limitaciones, se ha hecho necesario incluso el empleo de una regulación de la diferencia de fase para mantener la frecuencia de control del ondulator a aproximadamente 200Hz (equivalentes a 5  $\mu$ s. del ciclo de control T), en cuyo caso el régimen mínimo de circulación de corriente del ondulator es:

$$r_{\min} = (300-400) \mu s / 5000 \mu s = 0,06 \text{ a } 0,08$$

Como resultado, incluso cuando la tensión del tendido aéreo es  $V_g = 1500$  V y la resistencia en el circuito de motor principal es  $R_M = 0,2$  ohmios, la corriente de arran

408 105



que requerida  $I_M$  es:

$$I_M = V_s \cdot r_{\min} / R_M = 450 \text{ a } 600 \text{ amperios}$$

Esta corriente es mucho mayor que la corriente de arranque, de unos 200 amperios, requerida en un vehículo eléctrico usual que emplee un sistema de control por resistencias.

Con el fin de evitar esta desventaja, o bien (1) se inserta una resistencia de arranque, o (2) se aumenta el ciclo de control T del ondulator solamente en el momento de arrancar, o (3) se realiza la operación de arranque con el campo conectado en serie debilitado.

(2) Fallo de la conmutación del ondulator.

Un fallo del ondulator en la operación de conmutación, con ambos tiristores MTh y ATh en conducción hace que la corriente en el circuito de motor principal aumente bruscamente hasta un valor varias veces mayor que la corriente nominal del mismo antes de que se abra el disyuntor HR de alta velocidad y la corriente sea limitada por medio de la resistencia R. Como resultado, el choque para el motor principal se hace excesivo, dando lugar a problemas de efecto adverso sobre los árboles de transmisión y los pasajeros.

(3) Problema de debilitamiento del campo.

Al terminarse una aceleración de campo total después de que se ha conseguido el régimen de conmu-



tación máximo del ondulator, o cuando se ha conseguido la velocidad del motor principal, es necesario efectuar la aceleración mediante un control de debilitamiento del campo. Esto se consigue 1) o bien con el ondulator conectado en paralelo con el devanado de campo en serie, 2) o bien con el tendido aéreo conectado con el conjunto de ondulator y devanado de campo conectados en serie, 3) o conectando una resistencia divisora al devanado de campo en serie. Todos estos métodos requieren un dispositivo adicional, complicando la construcción del circuito de control.

Uno de los objetos del presente invento es proporcionar un dispositivo de control para un motor sin ninguna de las desventajas antes mencionadas.

Un diagrama de circuito que representa esquemáticamente una realización del presente invento se ilustra en la fig. 3, mientras que el funcionamiento de este circuito se representa en formas de onda en la fig. 4. Refiriéndonos a la fig. 3, el tiristor principal MTh, el tiristor de conmutación ATh, el diodo de derivación  $D_B$ , el diodo de conmutación  $D_c$  y el circuito de conmutación que comprende  $L_o$  y  $C_o$  que, juntos, constituyen el ondulator OH, están conectados en forma muy similar a la de la fig. 2, excepto en que el tiristor principal MTh está conectado en serie con el circuito de motor y



el tiristor de conmutación  $A_{Th}$  en paralelo con el devanado de campo  $F$  en serie.

En la fig. 3, cuando el tiristor principal  $M_{Th}$  es puesto en conducción, se aplica la tensión del tendido aéreo al circuito de motor como en el circuito usual de la fig. 1, para aumentar así la corriente de inducido y la corriente en el devanado de campo en serie.

La conducción del tiristor de conmutación  $A_{Th}$  hace que la tensión aplicada al devanado de campo en serie  $F$  sea cortocircuitada, dando como resultado el que se aplique una tensión proporcionalmente más elevada al circuito de inducido ( $M+MSL$ ), de modo que la corriente de inducido sea aumentada al tiempo que la corriente de campo comienza a decrecer en el bucle  $F \rightarrow A_{Th} \rightarrow F$ . El diodo  $D_A$  y la resistencia  $R_P$ , que se supone están ausentes en esta realización, se explicarán más adelante.

Al mismo tiempo que el tiristor de conmutación  $A_{Th}$  es puesto en conducción, ocurre una oscilación en el circuito de conmutación y la corriente invertida originada pone así fuera de conducción al tiristor principal  $M_{Th}$  y al tiristor de conmutación  $A_{Th}$ , para poner fuera de conducción al ondulator. En consecuencia, la corriente de inducido circula primero en el bucle

$M \rightarrow L_o \rightarrow C_o \rightarrow E \rightarrow P \rightarrow K \rightarrow H_B \rightarrow Fil \rightarrow$

408 105



MSL  $\rightarrow$  M, y el condensador de conmutación  $C_0$  se carga rápidamente por la tensión del tendido aéreo, lo cual viene seguido por la circulación de corriente en el bucle M  $\rightarrow$   $D_{F1}$   $\rightarrow$  MSL  $\rightarrow$  M, para una corriente disminuida.  
5 (Más adelante se explicará la función del diodo  $D_{F2}$ ).

Por otra parte, la corriente de campo continúa siendo reducida por circulación en el bucle F  $\rightarrow$  Dc  $\rightarrow$  F.

10 Cuando el ondulator CH está en conducción, es decir, el tiristor principal MTh es hecho conductor, la tensión del tendido aéreo se aplica de nuevo al circuito de motor, por lo que tanto la corriente de inducido como la corriente de campo aumentan. Este proceso va seguido por la puesta fuera de conducción del ondulator CH para repetir la operación.  
15

Supóngase el caso en que el ondulator es controlado al régimen de circulación mínimo de corriente, es decir, cuando el tiristor principal MTh y el tiristor de conmutación están en conducción al mismo tiempo. La tensión de alimentación es aplicada solamente al circuito de inducido (M+MSL) y se almacena energía magnética en la reactancia alisadora MSL, mientras que se aumenta gradualmente la corriente de inducido. Al ocurrir la conducción subsiguiente del tiristor de conmutación Ath, tiene lugar una oscilación en el circuito  
20  
25

408 105

27



72

de conmutación (Lo-Co) y la corriente inversa resultante pone fuera de conducción tanto al tiristor principal MTh como al tiristor de conmutación ATh y, por tanto, al ondulator CH. Como consecuencia, se reduce la corriente de inducido en el bucle  $M \rightarrow D_{F1} \rightarrow MSL \rightarrow M$ , debido a la liberación de la energía magnética desde la reactancia alisadora MSL.

De este modo, circula corriente en el inducido, pero no existe corriente de campo alguna al régimen mínimo de circulación de corriente del ondulator CH y, por tanto, no es generado par alguno en el motor, con lo que se impide que éste arranque.

Se observará, a partir de la explicación que antecede, que no es necesario reducir el régimen de circulación de corriente del ondulator ya que el vehículo eléctrico no es puesto en marcha incluso aunque la corriente de inducido determinada por el régimen mínimo de circulación de corriente del ondulator sea tan grande como 450 a 600 amperios, como se ha mencionado en lo que antecede.

A un régimen de circulación de corriente del ondulator ligeramente más alto que el régimen de circulación de corriente mínimo del mismo, la puesta en conducción del ondulator provoca un cierto período durante el cual solamente el tiristor principal MTh está

408105

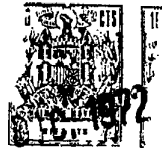
27



en conducción y la tensión del tendido aéreo es aplicada al circuito de inducido (M+MSL) y el circuito de campo arrollado en serie, de modo que se aumentan tanto la corriente de inducido como la corriente de campo. Cuando el tiristor de conmutación ATh es puesto en conducción para desconectar el ondulator CH, es aumentada de nuevo la corriente de inducido, mientras que comienza a reducirse la corriente de campo. Tanto la corriente de inducido como la corriente de campo son disminuídas al ponerse fuera de conducción el ondulator, mientras que empiezan a aumentar de nuevo cuando es puesto en conducción el ondulator. Este proceso se repite para controlar la corriente de inducido y la corriente en el circuito de campo devanado en serie.

En esta condición, si la constante de tiempo de circuito de campo devanado en serie se ajusta para que sea suficientemente grande en comparación con el ciclo de control del ondulator, el estado de campo total en que la corriente de inducido es casi igual a la corriente de campo se consigue cuando el régimen de circulación de corriente del ondulator se hace más alto, en un cierto grado, que su régimen de circulación de corriente mínima, es decir, cuando el período de puesta en conducción del tiristor principal MTh, durante el cual se aumenta la corriente de inducido y la corriente

408 105 27



de campo, se haga más largo de un cierto valor.

En este caso, si el régimen de circulación de corriente del ondulator es ligeramente mayor que su régimen de circulación de corriente mínimo, se consigue naturalmente un estado de campo debilitado en el que la corriente de inducido es mayor que la corriente de campo, arrancando el vehículo eléctrico en el estado de campo magnético debilitado.

Si por otra parte, la constante de tiempo del circuito de campo devanado en serie no es tan grande en comparación con el ciclo de control del ondulator, resulta difícil conseguir el estado de campo total en el que la corriente de inducido sea casi igual a la corriente de campo, a no ser que el régimen de circulación de corriente del ondulator se haga considerablemente alto. Un método eficaz para conseguir esto es conectar el diodo de regulación  $D_{F2}$  en paralelo con el circuito en serie consistente en el inducido y en el devanado de campo, como se muestra en el dibujo.

Como puede verse de lo que antecede, en la realización de la fig. 3, se consigue un estado de campo debilitado en que la corriente de inducido es mayor que la corriente de campo cuando el régimen de circulación de corriente del ondulator se encuentra a su valor mínimo, mientras que se obtiene un estado de campo total en

408105

27 B



5 el que la corriente de inducido es casi igual a la corriente de campo, a un régimen de circulación de corriente mayor que su valor mínimo, haciéndose así posible la puesta en marcha del vehículo eléctrico en un estado de campo debilitado.

10 Asimismo, como el devanado de campo en serie F está conectado con el tiristor de conmutación ATH, un fallo del ondulator en conmutación hace que el devanado de campo F en serie sea cortocircuitado, reduciendo por tanto la corriente de campo, generándose un par en el motor menor que en el caso de ocurrir un fallo de conmutación en el circuito usual de la fig. 1. Como resultado, se reduce el efecto adverso sobre el árbol de propulsión y los pasajeros.

15 Al régimen máximo de circulación de corriente del ondulator, se consigue la máxima velocidad del motor en el estado de campo total. En esta condición, se requiere un control de debilitamiento de campo, si ha de aumentarse aún más la velocidad del motor. Para este fin, se cambia el régimen de circulación de corriente del tiristor de conmutación ATH, manteniendo el tiristor principal MTh en conducción mediante la aplicación, de manera continua, de una tensión de paso discriminado al mismo, cuando el régimen de circulación de corriente del ondulator es la unidad. En el caso de que el tiristor

20  
25

408 105



principal MTh es mantenido en conducción, el régimen de  
circulación de corriente del tiristor de conmutación ATh  
es igual al régimen de circulación de corriente mínimo  
del ondulator determinado por el tiempo de conmutación,  
5 a no ser que se varíe el ciclo de control del ondulator.  
Por tanto, reduciendo el ciclo de control del ondulator  
o aumentando la frecuencia de control del ondulator, un  
régimen de circulación de corriente aumentado del tiris-  
tor de conmutación ATh hace posible un control continuo  
10 de debilitamiento del campo.

Para un motor con una pequeña inductancia  
del devanado de campo en serie F, el campo tiende a de-  
bilitarse excesivamente durante el período de conmuta-  
ción, cuando el tiristor principal MTh y el tiristor de  
15 conmutación ATh están en conducción. Para evitar esta  
situación, una resistencia  $R_F$  está conectada en serie  
con el tiristor de conmutación ATh. Haciéndolo así, la  
corriente de inducido es dividida entre el devanado de  
campo en serie F y la resistencia  $R_F$ , incluso cuando el  
20 tiristor de conmutación ATh comienza a conducir, impi-  
diendo por tanto que el campo del devanado en serie se  
debilite excesivamente durante la operación de conmuta-  
ción. Con el fin de conseguir el estado de campo debili-  
tado al valor mínimo del régimen de circulación de co-  
25 rriente del ondulator, la resistencia  $R_F$  en serie con el

408 105 27



tiristor de conmutación  $A_{Th}$  debe ser de un valor menor que el de la resistencia interna del devanado de campo  $F$ . Haciendo el valor de la resistencia  $R_F$  menor que el valor de la resistencia interna del devanado de campo en serie, se mantiene la magnitud del aumento de la corriente de campo menor que el que se puede apreciar en el circuito usual de la fig. 1, incluso si el ondulator sufre un fallo de conmutación, con el resultado de que no se pierden las características del presente invento. Incidentalmente, la resistencia  $R_F$  no es exclusiva del presente invento, ya que se emplea también en el circuito usual de la fig. 1 para el control de debilitamiento de campo.

En la realización precedente, en el instante de control de debilitamiento de campo, en el estado en que la corriente de inducido es mayor que la corriente de campo, la diferencia entre ambas corrientes circula a través del circuito de conmutación (Lo-Co) y, por tanto, si la diferencia es suficientemente grande, una tensión de carga para el condensador  $C_o$  supera al valor de la tensión del tendido aéreo, haciendo necesario dar a la tensión de ruptura y a la capacidad de corriente del ondulator valores indeseablemente elevados. Para superar este problema, la conexión del ánodo del tiristor de conmutación  $A_{Th}$  y el del diodo  $D_{FI}$ , como se

408 105

27



muestra por líneas interrumpidas, hace que la diferencia de corriente circule a través de la resistencia  $R_F$ , hasta el diodo de regulación  $D_{F1}$  y, como resultado, que se impida que la tensión de carga para el condensador de conmutación  $C_o$  aumente más allá de la tensión del tendido aéreo, siendo mantenida por el diodo de regulación  $D_{F1}$ .

Además, en esta realización, cuando conduce el tiristor principal  $M_{Th}$ , se descarga el condensador de conmutación  $C_o$  en el bucle  $C_o \rightarrow L_o \rightarrow R_F \rightarrow F \rightarrow M_{Th} \rightarrow C_o$  hasta que la tensión a través del mismo se hace igual a la tensión terminal del devanado de campo  $F$ . Por esta razón, en el caso en que la tensión terminal del devanado  $P$  de campo en serie sea baja, debido a una resistencia interna pequeña del mismo, aumenta la necesidad de ampliar la capacidad del condensador de conmutación  $C_o$  en consecuencia, dando como resultado un mayor coste del conmutador.

El diodo  $D_a$  está previsto con el fin de impedir la descarga indeseable del condensador de conmutación  $C_o$ . La corriente circula en el diodo  $D_a$  solamente durante un período de tiempo muy corto, durante el cual es puesto en conducción el tiristor de conmutación  $A_{Th}$  y, por tanto, se requiere sólo una pequeña capacidad de corriente, dando como resultado un coste más

408 105



bajo que cuando se hace grande la capacidad del condensador de conmutación Co.

Otra realización del presente invento se representa en la fig. 5. Como ya explicó, en el circuito de la fig. 3, el ciclo de control del ondulator, es decir, su frecuencia debe hacerse pequeña, ya que el control de debilitamiento de campo después de que se consigue el régimen máximo de circulación de corriente del ondulator, se efectúa controlando el régimen de ondulación de corriente del tiristor de conmutación Ath. En el circuito de la fig. 5, al contrario, está conectado un conmutador S en serie con el circuito ondulator para controlar el régimen de circulación de corriente del tiristor de conmutación Ath sin variar el ciclo de control del ondulator. En otras palabras, al controlar el ondulator en el estado de campo magnético total, se cierra la pieza movable 1 del conmutador S del lado de la pieza fija 2, para obtener el mismo circuito que se representa en la fig. 4 mientras que, al efectuar el control de debilitamiento de campo al completarse el estado de campo magnético total, se cierra la pieza móvil 1 del lado de la pieza fija 3, de modo que el circuito en paralelo consistente en el devanado de campo en serie F y el tiristor de conmutación Ath, queda conectado en paralelo con el circuito en serie consistente en el tiristor prin

408105

27



5 cipal MTh y el circuito de conmutación Lo-Co. El régimen de circulación de corriente del tiristor de conmutación ATH puede ajustarse cambiando el régimen de circulación de corriente en el tiristor de conmutación ATH, mientras que el tiristor de conmutación ATH es puesto fuera de conducción poniendo en conducción el tiristor principal para generar una oscilación en el circuito de conmutación Lo-Co. Así, se obtiene un circuito ondulator en el que las funciones del tiristor principal MTh y del tiris  
10 tor de conmutación ATH mostrados en la fig. 2, están intercambiadas. En el circuito ondulator de la fig. 5, por tanto, el régimen de circulación de corriente del tiristor principal MTh es controlado en el estado de cam  
15 po magnético total, mientras que el régimen de circulación de corriente del tiristor de conmutación ATH se regula para controlar por debilitamiento de campo al completarse el estado de campo magnético total.

20 Se producen, como se menciona en lo que sigue, efectos adicionales en el circuito de arranque y aceleración antes descritos. Aunque el circuito usual de la fig. 1 requiere un elevado valor de la reactancia de alisamiento en el caso de ocurrir un fallo en la conmutación del ondulator, el presente invento tiene la ventaja de requerir un valor inferior de la reactancia  
25 alisadora MSL, ya que puede determinarse tomando en

408 105



consideración la rectificación interna del motor. Pero la situación permanece invariable, como en el caso de circuito usual, si solamente falla en conmutación el tiristor principal MTh. Para impedir esta situación, el fallo en conmutación del tiristor principal MTh se detecta para hacer conducir de manera forzada al tiristor de conmutación ATh.

El frenado eléctrico, que es el segundo modo de control de acuerdo con el presente invento, se explicará a continuación.

En el control de frenado regenerativo del motor devanado en serie, de corriente continua, haciendo uso de un ondulator de tiristores (denominado en lo que sigue "regeneración por ondulator"), es necesario mantener la tensión  $E_M$  generada en el motor, que funciona como un generador devanado en serie, a un nivel inferior que la tensión de alimentación  $E_S$ . Esto se debe a que si  $E_S$  es inferior a  $E_M$ , la autoexcitación del generador devanado en serie hace que la corriente retorne hacia la fuente de alimentación independientemente del funcionamiento en conducción o fuera de conducción del ondulator, haciendo imposible así controlar la corriente de frenado regenerativa.

En general, la tensión de alimentación se ajusta a la tensión nominal del motor y, por tanto, es



27

408 105

posible la regeneración del ondulator a un valor inferior al de la velocidad nominal.

5 El motor devanado en serie para el vehículo eléctrico se acelera algunas veces hasta un valor doble o triple que su velocidad nominal utilizando el control de debilitamiento de campo durante la marcha con corriente del vehículo eléctrico. Por tanto, se requiere un control eficaz de la fuerza de frenado por regeneración del ondulator incluso a una velocidad superior a la  
10 velocidad nominal, cuando  $E_G$  es mayor que  $E_M$ .

Con el fin de efectuar una regeneración por ondulator más allá de la velocidad nominal, el devanado de campo en serie es sometido al control de debilitamiento de campo, para cuyo fin se han sugerido los diversos métodos mencionados en lo que sigue.  
15

(1) El devanado de campo en serie está conectado en paralelo con una resistencia divisora de corriente. Este método hace posible solamente un cambio escalonado del régimen de control de debilitamiento de campo. Asimismo,  
20 cuando el régimen de control de debilitamiento de campo es elevado, se requieren dos o tres escalones con fines de control, dando como resultado el inconveniente de exigir varios interruptores.

(2) Un ondulator utilizado exclusivamente para el control de debilitamiento de campo se conecta en paralelo  
25

408 105 27



con el devanado de campo en serie. Este método añade otro ondulator, con el resultado de un circuito de control más costoso y complicado.

5 (3) El ondulator utilizado para el control de campo total se conecta en paralelo con el devanado de campo en serie, para efectuar así el control de debilitamiento de campo. Este método complica también el circuito, ya que exige el empleo de un conmutador así como la conmutación de una señal de paso discriminado al ondulator. Además,  
10 impone un problema tecnológicamente difícil, ya que el método requiere una rápida respuesta a la necesidad de conmutación.

(4) El circuito en serie consistente en el devanado de campo en serie y el ondulator, se conecta en paralelo  
15 con el inducido para formar un circuito de derivación para el control de debilitamiento de campo. Aunque este método se caracteriza por un circuito de conmutación simple, como se menciona en lo que sigue, es difícil con seguir un régimen de debilitamiento de campo deseado de la corriente de campo al régimen mínimo de circulación  
20 de corriente del ondulator y, por tanto, es necesario insertar una resistencia en serie.

El presente invento proporciona una mejora en el circuito indicado con (4) anterior. En otras  
25 palabras, un objeto del presente invento es proporcionar



408 105

un dispositivo para el control de un motor con un régimen de debilitamiento de campo grandemente mejorado determinado por el régimen de circulación de corriente mínimo del ondulator, con el fin de efectuar, por medio de un  
5 circuito de derivación que comprende un devanado de campo en serie, en serie a su vez con el ondulator, el control de debilitamiento de campo del motor devanado en serie por regeneración por ondulator.

El presente invento se explicará con más  
10 detalle en lo que sigue con referencia a los dibujos adjuntos. Los circuitos de la técnica anterior para regeneración por ondulator se representan en las figs. 6 y 7.

En primer lugar, se explicará el funcionamiento del circuito de la fig. 6. A una velocidad del  
15 motor inferior al valor nominal de la misma, cuando la tensión  $E_M$  generada en el motor es inferior a la tensión  $E_S$  del tendido aéreo, la puesta en conducción del ondulator hace que la tensión  $E_M$  sea cortocircuitada en el  
20 bucle  $M \rightarrow F \rightarrow CH \rightarrow MSL \rightarrow M$ , y la corriente del motor es aumentada gradualmente, almacenándose su energía en la reactancia alisadora MSL. Cuando el ondulator es puesto fuera de conducción, la liberación de la energía desde la reactancia alisadora MSL hace que la co-  
25 rriente del motor circule en el circuito  $M \rightarrow F \rightarrow$



408 105

5       $D_s \rightarrow Fil \rightarrow P \rightarrow E \rightarrow MSL \rightarrow M$  y, como resultado,  
se reduzca gradualmente. En otras palabras, cuando el on-  
dulador está fuera de conducción, la corriente de motor  
circula hasta el tendido aéreo en forma de corriente re-  
generativa. El funcionamiento de conexión-desconexión  
del ondulator se repite subsiguientemente para controlar  
así el régimen de circulación de corriente del ondulator,  
de modo que se continúe un control de frenado regenera-  
tivo eficaz para que el motor se detenga casi por comple-  
to.

10                      Por otra parte, a una velocidad del motor  
más elevada que el valor nominal de la misma, cuando la  
tensión  $E_M$  generada en el motor es más alta que la ten-  
sión del tendido aéreo, el diodo  $D_M$  para el paso de la  
15      corriente del motor es mantenido conduciendo con inde-  
pendencia del estado en conducción o fuera de conducción  
del ondulator CH, y parte de la corriente del motor es  
hecha recircular como corriente regenerada directamente  
al tendido aéreo. Como el diodo  $D_M$  es mantenido en con-  
20      ducción, se forma un circuito de derivación en el que  
el circuito de inducido y el circuito que consiste en  
el devanado de campo en serie y el ondulator, están co-  
nectados en paralelo con el tendido aéreo. En esta con-  
dición, si el ondulator CH es puesto en conducción, la  
25      tensión generada en el motor es cortocircuitada en el

408 105



circuito cerrado  $M \rightarrow F \rightarrow CH \rightarrow MSL \rightarrow M$ , y parte  
de la corriente del motor es recirculada al tendido aéreo  
en forma de corriente regenerada, mientras que el resto  
circula hasta el ondulator en forma de corriente de cam-  
5 po, aumentando ambas gradualmente.

Cuando el ondulator CH está desconectado,  
la corriente de motor es recirculada al tendido aéreo al  
tiempo que se reduce gradualmente. Al mismo tiempo, el  
devanado de campo en serie es cortocircuitado formando  
10 un bucle cerrado  $F \rightarrow D_s \rightarrow D_M \rightarrow F$ , por lo que se  
reduce la corriente de campo. En consecuencia, la opera-  
ción antes mencionada se repite para el control de fre-  
nado regenerativo al tiempo que se satisface la condi-  
ción de debilitamiento de campo según la cual la corrien-  
15 te de inducido es mayor que la corriente de campo. Cuan-  
do la velocidad del motor se reduce hasta un valor infe-  
rior al valor nominal de la misma, se realiza automáti-  
camente una conmutación a la operación de control prece-  
dente.

20 Se comprenderá que el circuito de la fig.  
6 se caracteriza porque se consigue la regeneración del  
ondulator automáticamente mediante conexiones en serie  
y en derivación cuando la velocidad del motor es más al-  
ta y más baja que su velocidad nominal, respectivamen-  
25 te.

27



408 105

La fig. 7 representa cómo se efectúa la regeneración del ondulator mediante la conexión en derivación, independientemente de la velocidad del motor. En esta figura, a una velocidad del motor mayor que su velocidad nominal, en el estado de conducción del ondulator, parte de la corriente del motor circula hasta el tendido aéreo como corriente regenerada a través del bucle  $M \rightarrow D_M \rightarrow Fil \rightarrow P \rightarrow E \rightarrow MSL \rightarrow M$ , y el resto circula al ondulator CH en forma de corriente de campo, aumentando ambas gradualmente. Cuando el ondulator está desconectado, por el contrario, la corriente de motor circula en forma de corriente regenerada a través del bucle  $M \rightarrow D_M \rightarrow Fil \rightarrow P \rightarrow E \rightarrow MSL \rightarrow M$  hasta el tendido aéreo, mientras que la corriente de campo circula en el circuito  $F \rightarrow D_s \rightarrow F$ . Durante el proceso, se reducen ambas corrientes. (En lo que antecede se ha omitido la explicación de las resistencias  $R_F$  y  $R_{GH}$ ). Por tanto, a una velocidad del motor mayor que la velocidad nominal, como en el caso del circuito de la fig. 6, la operación de control se realiza en el estado de debilitamiento de campo, en que la corriente de inducido es mayor que la corriente de campo. Cuando el ondulator está en un estado de conducción a una velocidad del motor inferior a su valor nominal, la tensión generada en el motor es cortocircuitada en el bucle cerrado  $M \rightarrow F \rightarrow EH \rightarrow MSL \rightarrow M$ ,

408105



mientras que, al mismo tiempo, la corriente del motor, es decir, la corriente de campo es incrementada gradualmente, almacenándose su energía en la reactancia alisadora MSL. Cuando el ondulator CH está en un estado de fuera de conducción, por otra parte, la liberación de la energía desde la reactancia de alisamiento MSL hace que la corriente del motor circule en forma de corriente regenerada en el bucle cerrado  $M \rightarrow F \rightarrow D_M \rightarrow Fil \rightarrow P \rightarrow E \rightarrow MSL \rightarrow M$ , mientras que la corriente de campo circula en bucle cerrado  $F \rightarrow D_F \rightarrow F$ . Durante el proceso, se reducen ambas corrientes. En este último caso, si la constante de tiempo del circuito de campo devanado en serie, es decir, el bucle cerrado  $F \rightarrow D_F \rightarrow F$  es suficientemente grande en comparación con el ciclo conexión-desconexión del ondulator CH, la corriente de campo se reduce en menor medida durante el estado de fuera de conducción del ondulator, haciendo posible por tanto la regeneración del ondulator de acuerdo con las características del devanado en serie en que la corriente de inducido es casi igual a la corriente de campo. En los circuitos de las figs. 6 y 7, sin embargo, se presenta un problema que se mencionará en lo que sigue en el momento de realizar el control de debilitamiento de campo por conexión en derivación a gran velocidad del motor.

25

En el control de debilitamiento de campo

408 105

27



mediante conexión por derivación, el ondulator se utiliza para realizar la operación de control con el devanado de campo en serie, con una pequeña resistencia interna, conectada con el tendido aéreo y, por tanto, a no ser que  
5 el régimen de corriente mínimo del ondulator sea suficientemente bajo, es imposible controlar el devanado de campo en serie con el régimen de debilitamiento requerido. Como ya se ha mencionado, el régimen mínimo de corriente del ondulator no es menor que 0,06 a 0,08. Por tanto, suponiendo que la tensión  $E_s$  del tendido aéreo es de 1.500  
10 voltios y que la resistencia interna  $R_p$  del devanado de campo en serie es de 0,2 ohmios, la corriente de campo mínima controlable,  $I_{pmin}$  es:

15 
$$I_{pmin} = \frac{E_s \times \gamma_{min}}{R_p} = 450 \text{ a } 600 \text{ amperios.}$$

La corriente nominal del motor de 100 KW es de aproximadamente 400 amperios y, por tanto, la corriente de campo tiende a hacerse mayor que la corriente de motor. Realmente, sin embargo, el diodo  $D_M$  está  
20 fuera de conducción en tal caso, de modo que la corriente de motor no es reducida por debajo de la corriente de campo.

Como se ha ilustrado en lo que antecede,  
25 la corriente de campo no se reduce lo suficiente en com-

408 105

27



paración con la corriente de motor incluso al régimen mínimo de corriente del ondulator, dando lugar a la desventaja de que es imposible obtener un régimen de debilitamiento deseado.

5                    Un método bien conocido para superar este problema consiste en, como se muestra en la fig. 7, o bien conectar la resistencia  $R_F$  en serie con el devanado de campo F, o bien conectar la resistencia  $R_{CH}$  en serie con el ondulator CH, para obtener por tanto una corriente de campo mínima  $I_{Fmin}$  al régimen mínimo de circulación de corriente del ondulator tal que se consiga el régimen de debilitamiento deseado.

10                    La resistencia  $R_F$  ó  $R_{CH}$  sólo es necesaria a una elevada velocidad del motor, tal que  $E_s$  sea mayor que  $E_M$ , y sólo contribuye a generar pérdidas por resistencia, reduciendo la fuerza de frenado regenerativo a una velocidad baja del motor, a la que  $E_s$  es inferior a  $E_M$ . Por tanto, cuando la tensión  $E_s$  es mayor que  $E_M$ , es necesario cortocircuitar la resistencia  $R_F$  o  $R_{CH}$ , según sea el caso, mediante un contactor añadido ulteriormente al circuito.

15                    El dispositivo de acuerdo con el presente invento ha sido desarrollado en vista de estas desventajas, y un diagrama de circuito que representa una realización del mismo se ilustra en la fig. 8. Como resultará

408 105



evidente de esta figura, el tiristor de conmutación ATH está conectado en paralelo con el devanado de campo F para obtener los siguientes efectos:

- 5 (1) El diodo de regulación  $D_F$  para el devanado de campo puede omitirse.
- (2) El control de debilitamiento de campo se efectúa mediante funciones divisoras de corriente del devanado de campo en serie durante la conducción del tiristor de conmutación ATH, haciendo posible así un control de debilitamiento de campo requerido independientemente del régimen mínimo de circulación de corriente del ondula-
- 10 dor.

El funcionamiento de la realización de la fig. 8 es tal que, como en el circuito de la fig. 7, el control de frenado regenerativo se efectúa con el devanado del motor en derivación durante un amplio margen que va desde la marcha a alta velocidad del motor hasta su detención. Cuando el ondulator está en conducción, es decir, cuando el tiristor principal MTh está en conducción, a una velocidad del motor mayor que el valor nominal de la misma, parte de la corriente de motor circula en la forma de corriente regenerada hasta el tendido aéreo, a través del bucle cerrado  $M \rightarrow D_{MI} \rightarrow Fil \rightarrow P \rightarrow E \rightarrow MSL \rightarrow M$ , y el resto en forma de una corriente de campo a través del bucle  $M \rightarrow F \rightarrow WTh$

15

20

25



408105



A continuación se explicará en lo que sigue la relación entre el régimen de circulación de corriente del ondulator y el régimen de debilitamiento de campo. Al régimen mínimo de circulación de corriente del ondulator en el que, tanto el tiristor principal MTh como el tiristor de conmutación ATh están en conducción, no circula corriente en el devanado de campo en serie, y el régimen de debilitamiento se hace teóricamente del 100%. En realidad, sin embargo, la ausencia de corriente en el devanado de campo en serie da como resultado también la ausencia de corriente generada por el motor y, por tanto, la ausencia de una corriente regenerada, de manera que el máximo régimen de debilitamiento de campo requerido del motor está limitado a un valor que permite que circule una corriente regenerada, a la máxima velocidad del motor. El régimen máximo de debilitamiento de campo para el vehículo eléctrico se fija, usualmente, a aproximadamente 70-80%.

En el circuito de la fig. 8, cuando el valor de la corriente que circula en el ondulator se hace mayor que un régimen de circulación de corriente mínimo del mismo, es decir, cuando el tiristor principal MTh comienza a conducir antes que el tiristor de conmutación ATh, parte de la corriente del motor circula en el bucle cerrado  $M \rightarrow F \rightarrow MTh \rightarrow MSL \rightarrow M$  al tiempo

que, cuando el tiristor de conmutación ATh está en conducción y el ondulator está fuera de conducción, la corriente continúa circulando y disminuye en el camino

5  $F \rightarrow \left\langle \begin{matrix} \text{ATh} \\ \text{Dc} \end{matrix} \right\rangle \rightarrow F$ . Si la constante de tiempo de este

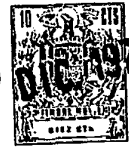
bucle cerrado, es decir, el circuito de campo, se hace suficientemente grande en comparación con el ciclo de control del ondulator, se obtiene el régimen de debilitamiento de campo máximo antes mencionado por el mero  
10 hecho de que el valor de circulación de corriente del ondulator excede ligeramente de su valor nominal mínimo.

Además, de acuerdo con el aumento del régimen de corriente que circula en el ondulator, disminuye el régimen de debilitamiento de campo para cambiar  
15 así al estado de control de campo total en el que la corriente de inducido es casi igual a la corriente de campo.

La realización de la fig. 8 es una en que un circuito en serie, consistente en el tiristor de conmutación ATh y una resistencia divisora de corriente o  
20 reactancia  $R_p$ , está conectado en paralelo con el devanado de campo en serie F. En ausencia de la resistencia divisora, la corriente de campo se reduce inconvenientemente hasta cero, al régimen mínimo de circulación de  
25 corriente del ondulator. En lugar de ello, se obtiene

408 105

27



el régimen de debilitamiento de campo máximo requerido al valor mínimo de circulación de corriente del ondulator, debido a la presencia de la resistencia  $R_F$ .

5 La inserción de la resistencia divisora de corriente  $R_F$  disminuye la constante de tiempo del circuito de campo devanado en serie, mientras que si provoca una reducción brusca de la corriente de campo durante la puesta fuera de conducción del ondulator, puede insertarse una reactancia alisadora  $MSL_F$ , en serie con el devanado de campo, como se muestra en el dibujo.

Además, la realización de la fig. 8 está provista de un diodo  $D_A$  para impedir la descarga del condensador de conmutación  $Co$ . De otro modo, cuando el tiristor principal  $MTh$  conduce, las cargas eléctricas almacenadas en el condensador de conmutación  $Co$  se liberan hasta un valor correspondiente a la tensión en terminales del devanado de campo  $F$  del bucle cerrado  $Co \rightarrow Lo \rightarrow R_F \rightarrow MSL_F \rightarrow F \rightarrow MTh \rightarrow Co$ . Por tanto, si la tensión en terminales del devanado de campo es baja debido a un bajo valor de su resistencia interna, se presenta la necesidad de aumentar la capacidad del condensador de conmutación  $Co$  en correspondencia, dando como resultado un coste más elevado del conmutador. Esta es la razón por la que está previsto el


408 105 27



5 diodo  $D_A$ , con el fin de impedir la descarga del condensador de conmutación  $C_o$ . La disposición del diodo  $D_A$  es menos cara que el aumentar, alternativamente, la capacidad del condensador de conmutación  $C_o$ , debido a que el diodo  $D_A$  requiere solamente una pequeña capacidad de corriente para aceptar el que circule una corriente solamente durante un corto período de tiempo, durante la conducción del tiristor de conmutación  $A_{Th}$ .

10 En lo que antecede se ha realizado una detallada explicación acerca del presente invento, con referencia a la regeneración de ondulator. El invento, sin embargo, no está limitado a la regeneración de ondulator, sino que encuentra también uso en el control de frenado para generación de corriente con un ondulator. En este caso, un circuito de potencia (que incluye un circuito de filtro) en el que una corriente de motor es regenerada, puede sustituirse por una resistencia de frenado  $R$ , como se muestra en el ejemplo de la fig. 9.

15 En el caso de frenado por regeneración de corriente, no hay necesidad de reducir la tensión generada en el motor hasta un valor inferior a la tensión de fuente de alimentación y, por tanto, para algunos motores es posible efectuar el control del frenado a una velocidad del motor dos o tres veces más alta que su valor nominal, sin debilitar el devanado de campo en se-

408 105 27 

rie. En tal caso, puede conectarse una resistencia de frenado R en paralelo con el circuito en serie que comprende el inducido M y el devanado de campo F, como se muestra con línea interrumpida en la fig. 9, con el fin de cortocircuitar el devanado de campo F e impedir la perforación de los tiristores en el caso de ocurrir un fallo en la conmutación del ondulator, lo que de otro modo daría como resultado una corriente parásita o un cambio brusco del par del motor. Para este fin, puede omitirse el diodo de derivación  $D_B$  del ondulator.

En la realización de la fig. 9, el devanado de campo F, que es cortocircuitado solamente durante un período de tiempo muy corto durante la conducción del tiristor de conmutación ATh, es debilitado en pequeña medida.

Asímismo, es innecesario decir que el presente invento se aplica eficazmente a un ondulator de nonio o de precisión.

Además, es posible proporcionar al dispositivo del presente invento una característica de "adherencia repetida", por la que, si el motor patina, el tiristor principal MTh es mantenido fuera de conducción y el tiristor de conmutación ATh es mantenido en conducción, con el fin de reducir así el par motor para conseguir una nueva adherencia, impidiendo el patinazo.

408 105



1972

Además, es innecesario decir que el presente invento se aplica también efectivamente a un circuito ondulator que emplee un tiristor de conducción inversa, que contenga los diodos  $D_E$  y  $D_c$ .

5                    La presente solicitud, que corresponde a la presentada en Japón, el 29 de Octubre de 1.971, bajo el Nº 85.511/1971 y Nº 85.512/1971, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

10

REIVINDICACIONES

15

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:

20                    1ª.- Un aparato para controlar un motor de corriente continua con devanado en serie, que comprende un ondulator de tiristores conectado en serie con el in-

25

19-12-72

- 39 -

408 105

27



ducido y con la bobina de campo de dicho motor devanado en serie de corriente continua, incluyendo dicho ondula  
dor de tiristores un primero y un segundo tiristores co  
nectados en serie entre sí y medios de conmutador para  
5 aplicar una tensión inversa a dichos tiristores cuando  
los mismos están en conducción, estando conectado uno  
de dichos tiristores en paralelo con dicha bobina de  
campo.

2ª.- Un aparato según la reivindicación 1ª,  
10 en el que dicho circuito en serie consistente en dicho  
inducido, dicha bobina de campo y dicho ondulator de  
tiristores, está conectado con una fuente de alimenta  
ción de corriente continua.

3ª.- Un aparato según la reivindicación  
15 1ª, en el cual ambos terminales de dicho circuito en  
serie consistente en dicho inducido, dicha bobina de  
campo y dicho ondulator de tiristores, están cortocir  
cuitados entre sí, y una fuente de alimentación de co  
rriente continua está conectada a través de dicho indu  
cido.  
20

4ª.- Un aparato según la reivindicación  
1ª, en el que ambos terminales de dicho circuito en se  
rie consistente en dicho inducido, dicha bobina de cam  
po y dicho ondulator de tiristores, están cortocircui  
25 tados entre sí y una fuente de alimentación de corrien

408 105



te continua está conectada a ambos terminales de un circuito en serie consistente en dicho inducido y dicha bobina de campo.

5 5ª.- Un aparato según la reivindicación 1ª, en el que ambos terminales de dicho circuito en serie consistente en dicho inducido, dicha bobina de campo y dicho ondulator de tiristores, están cortocircuitados entre sí, y una resistencia de frenado está conectada a ambos terminales de dicho inducido.

10 6ª.- Un aparato según la reivindicación 1ª, en el cual ambos terminales de dicho circuito en serie que comprende dicho inducido, dicha bobina de campo y dicho ondulator de tiristores, están cortocircuitados entre sí y una resistencia de frenado está conectada a  
15 ambos terminales de un circuito en serie consistente en dicho inducido y dicha bobina de campo.

20 7ª.- Un aparato según la reivindicación 2ª, que comprende un dispositivo de control ondulator en el que la frecuencia de una señal de disparo aplicada a uno de dichos tiristores es variable y se aplica una señal de disparo al otro de dichos tiristores.

25 8ª.- Un aparato según la reivindicación 1ª, que comprende medios de conmutación para conectar a una fuente de alimentación de corriente continua dicho circuito en serie consistente en dicho inducido, di-

A handwritten signature consisting of stylized, overlapping letters, possibly "MS", written in dark ink.

408 105



cha bobina de campo y dicho ondulator de tiristores o dicho circuito en serie consistente en dicho inducido y dicha bobina de campo.

5 9ª.- Un aparato según la reivindicación 1ª, en el que una resistencia  $R_F$  está insertada en un circuito cerrado que incluye dicha bobina de campo y uno de dichos tiristores.

10 10ª.- Un aparato según la reivindicación 1ª, en el que un diodo  $D_A$  está insertado en un circuito cerrado que incluye dicha bobina de campo y uno de dichos tiristores.

11ª.- Un aparato según la reivindicación 2ª, en el que un diodo  $D_{FI}$  está conectado en paralelo con dicho inducido.

15 12ª.- Un aparato según la reivindicación 2ª, en el que un diodo  $D_{F2}$  está conectado en paralelo con un circuito en serie consistente en dicho inducido y dicha bobina de campo.

20 13ª.- Un aparato para controlar un motor de corriente continua con devanado en serie.

25

19-12-72

- 42 -

408 105

27 DIC 1972



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 tres hojas escritas a máquina por una sola cara.

5

Madrid, 27 DIC. 1972

P.A. Alberto de Lizasoain  
Per Podar

10

15

20

25

RMM  
19-12-72

- 43 -

408 105

27



FIG. 1

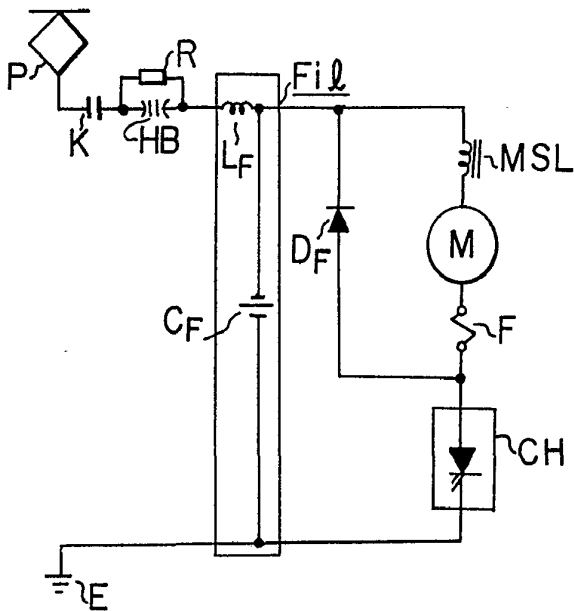


FIG. 2

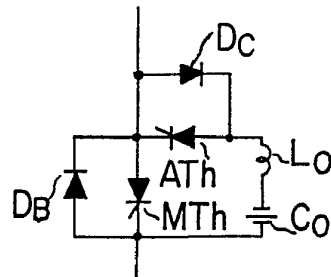
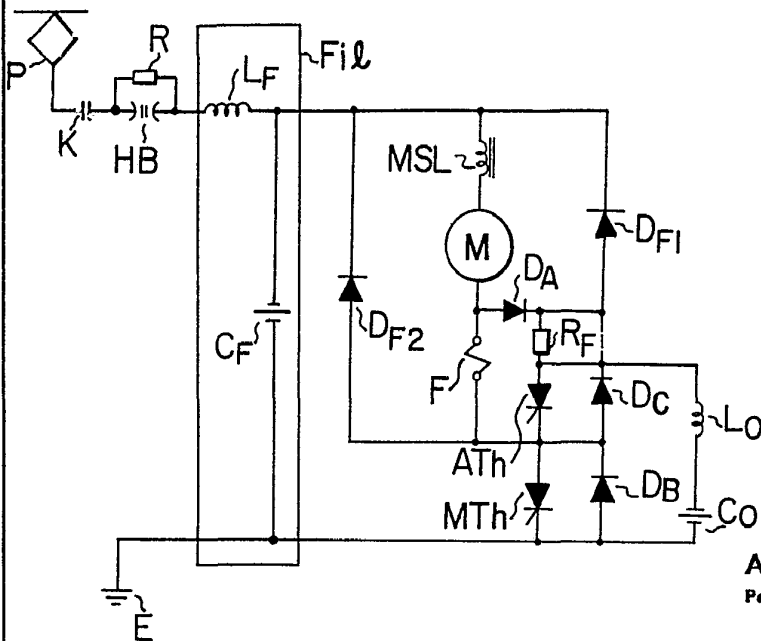


FIG. 3



Alberto de Elzaburo  
Per Poder.

*[Handwritten signature]*

408105

12 FEB 1973



FIG.4

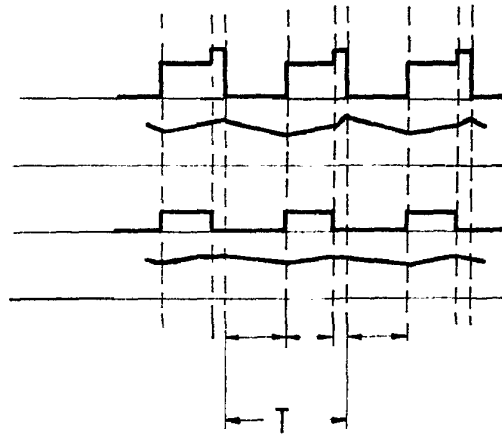
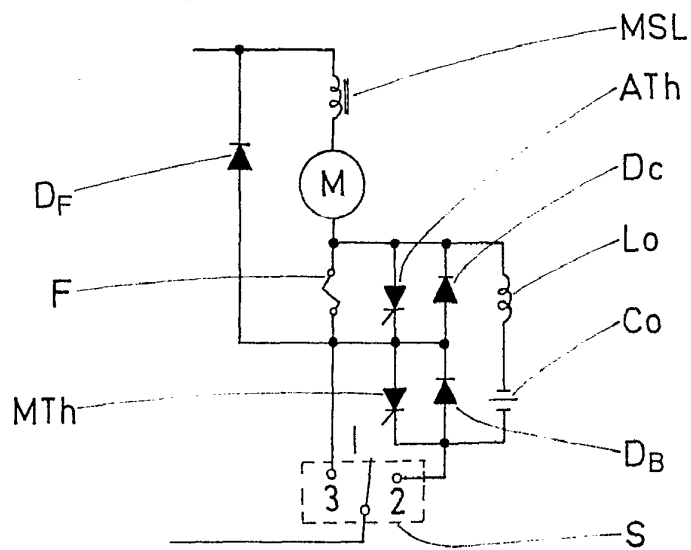


FIG.5



Alberto G. Lombardi  
Per Roda

P 32323

408 105

27016 1972  
BIEZ 619

FIG. 6

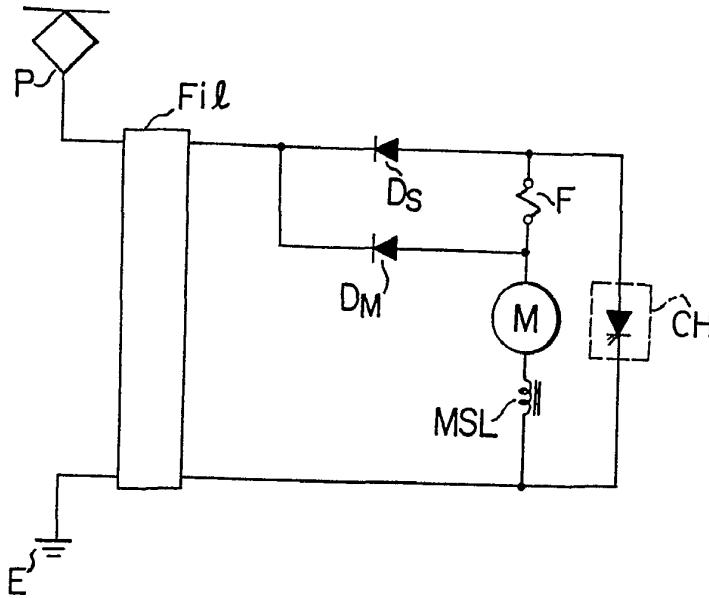
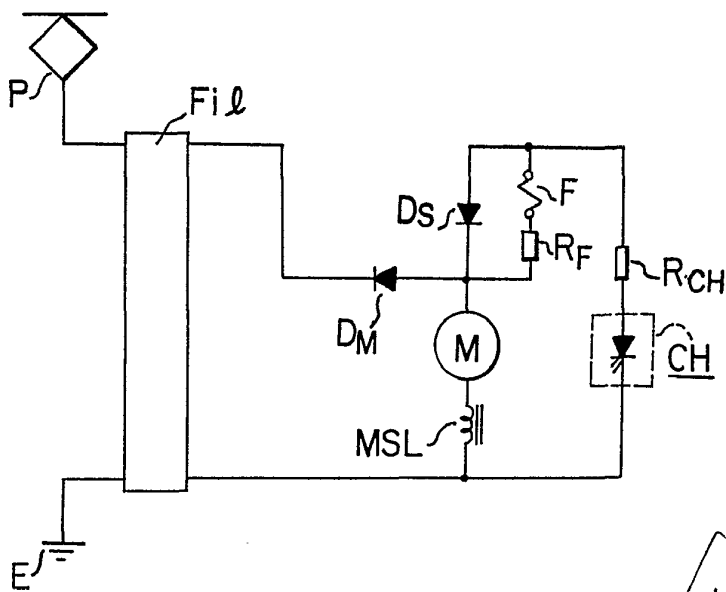


FIG. 7



Alberto de Elizaburu  
Per Podes

408 105 27 DEC 1972

FIG. 8

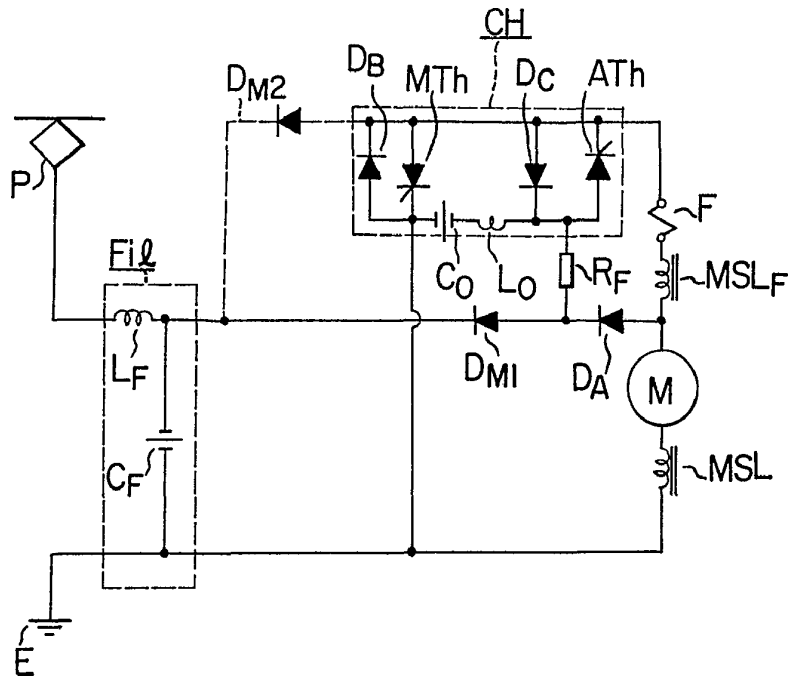
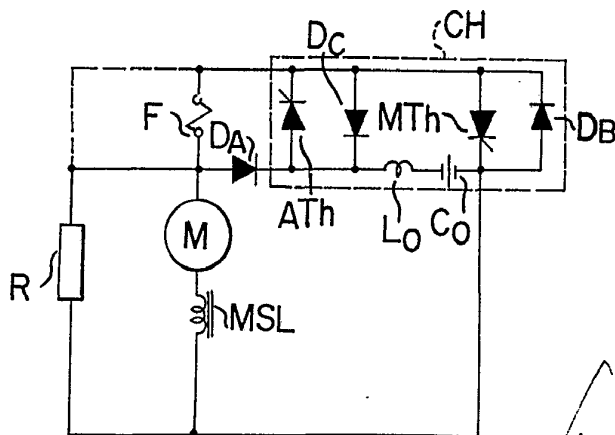


FIG. 9



Alberio de Elizaburu  
Per Poderu