

374959

PATENTE DE INVENCION

G 05 F 3/02

SECCION TECNICA
CLAS. NACION. I. P. C.
CLASE H 01
SUBCLASE IV

B.3510-3. PG.

HOLF 27



Memoria Descriptiva

sobre:

PROCEDIMIENTO Y DISPOSITIVO PARA INTRODUCIR,
RETENER Y ENTRETENER UNA CORRIENTE ELECTRICA
EN UN CIRCUITO SUPRACONDUCTOR.

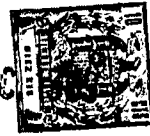
Solicitante

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE, entidad
francesa, residente en: 29, rue de la
Fédération, PARIS 15e, Francia.

La presente invención se refiere a un proce-
dimiento para introducir, almacenar y, en caso dado,
entretener, una corriente eléctrica en un circuito su-
praconductor y se refiere igualmente a los dispositivos
que permiten poner en práctica este procedimiento.

5.

POOR
QUALITY



- De una forma muy general, se sabe que para retener una corriente en un circuito que comprende generalmente una bobina de autoinducción L o un enrollamiento de material supraconductor, conviene, tras haber establecido la corriente I_0 a retener a través de esta autoinducción por cualquier medio apropiado, conectar los bornes A y B de esta autoinducción, por un contacto eléctrico y principalmente por el cierre de un interruptor K dispuesto entre estos bornes como se indica en la figura 1 del dibujo adjunto. La autoinducción L y el interruptor K están dispuestos de preferencia en un recinto criogénico, delimitado en trazos sobre este dibujo y que permite llevar el material que constituye la autoinducción al estado de supraconductor. El interruptor K puede cuando está cerrado, ser un elemento totalmente supraconductor, la corriente I_0 está entonces indefinidamente retenida en el circuito cuando el generador G que crea la tensión necesaria está desconectado, o bien estar constituida por un dispositivo que presenta, cuando está cerrado, una resistencia eléctrica y suficientemente pequeña para que, una vez desconectado el generador, la constante de tiempos L/r de decrecimiento de la corriente en la autoinducción L sea suficientemente reducida frente a la duración del almacenamiento de la energía, para que este decrecimiento pueda ser tolerado o estimado despreciable.

- De una manera clásica, la introducción de la corriente I_0 en la autoinducción se efectúa como sigue: en un primer tiempo, el interruptor K está abierto, se establece entre los bornes A y B una diferencia de po-



tencial V por medio del generador G ; la corriente $I(t)$ en la autoinducción verifica la ecuación:

$$(1) \quad V(t) = L \frac{dI(t)}{dt}$$

5. De donde se deduce que si $V(t)$ es positiva, $\frac{dI(t)}{dt}$ es igualmente positivo, lo que significa que

$I(t)$ crece. Por el contrario, si $V(t)$ es negativo $\frac{dI(t)}{dt}$ es negativo e $I(t)$ decrece.

La relación (1) permite por integración calcular la corriente en la autoinducción en el instante t .

$$10. \quad (2) \quad I(t) = \frac{1}{L} \int_0^t V(t).dt$$

15. Cuando la corriente $I(t)$ alcanza el valor I_0 que se desea retener en la autoinducción L , el interruptor K está cerrado y el generador G desconectado. Entonces son posibles dos casos según que la resistencia eléctrica del interruptor sea nula o que presente un valor pequeño pero finito r .

20. En la primera hipótesis que corresponde al interruptor supraconductor, la relación (1) se escribe, puesto que la tensión V es nula:

$$(3) \quad L \frac{dI(t)}{dt} = 0 \text{ de donde}$$

$$(4) \quad I = I_0 = \text{constante}$$

25. la corriente I_0 permanece así indefinidamente retenida en la autoinducción L .

En la segunda hipótesis en la que la resistencia del interruptor no es nula, la relación que expresa la corriente en la autoinducción se escribe:



$$(5) \quad \frac{L \, dI(t)}{dt} + r I(t) = 0$$

de donde:

$$(6) \quad I = I_0 \cdot e^{-\frac{r}{L} t}$$

5. Se ve en estas condiciones que I_0 decrece con la constante de tiempo L/r .

10. La aplicación de este procedimiento conocido no es simple más que cuando la tensión producida por el generador sea continua, o por lo menos, de signo constante, si varía en amplitud. Por el contrario, si la tensión proporcionada por el generador es variable y susceptible de cambiar de signo, principalmente si es alternativa o si puede anularse durante un tiempo relativamente largo sin cambiar de signo, la maniobra del interruptor se hace más compleja.

15. Se deduce en efecto de las observaciones generales precedentes que el interruptor colocado entre los bornes del circuito supraconducto debe estar abierto, es decir, introducir entre estos bornes una resistencia eléctrica muy grande cuando la tensión es positiva. Por el contrario, este interruptor debe estar cerrado, es decir, debe poner en corto-circuito estos bornes cuando la tensión es negativa.

20. Además, cuando la tensión se anula durante un cierto tiempo sin hacerse negativa, es preciso que el interruptor esté cerrado. De otro modo, en efecto la corriente se vuelve a cerrar por el generador que presenta una resistencia interna no nula y la corriente retenida disminuye.

25. La presente invención tiene por objeto un procedimiento para introducir, retener y entretener una
30.



- corriente en un circuito supraconductor, utilizando un generador de tensión de signo variable, principalmente alterna, o un generador cuya tensión sea susceptible de anularse durante un cierto tiempo, que reposa sobre
5. las consideraciones expresadas anteriormente.
- A este efecto, este procedimiento consiste en montar en los bornes del circuito un rectificador de corriente conectado de tal forma que su sentido directo corresponda a una tensión negativa establecida entre estos bornes.
10. tos bornes.
- En el modo de realización más simple de un dispositivo o montaje que utiliza el procedimiento, según la invención, el generador de tensión está directamente conectado a los bornes del circuito supraconductor, principalmente constituido por una bobina supraconductora, entre los cuales está montado, al menos, un rectificador de corriente. Sin embargo, y para introducir en el circuito toda la energía disponible proporcionada por el generador, cualquiera que sea el signo de
15. la tensión emitida, el circuito supraconductor está ventajosamente conectado al generador por un puente de rectificadores, que proporcionan a partir de una tensión de sentido variable emitida por el generador, una tensión de signo constante en los bornes del circuito.
20. Según diversas variantes igualmente, se pueden constituir los rectificadores, bien por medio de diodos, bien por medio de rectificadores con tres electrodos, tales como transistores o tiristores, montados con dos electrodos comunes.
25. El complemento de descripción que sigue, dado
- 30.



a título indicativo y no limitativo, ilustra diversos ejemplos de realización de tales circuitos.

En los dibujos:

- 5. - las figuras 2 y 3 ilustran dos variantes de realización del montaje de rectificadores en los bornes de un circuito supraconductor,
 - la figura 4 representa la característica de un rectificador de un tipo dado,
 - las figuras 5 y 6 son vistas esquemáticas
- 10. de otros dos montajes en los que los rectificadores están constituidos por elementos con tres electrodos,
 - las figuras 7 y 8 ilustran también otras dos variantes de montajes.
- 15. En la figura 2, se encuentra el montaje ya considerado con relación a la figura 1, que comprende una bobina de autoinducción L de un material supraconductor, cuyos bornes A y B están conectados a un generador de tensión G . La autoinducción L está dispuesta en un recinto criogénico E . Entre los bornes A y B está montado, según la invención, un rectificador constituido por un diodo D que no deja pasar una corriente en el circuito de la bobina de autoinducción L más que para un valor negativo de la tensión establecida entre estos bornes.
- 20.
- 25. En estas condiciones, si el generador G emite una tensión (o una corriente) de sentido variable, por ejemplo, estando constituido por una red de corriente alterna, o por una antena receptora de ondas electromagnéticas, o bien incluso por un transductor de energía mecánica en energía eléctrica, el rectificador D
- 30.



- corto-circuita el generador G cuando la tensión emitida en sus bornes es en el sentido directo, y juega por este hecho un papel análogo al interruptor K cuando es tá cerrado. Por el contrario, en el sentido inverso, este rectificador presenta una resistencia elevada y provoca un aumento de corriente en la bobina de autoinducción L según la relación (2).
- 5.

- Igualmente, si el generador G emite una tensión de sentido constante, pero susceptible de anularse durante largos intervalos de tiempo (por ejemplo, si se trata de pilas termoeléctricas o fotoeléctricas, tales como termopares, o pilas solares, como las que equipan los satélites) el rectificador D corto-circuita el generador G cuando la tensión emitida en sus bornes se hace nula, y cierra así el circuito de almacenamiento.
- 10.
- 15.

- El montaje ilustrado en la figura 3, permite introducir en la bobina de autoinducción L la energía disponible en los bornes del generador G cualquiera que sea el sentido de la tensión emitida. A este efecto, los bornes A y B de una parte y A' y B' por otra parte, están conectados por cuatro diodos D₁, D₂, D₃ y D₄ montados en puente como se indica en la figura, y que permitan, a partir de una tensión de sentido variable entre A' y B', obtener entre A y B una tensión de sentido constante por rectificación de las alternancias. El resto del circuito, que comprende el rectificador o diodo D, es análogo al ilustrado en la figura 2.
- 20.
- 25.

- Es de hacer notar que en el montaje precedente, los diodos D₁, D₂, D₃ y D₄ pueden estar totalmente separados del propio circuito supraconductor y princi-
- 30.

27 DIC 1957



- palmente no estar colocados en el interior del recinto criogénico E. En efecto, estos diodos tienen solamente por finalidad rectificar la tensión y no retener la corriente en el circuito. Es, sin embargo, ventajoso que estos diodos estén provistos de conexiones supraconductoras. Como variante, se podría tratar de suprimir pura y simplemente el rectificador D. En este caso, son los diodos D_1 y D_3 en serie y en paralelo con D_2 y D_4 , igualmente en serie entre sí, los que aseguran la retención de la corriente.
- 5.
- 10.
- Si r designa la resistencia en el sentido directo del rectificador D en uno u otro de los montajes de las figuras 2 o 3, la corriente retenida en la bobina de autoinducción L se amortigua según la ley dada por la relación (6). El rectificador o diodo D debe, pues, elegirse de tal forma que sus resistencia eléctrica en el sentido directo sea suficientemente pequeña ante el valor de la bobina de autoinducción L. A título indicativo, con un rectificador D constituido por un diodo tipo 303 Z4 o 319 Z4, la característica corriente-tensión está dada en la figura 4. En ella, se revela fácilmente la tensión V más allá de la cual se efectúa el paso del diodo del sentido inverso (a la izquierda de la curva) el sentido directo (a la derecha de la curva), siendo ligeramente superior esta tensión a 1 voltio cuando el diodo se lleva a la temperatura de $4,2^{\circ}$ K de helio líquido, por ejemplo. Cuando el diodo es atravesado por una corriente en el sentido directo, la tensión en sus bornes, que es igual a V_0 , permanece pues prácticamente constante cualquiera que sea el valor de esta corriente.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.

374959

- 9 -



En estas condiciones y en el caso del montaje, según las figuras 2 o 3, la corriente I_0 retenida en la bobina de autoinducción L evolucionará según la relación:

$$(7) \quad L \frac{dI(t)}{dt} + V_c = 0$$

5. con $V_c = \text{constante}$. De donde se deduce:

$$(8) \quad I = I_0 - \frac{V_c}{L} t$$

La corriente I en la bobina de autoinducción decrece, pues, linealmente en función del tiempo. Se anula en el instante t tal que:

$$10. \quad (9) \quad t = \frac{L}{V_c} I_0$$

En estas condiciones, el rectificador D se elige de tal forma que la relación L/V_c sea lo mayor posible con el fin de que la corriente retenida en la bobina no se anule más que tras un tiempo lo mayor posible.

15.

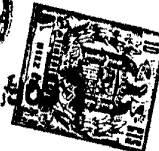
De una forma general, los diodos D de una parte y D_1 a D_4 por otra parte, pueden reemplazarse por cualquier otro sistema rectificador apropiado. En particular, se pueden utilizar transistores o tiristores.

20.

Así en la figura 5 se ha representado uno de dichos transistores, que comprende un emisor 10, una base 11 y un colector 12, la base y el colector están conectados por una conexión 13; tal montaje es entonces equivalente al diodo D precedentemente citado.

25.

En la figura 6, se encuentra de nuevo el mismo rectificador en el que la base y el colector están conectados por intermedio de un circuito 14, que com-



prende una resistencia eléctrica 15 y un condensador 16 montados en paralelo. Esta resistencia 15 sirve para polarizar correctamente la base, limitando al mismo tiempo la corriente emisor-base. El condensador 16 está destinado a transmitir a la base las variaciones rápidas de potencial entre los bornes del rectificador.

5. En el montaje correspondiente que utiliza un tiristor, el ánodo y el electrodo de accionamiento están conectados eventualmente por intermedio de una resistencia de protección.

10. En la figura 7, el generador G está reemplazado por un transformador supraconductor en el que L_1 designa la autoinducción-inducción del enrollamiento primario supraconductor, L_2 la autoinducción-inducción del enrollamiento secundario y M la inducción mutua de los dos enrollamientos en los que se quiere introducir una corriente, i_1 e i_2 las corrientes primarias y secundarias y Da y Db dos diodos que aseguran la comunicación automática del circuito que permite la inducción y la retención de la corriente proporcionada.

15. En el circuito precedente, la corriente en el enrollamiento L_2 del circuito supraconductor se establece por tramos sucesivos, de acuerdo a las disposiciones ya descritas en la patente francesas nº 1.522.300 del 23 de febrero de 1967, los diodos Da y Db juegan simultáneamente un doble papel de interruptores y de dispositivo de conmutación automática de éstos.

20. Igualmente en la variante de la figura 8, el enrollamiento secundario del transformador está dividido en dos enrollamientos simétricos L_{21} y L_{22} , el cir-

25.

30.

- cuito a cargar L_2 está conectado al punto medio de estos enrollamientos y además está montado en paralelo con un primer diodo D_a , mientras que otros dos diodos D_1 y D_2 juegan alternativamente para las dos partes del montaje el papel de diodo D_b del circuito, según la figura 7. Esta disposición tiene por ventaja permitir la utilización para la carga del circuito supraconductor de las dos alternancias de la corriente i_2 proporcionada al secundario del transformador.
- 5.
10. Con el montaje de las figuras 7 y 8, es posible derivarse directamente sobre el sector, por ejemplo. Se puede subrayar en efecto que, en tal utilización, solamente el transformador supraconductos es recorrido por una corriente alterna, en lo que concierne a su enrollamiento primario. Su enrollamiento secundario está recorrido por una corriente de sentido constante (efecto del rectificador D_b o de los rectificador D_1 y D_2), pero de intensidad variable. La autoinducción de almacenamiento de energía L_2 está recorrida por una corriente de sentido constante y de intensidad alternativamente constante o lentamente creciente. Resulta sobre todo la necesidad de precauciones particulares para la realización del enrollamiento primario del transformador, utilizándose éste en corriente alterna de frecuencia industrial. Se puede realizar este primario:
- 15.
- 20.
- 25.
- bien por medio de conductores clásicos muy puros (por ejemplo, de cobre o de aluminio) que presentan una resistencia muy pequeña a temperatura muy baja, y que dan lugar a un efecto Joule reducido;
- 30.
- bien por medio de supraconductores muy fuer



- temente estabilizados (principalmente por un exceso de materiales muy buenos conductores de la electricidad, como el cobre o el aluminio, o por materiales eléctricamente resistentes, y sin embargo, buenos conductores del calor, como aleaciones níquel-cobre, etc., lo que permite una mejor distribución del campo magnético y reduce los fenómenos de degradación en régimen alterno);
5. - bien por medio de un circuito primario sobredimensionado.
10. Se pueden utilizar las mismas soluciones para el secundario del transformador y para las conexiones entre este secundario, los rectificadores y la autoinducción L_2 . Estas soluciones son en este caso menos imperativas porque la corriente no cambia ya de sentido en estas partes del circuito.
15. Para la autoinducción L_2 , que no "ve" más que una corriente alternativamente constante o lentamente creciente, estas soluciones se imponen de forma aún mucho menos imperativa.
20. Es conveniente finalmente hacer notar que, como en las otras variantes ya citadas, los diodos de los montajes de las figuras 7 y 8 pueden estar reemplazadas por rectificadores con tres electrodos, tales como transistor, tiristor.
25. Cualquiera que sea el montaje adoptado, la energía almacenada en la autoinducción L puede ser en todo momento descargada sobre una impedancia de utilización exterior conectando ésta a los bornes del circuito, tras desconexión del generador G y apertura del interruptor colocado entre estos bornes. Esta apertura
- 30.



puede obtenerse, bien actuando sobre la tensión de base en el caso en que el interruptor está constituido por un transistor, bien colocando en serie con el rectificador D un interruptor supraconductor clásico abierto en el instante adecuado.

5.

Quede bien entendido que la invención no está en modo alguno limitada a los ejemplos de realización más especialmente descritos y representados; abarca por el contrario todas las variantes.

10.

- N O T A -

Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas, son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental. También se hace constar que el invento corresponde a dos solicitudes de patente presentadas en Francia, con fechas las dos de 27 de diciembre de 1968, bajo los números PV.181.325 y PV.181.326, acciéndose por lo tanto, a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor, siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita Patente de Invención, por 20 años en España: PROCEDIMIENTO Y DISPOSITIVO PARA INTRODUCIR, RETENER Y ENTRETENER UNA CORRIENTE ELECTRICA EN UN CIRCUITO SUPRA CONDUCTOR; caracterizándose por lo siguiente:

25.

1ª.- Procedimiento para introducir, retener y entretener una corriente eléctrica en un circuito supraconductor, proporcionada por un generador de tensión, caracterizado porque comprende montar en los bornes del

30.

circuito un rectificador de corriente conectado de tal forma que su sentido directo corresponde a una tensión negativa establecida entre estos bornes.

5. 2ª.- Dispositivo para la realización del procedimiento según la reivindicación 1ª, caracterizado porque comprende un generador de tensión directamente conectado a los bornes del circuito supraconductor entre los cuales está montado, al menos, un rectificador.

10. 3ª.- Dispositivo según la reivindicación 2ª, caracterizado porque el circuito está conectado al generador de tensión por un puente de rectificadores, que proporcionan a partir de la tensión de signo variable emitida por el generador, una tensión de signo constante en los bornes de este circuito.

15. 4ª.- Dispositivo según la reivindicación 2ª, caracterizado porque los rectificadores están constituidos por diodos.

20. 5ª.- Dispositivo según la reivindicación 2ª, caracterizado porque los rectificadores están constituidos por transistores o tiristores, montados con base y colectores comunes.

25. 6ª.- Dispositivo según la reivindicación 2ª, caracterizado porque los rectificadores están constituidos por tiristores montados con ánodo y electrodo de accionamiento comunes.

7ª.- Dispositivo según la reivindicación 2ª, caracterizado porque el generador de tensión emite una tensión de signo variable.

30. 8ª.- Dispositivo según la reivindicación 7ª, caracterizado porque el generador de tensión emite una

374959

- 15 -



tensión alterna.

9ª.- Dispositivo según la reivindicación 2ª, caracterizado porque el generador de tensión emite una tensión de signo constante susceptible de anularse.

5. 10ª.- Dispositivo según la reivindicación 2ª, caracterizado porque el generador de tensión está constituido por un transformador cuyo enrollamiento primario es supraconductor y en el que el enrollamiento secundario está conectado directamente por sus bornes a los del circuito supraconductor, un primer rectificador está montado en paralelo sobre el enrollamiento secundario y un segundo rectificador montado en serie.

10. 11ª.- Dispositivo según la reivindicación 10ª, caracterizado porque el enrollamiento secundario comprende un punto medio conectado a uno de los bornes del circuito supraconductor cuyo otro borne está conectado a un punto común con dos conexiones conectadas respectivamente a las extremidades del enrollamiento secundario, estando en paralelo al circuito supraconductor con un primer rectificador, cada una de las conexiones comprende otro rectificador colocado en serie.

15. 12ª.- Procedimiento y dispositivo para introducir, retener y entretener una corriente eléctrica en un circuito supraconductor; tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria e ilustrado en los dibujos que se acompañan.

20. Esta Memoria consta de quince hojas, escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

27 DIC. 1969

COMMISSAIRE A L'ENERGIE ATOMIQUE,

J. GOMEZ ACEBO Y MODEI

n. n. Firmado: F. Hernández Rula

374059



FIG. 1

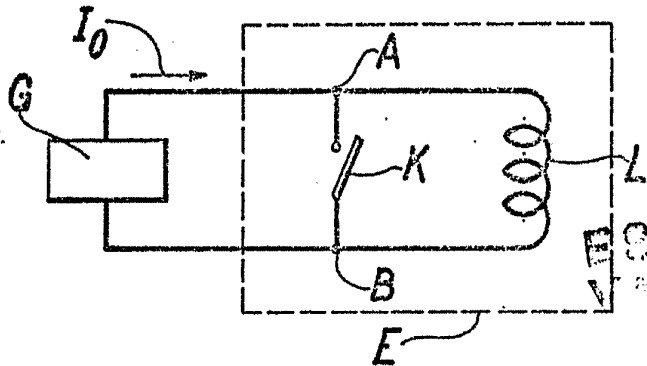


FIG. 2

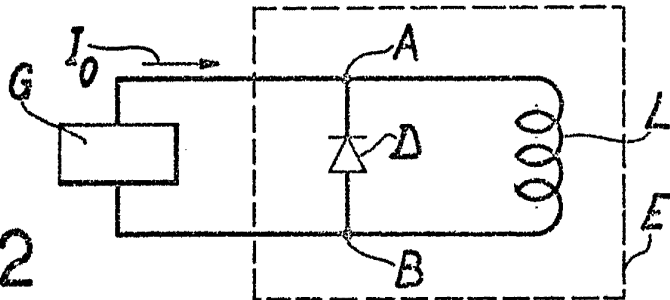
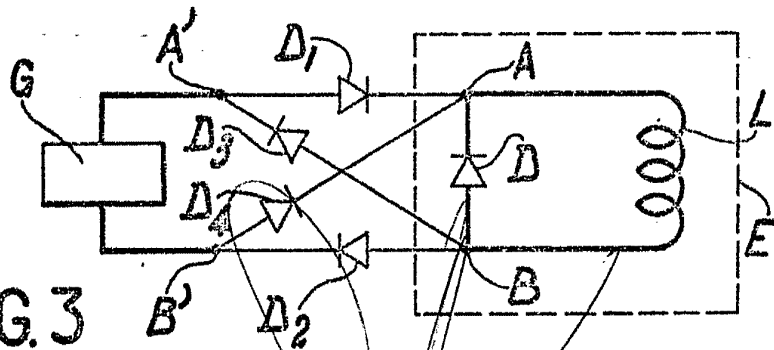


FIG. 3



Madrid 27 Dec 1969

J. GOMEZ ACEBO Y MONEJ
p. p. Firmado: F. Hernández Ruiz



27 DIC

ESCALA A
VARIABLE

FIG. 4

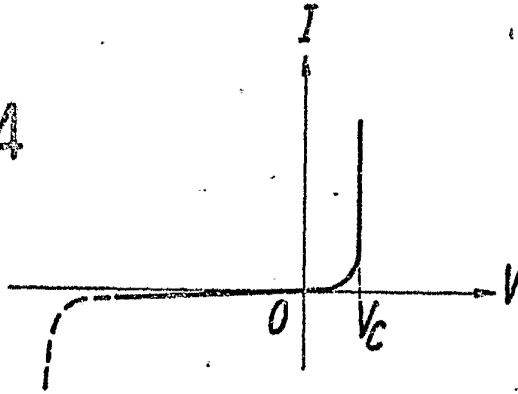


FIG. 5

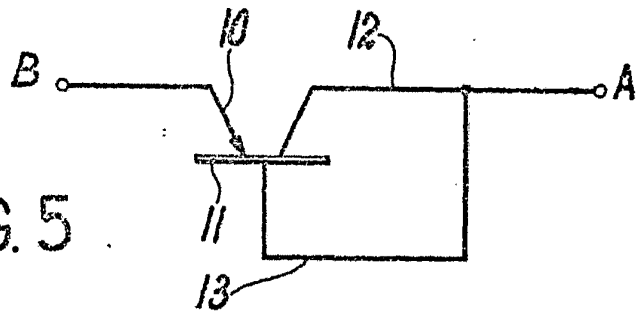
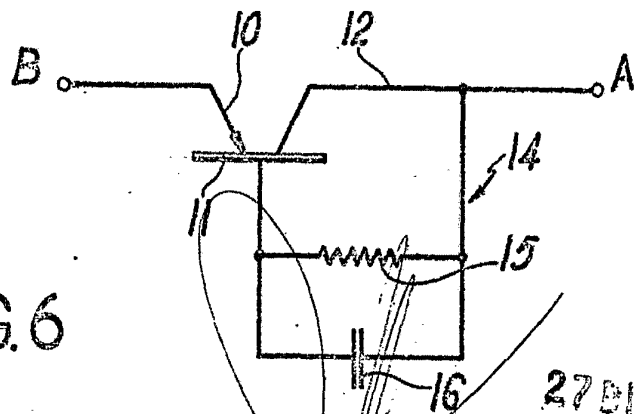


FIG. 6



27 DIC. 1889

Madrid

J. GOMEZ ACEBO Y MODET
s. d. Firmado: F. Hernández Ruba

374959

27



REGALA
VARIABLE

FIG. 7

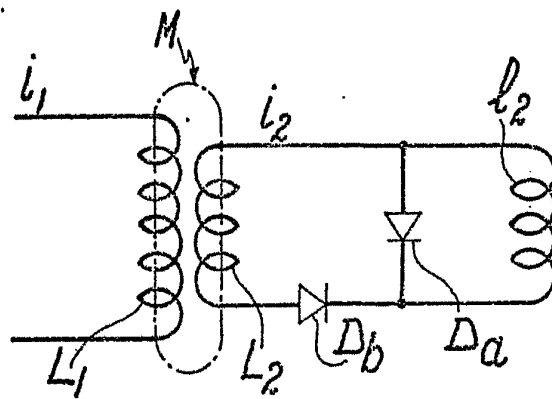
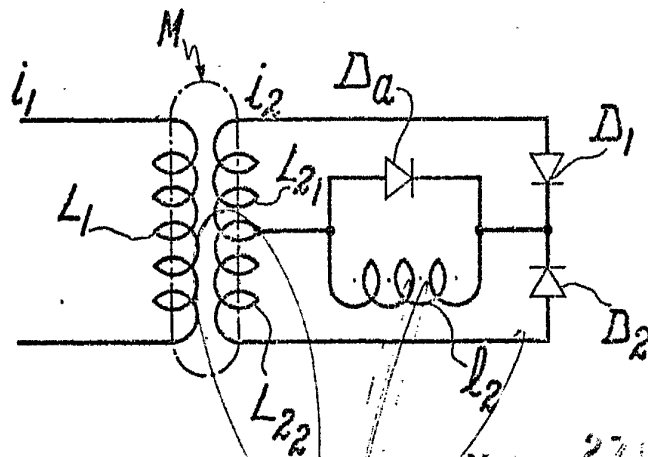


FIG. 8



Madrid 27 Dic. 1953

I. GOMEZ ACEBO Y MODEY
- c. Elnador E. Hornández Ruiz