



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 360 513**

51 Int. Cl.:

**H02P 9/30** (2006.01)

**H02K 19/34** (2006.01)

**H02J 7/14** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06075620 .2**

96 Fecha de presentación : **13.12.2000**

97 Número de publicación de la solicitud: **1667318**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.06.2006**

54

Título: **Alternador con regulación de múltiple tensión de salida.**

30

Prioridad: **16.12.1999 US 464919**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**06.06.2011**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**06.06.2011**

73

Titular/es: **C.E. NIEHOFF & COMPANY**  
**2021 Lee Street**  
**Evanston, Illinois 60202, US**

72

Inventor/es: **Jabaji, Issam**

74

Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 360 513 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Alternador con regulación de múltiple tensión de salida

5 **Antecedentes**

Esta invención se refiere a un generador eléctrico tal como un alternador que sea capaz de proporcionar corriente en dos tensiones separadas.

10 Un vehículo moderno usa un alternador para alimentar al sistema eléctrico del vehículo y para recargar una batería que proporciona energía eléctrica de reserva cuando el motor del vehículo no está funcionando o cuando no hay una energía eléctrica suficiente desde el alternador. El alternador incluye un devanado de campo, devanados de estator y un eje de rotación que es accionado por el motor a través de alguna disposición. Se usan rectificadores para convertir la corriente alterna generada por los devanados del estator en corriente continua para la carga de la batería y otras cargas eléctricas. El regulador detecta la tensión de salida del alternador y controla la intensidad del devanado de campo para mantener una tensión constante de acuerdo con la referencia de tensión interna del regulador cuando las cargas eléctricas externas se añaden y eliminan, dentro de los límites de la capacidad de potencia de salida del alternador. Esto se consigue en general haciendo que circule intensidad a través del devanado de campo cuando la tensión de salida cae por debajo de la tensión de referencia y deteniendo la circulación de la intensidad a través del devanado de campo cuando la tensión de salida se eleva por encima de la tensión de referencia.

La tensión de referencia apropiada del regulador se determina por la tensión de carga de la batería necesaria para la aplicación particular y el sistema eléctrico del vehículo se diseña típicamente para funcionar a esta tensión. La tensión de referencia se diseña frecuentemente con compensación de temperatura porque es deseable para la carga de la batería que la tensión de carga disminuya cuando aumenta la temperatura de la batería. La intensidad de salida del alternador se produce en los devanados del estator cuando el devanado de campo está conduciendo intensidad y el eje del alternador está girando.

30 Algunos vehículos que emplean motores de tracción eléctricos para accionar el vehículo también usan sistemas eléctricos de automoción convencionales para iluminación y sistemas electrónicos que funcionan o bien a 14 voltios o bien a 28 voltios. La potencia eléctrica para los motores de tracción se deriva típicamente de un generador principal accionado por un motor de combustión interna. Se usa una batería de potencia a 84 voltios para arrancar el motor de combustión interna y para activar el campo del generador principal. Durante el funcionamiento normal, la potencia eléctrica o bien a 14 voltios o a 28 voltios es necesaria para dar energía al sistema eléctrico del automóvil y se necesita la potencia eléctrica a 84 voltios para mantener las baterías de arranque del motor totalmente cargadas.

Los alternadores de doble tensión de técnicas anteriores ofrecen a menudo una salida a 14 voltios y 28 voltios porque estas dos tensiones son las que se encuentran más comúnmente en los sistemas eléctricos de automoción. Estos sistemas emplean típicamente un estator común alimentado por una bobina de campo para generar la potencia de salida para las dos tensiones que comparten una tierra común. Como ejemplo de una disposición típica, la bobina de campo se controla en respuesta solamente a la salida de 28 voltios, sin control del rectificador en la alimentación de 28 voltios y la alimentación de 14 voltios se controla por medio del rectificador conmutado tal como un rectificador controlado de silicio (SCR o tiristor).

Una desventaja potencial de esta disposición de estator común es que la potencia de salida en la salida de tensión más elevada (por ejemplo 28 voltios) puede no estar disponible a bajas velocidades en el eje. Esta disparidad en la potencia de salida con bajas velocidades en el eje puede ser aceptable si no hay una diferencia significativa entre las dos tensiones de salida y si la potencia de salida en ambas tensiones está disponible para la velocidad del eje más baja en funcionamiento normal. Sin embargo, cuando difieren las dos tensiones de salida y la diferencia entre ellas aumenta en magnitud (por ejemplo 28 voltios - 14 voltios = 14 voltios, mientras que 84 voltios - 28 voltios = 56 voltios), la salida a la tensión más elevada puede no estar disponible excepto a una velocidad en el eje del alternador elevada. Por ejemplo, un alternador con estator común accionado por un motor que funcione a la velocidad de ralentí del motor puede tener alguna corriente de salida en 28 voltios pero ninguna corriente de salida a 84 voltios, a menos que la velocidad del motor se aumente significativamente.

No es evidente que nadie haya acometido todos los problemas anteriores en el diseño de un alternador o una regulación de tensión. Sin embargo, se han propuesto varios sistemas que mencionan algunos aspectos de los problemas anteriores. Por ejemplo, Mashino y col., Patente de Estados Unidos N° 4.788.486, propone un sistema de limitación de potencia para un vehículo que incluye un devanado de campo que genera un campo magnético giratorio para inducir tensiones en corriente alterna (AC) en un par de conjuntos de devanados de armadura que comparten una tierra común. Las tensiones en corriente alterna del devanado de armadura se convierten por los dos grupos de rectificadores en las respectivas tensiones en corriente continua que a su vez cargan un par de baterías en serie. Un primer regulador de tensión controla la intensidad del devanado de campo para regular la primera tensión de batería. Un segundo regulador de tensión regula la segunda tensión de batería mediante la conexión y desconexión de la segunda batería del grupo de rectificadores. Mashino no describe la conmutación o control

independiente de los grupos de rectificadores. Ni el segundo regulador de tensión ni la segunda batería parecen tener ningún efecto sobre el devanado de campo, que se excita inicialmente y posteriormente se autoexcita y modula de acuerdo con el valor de la primera batería.

5 Abukawa, y col., Patente de Estados Unidos Nº 5.033.565 propone un generador que genera dos tensiones de salida. Un devanado de campo, sensible a una intensidad de excitación predeterminada suministrada desde un regulador de tensión, induce tensiones trifásicas en corriente alterna en un par de devanados de la armadura. La primera y la segunda tensiones en corriente continua se generan en un par de terminales de salida a partir de las tensiones en corriente alterna por los dos grupos de rectificadores. Abukawa y col., no considera esquemas de regulación de tensión más allá de suministrar una intensidad de excitación predeterminada. Ninguno de los grupos de rectificadores está controlado por el regulador de tensión, que no se ilustra. Los devanados de la armadura se muestran que están en estrecha proximidad mecánica alrededor del eje de accionamiento en la Figura 2 de Abukawa y parecen ser de la variedad de tierra común. La tensión de salida en corriente continua parece ser puesta tierra en común en todas las realizaciones representativas del generador.

15 Baumgartner y col., Patente de Estados Unidos Nº 3.793.534 propone un generador que emplea un par de estatores idénticamente diseñados, devanados en estrecha proximidad mecánica para intentar generar dos tensiones de salida idénticas. Un devanado de campo suministra el campo del alternador. Un regulador de tensión convencional general mantiene la tensión de excitación apropiada a través del devanado de campo a una velocidad del motor por encima del ralentí bajo para las salidas en corriente alterna de los estatores que proporcionarán las salidas en corriente continua que son tan equivalentes entre sí como sea posible en respuesta a cargas equilibradas y no equilibradas. Parece ser un objetivo del diseño que las salidas en tensión continua se mantengan esencialmente idénticas en magnitud y que los estatores sean idénticos en tamaño y función. El regulador de tensión no controla ningún grupo de rectificadores.

20 El documento DE 197523241 describe un generador que tiene un devanado de estator doblemente cableado y dos controladores de tensión diseñados de acuerdo con un principio de fallo seguro y se suministran de modo redundante.

### 30 Sumario

Existe actualmente una necesidad de un sistema de generador eléctrico (tal como un alternador) que sea capaz de generar salida eléctrica en dos tensiones de salida controladas independientemente. Preferiblemente, este generador es capaz de controlar independientemente tensiones de salida que sean significativamente diferentes en magnitud. Preferiblemente, el generador proporciona las tensiones de salida controladas independientemente en un amplio intervalo de velocidades en el eje del alternador, en un amplio intervalo de cargas eléctricas y en un amplio intervalo de temperatura ambiente. Preferiblemente, el generador comunica con otros sistemas para compartir información de estado y tomar la acción necesaria para cumplir con los requisitos de funcionamiento de la aplicación. Preferiblemente, se proporciona una indicación de diagnóstico más completa del estado del generador.

40 De acuerdo con un aspecto de la presente invención se proporciona un método como se describe en la reivindicación 1.

45 De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención se proporciona un generador eléctrico de tensión múltiple como se describe en la reivindicación 5.

### Breve descripción de los dibujos

50 Los dibujos adjuntos forman parte de esta especificación y sirven para explicar adicionalmente las realizaciones seleccionadas de esta invención.

La FIG. 1 es un diagrama de bloques de un generador eléctrico tal como un alternador de acuerdo con una realización preferida de la presente invención;  
 la FIG. 2 es una vista en sección transversal de una realización de un alternador de ejemplo;  
 55 la FIG. 3 es una vista simplificada en tres dimensiones de varios elementos de la realización de la FIG. 2;  
 la FIG. 4 es un diagrama de bloques de la realización de la FIG. 2;  
 la FIG. 5 es un diagrama de bloques de una realización de ejemplo de un regulador adecuado para el uso en el alternador de la FIG. 4;  
 la FIG. 6 es un diagrama de flujo de las rutinas de software ejecutadas por el micro controlador de la FIG. 5; y  
 60 la FIG. 7 es un diagrama de flujo de las rutinas de software que amplían una rutina de la FIG. 6.

### Descripción de las realizaciones actualmente preferidas

65 Volviendo ahora a los dibujos, la FIG. 1 es un diagrama de bloques de un alternador **100** que funciona de acuerdo con esta invención. El alternador **100** suministra potencia de salida a un primer sistema eléctrico **102** que funciona a una primera tensión  $V_A$  y a un segundo sistema eléctrico **104** que funciona a una segunda tensión  $V_B$ .

Preferiblemente, el segundo sistema eléctrico **104** está eléctricamente aislado del primer sistema eléctrico **102** y la tensión  $V_A$  no comparte una tierra común con la tensión  $V_B$ . El alternador **100** incluye un regulador **106** que está conectado con y controla preferiblemente a un origen del campo **108**. En una realización preferida, el regulador **106** se monta por separado del alternador **100**. Se sitúan un primer devanado de generación de potencia **110** y un segundo devanado de generación de potencia **112** en suficiente proximidad al origen del campo **108** de modo que el origen del campo **108** sea capaz de inducir tensiones en el primer y segundo devanados de generación de potencia **110**, **112** bajo las condiciones de rendimiento regulares del alternador **100**. Preferiblemente, las respectivas tensiones inducidas en el primer y el segundo devanados de generación de potencia **110**, **112** se realimentan al regulador **106**. El primer devanado de generación **110** se conecta al primer circuito rectificador **114** y el segundo devanado de potencia **112** se conecta al segundo circuito rectificador **116**.

Preferiblemente el primer circuito rectificador **114** incluye un par de primeros terminales de salida (que representan una primera salida **126** del alternador **100**) que se conectan al primer sistema eléctrico **102**, de modo que el primer devanado de generación de potencia **110** se conecta al par de terminales de salida (la primera salida **126**) a través del primer circuito rectificador **114**. Preferiblemente, el segundo circuito rectificador **116** incluye un par de segundos terminales de salida (que representan una segunda salida **128** del alternador **100**) que se conectan al segundo sistema eléctrico **104**, de modo que el segundo devanado de generación de potencia **112** se conecta al par de terminales de salida (la segunda salida **128**) a través del segundo circuito rectificador **116**. En otras realizaciones, el primer circuito rectificador **114** y el segundo circuito rectificador **116** se pueden conectar y desconectar a los respectivos primer y segundo sistema eléctrico **102**, **104** por interruptores respectivos (no mostrados) exteriores al regulador **106**. Preferiblemente, la primera y segunda salida **126**, **128** están aisladas eléctricamente entre sí y no comparten una tierra común.

El regulador **106** está conectado preferiblemente a y controla preferiblemente el primer circuito rectificador **114** a través de una o más líneas de control que se insertan en uno o más terminales de control respectivos incluidos en el primer circuito rectificador **114**. El regulador **106** se conecta preferiblemente a y controla preferiblemente el segundo circuito rectificador **116** a través de una o más líneas de control que se insertan en uno o más terminales de control respectivos incluidos en el segundo circuito rectificador **116**. Preferiblemente, el primer y el segundo terminales de control están aislados eléctricamente entre sí. En una realización actualmente preferida, cada terminal de control se conecta con la entrada de activación de un respectivo rectificador controlado de silicio (SCR).

El regulador **106** controla la alimentación de la salida de potencia al primer y al segundo sistema eléctrico **102**, **104**. Preferiblemente, el regulador **106** controla el suministro de la potencia de salida para regular y mantener las tensiones  $V_A$  y  $V_B$  en valores estables. Preferiblemente, el regulador **106** incluye una primera y una segunda referencias internas de tensión o umbrales  $V_{AREF}$  y  $V_{BREF}$ . Preferiblemente, la tensión  $V_A$  se realimenta al regulador **106** y se compara con la referencia de tensión interna  $V_{AREF}$ . En una realización preferida, el regulador **106** modula una señal de control para controlar el primer circuito rectificador **114** de acuerdo con el resultado de la comparación con la referencia de tensión interna  $V_{AREF}$ . Preferiblemente, la tensión  $V_B$  se realimenta al regulador **106** y se compara con la referencia de tensión interna  $V_{BREF}$ . En una realización preferida, el regulador **106** modula una señal de control para controlar el segundo circuito rectificador **116** de acuerdo con el resultado de la comparación con la referencia de tensión interna  $V_{BREF}$ . Preferiblemente, el primer y segundo circuito rectificador **114**, **116** funcionan como circuitos rectificadores conmutados. Preferiblemente, el primer y el segundo circuito rectificador **114**, **116** incluye respectivamente uno o más rectificadores conmutados que son sensibles a una o más señales de control desde el regulador **106**. De esta forma, el regulador **106** puede controlar independientemente la intensidad de salida respectiva y de ese modo regular independientemente cada voltaje  $V_A$  y  $V_B$ . Preferiblemente, se utilizan SCR en el primer y segundo circuito rectificador **114**, **116** para realizar la rectificación conmutada de las tensiones de corriente alterna.

Preferiblemente, el origen del campo **108** es excitado por el regulador **106** y genera un campo magnético. El término excitado se usa ampliamente para englobar cualquier método para el paso de intensidad a través del origen del campo **108**, que puede ser un devanado de campo o una bobina de campo, por ejemplo. En una realización preferida, un extremo del origen del campo **108** recibe una tensión aplicada para energizar el origen del campo **108**, mientras que el regulador **106** se conecta al otro extremo del origen del campo **108** y controla la intensidad a través del origen del campo **108**, excitando de ese modo el origen del campo **108**. En una realización actualmente preferida, el regulador **106** controla la excitación del origen del campo **108** mediante la modulación de una señal de control. Preferiblemente, el origen del campo **108** se puede conectar o desconectar por parte del regulador **106** para ayudar en el control de la potencia de salida del alternador **100**. En otras realizaciones, el origen del campo **108** permanece conectado todo el tiempo que el alternador **100** está conectado y el regulador **106** usa otros métodos o mecanismos, tal como el control del primer y el segundo circuito rectificador **114**, **116** para controlar la potencia de salida del alternador **100**. En otras realizaciones, el origen del campo **108** puede ser autoexcitado una vez que se energiza inicialmente.

Generalmente, la finalidad del origen del campo **108** es producir un flujo magnético para inducir tensiones en el primer y segundo devanado de generación de potencia **110**, **112**. El origen del campo **108** se puede implementar en miles de formas para conseguir esta finalidad. El origen del campo **108** se puede implementar en realizaciones de devanados o bobinas. En una realización preferida, el origen del campo **108** es un devanado de campo. El origen del

campo **108** puede estar formado por un devanado bobinado, por ejemplo. El origen del campo **108** puede incluir también un devanado con vueltas con forma de onda. También, el origen del campo **108** no está limitado a un devanado de campo o una bobina de campo. Por ejemplo, en otra realización, se utiliza un imán permanente como el origen del campo **108** para producir un flujo magnético.

En una realización preferida, el origen del campo **108** incluye un devanado de campo estático que no da vueltas o gira. Sin embargo, en otras realizaciones, el origen del campo **108** incluye un devanado de campo que gira con un eje de accionamiento para generar un campo magnético giratorio. Más ampliamente, el origen del campo **108** puede permanecer fijo, girar sobre un eje que incluye su propio centro de masas o dar vueltas o girar alrededor de otro eje, según sea lo apropiado para la aplicación.

En una realización preferida, el primer y el segundo devanados de generación de potencia **110** y **112** se implementa cada uno como un grupo de devanados de estator. Preferiblemente, cada grupo respectivo de devanado de estator se implementa como un devanado trifásico conocido para los expertos en la técnica como la configuración en Y, aunque son posibles otras configuraciones o fases, tal como la configuración trifásica en Delta. Preferiblemente, el primer devanado de generación de potencia **110** está aislado eléctricamente del segundo devanado de generación de potencia **112**. Preferiblemente, el primer devanado de generación de potencia **110** no comparte una tierra común con el segundo devanado de generación de potencia **112**.

Los devanados de generación de potencia **110**, **112** tal como los devanados de estator se mantienen preferiblemente estacionarios con relación al eje de accionamiento. Sin embargo, se debería comprender que las realizaciones contempladas no están limitadas a devanados estacionarios. En otras realizaciones de generador eléctrico los devanados se pueden montar para su giro.

Cada grupo de devanados de estator se puede bobinar sobre laminaciones metálicas y usarse en combinación con uno o más rotores. Como es conocido para los expertos en la técnica, un rotor es la parte giratoria de un generador eléctrico. Preferiblemente, cada grupo de devanados de estator tiene su propio rotor asociado.

Aunque en una realización actualmente preferida, el primer y el segundo devanado de generación de potencia **110**, **112** se implementan como devanados de estator que inducen tensiones a partir del devanado de campo **108**, existen otras implementaciones. En una realización de imán permanente de ejemplo, el origen del campo **108** se implementa como un imán permanente y actúa como un origen del campo magnético. Cuando se utiliza un imán permanente como el origen del campo **108** para el primer y el segundo devanados **110**, **112**, se puede usar un apantallado. Preferiblemente, se utiliza un apantallado para aislar el primer y el segundo devanado **110**, **112** entre sí para reducir o eliminar el acoplamiento cruzado. Se puede utilizar también un material no magnético para reducir o eliminar el acoplamiento cruzado. El primer y segundo devanados de generación de potencia **110**, **112** se pueden implementar como un rotor único o se puede utilizar un rotor separado para cada uno del primer y segundo devanado **110**, **112**.

El campo magnético generado por el origen del campo **108** induce preferiblemente tensiones en el primer y segundo devanado de generación de potencia **110**, **112**. Las tensiones inducidas en el primer y segundo devanado **110**, **112** serán en general señales de tensión en corriente alterna. En el caso de los devanados de estator, la magnitud relativa de las tensiones inducidas en el primer y segundo devanado de generación de potencia **110**, **112** dependerán en general del número relativo de espiras del devanado en el primer y segundo devanados de generación de potencia **110**, **112**. La potencia de salida derivada de los grupos de devanados del estator depende en general del calibre del hilo que se utiliza, del número de vueltas y de los materiales usados para formar el estator (típicamente hierro, cobre y acero). La utilización de grupos eléctrica y físicamente independientes de devanados de estator permite la optimización individual para cada estator con relación a la generación de potencia de salida deseada en las aplicaciones particulares. Esta optimización individual de los estatores incluye el diseño para un calibre de hilo, número de espiras, tamaño físico, laminación y relación entre los rotores óptimos y el aumento o disminución de las cantidades relativas de materiales utilizados en la formación del estator.

La independencia física de los estatores tiene implicaciones para la colocación física de los estatores relativamente entre sí. En una realización preferida, los estatores no se solapan entre sí. De esta forma el acoplamiento cruzado se reduce. En una realización actualmente preferida, los estatores se separan físicamente a lo largo del eje definido por el eje de accionamiento del alternador **100**. Más ampliamente, la separación axial de los estatores se pretende ampliamente con referencia a cualquier disposición de los estatores que evite el solape completo de los estatores. Más ampliamente, el primer y el segundo devanados de generación de potencia **110**, **112** se implementan de modo que el acoplamiento magnético, acoplamiento cruzado u otros efectos de acoplamiento mutuo entre los devanados **110**, **112** se evitan o reducen en el grado tolerado por una aplicación dada.

La FIG. 2 es una vista en sección transversal de una realización actualmente preferida de doble tensión del alternador **100** que funciona de acuerdo con esta invención. La FIG. 3 es una vista en tres dimensiones simplificada de la realización de la FIG. 2. El alternador **100** incluye el eje de accionamiento **146**, el primer y segundo circuito rectificador **114**, **116** dentro de una carcasa **148**, primer y segundo rotor **150**, **152**, primer y segundo devanado de estator **110**, **112**, un devanado de campo **108**, cuatro terminales de salida **156** (uno de los cuales se muestra en la

FIG. 2) y el regulador **106**. En la FIG. 2 el regulador **106** se monta por separado del generador **100**. El devanado de campo **108** se envuelve circunferencialmente alrededor del eje de accionamiento **146** y se monta de modo que el devanado de campo **108** sea estacionario durante el funcionamiento normal. Como se puede ver en las FIGS. 2 y 3, el primer y segundo devanados de estator **110**, **112** no se solapan y están separados axialmente a lo largo del eje de accionamiento **146**. El primer y segundo devanado de estator **110**, **112** se disponen o sitúan en ambos lados del devanado de campo **108**. En esta realización, el devanado de campo **108** y el primer y el segundo devanado de estator **110**, **112** son estacionarios, mientras que el primer y el segundo rotor **150**, **152** giran o dan vueltas con el eje de accionamiento **146** cuando el eje de accionamiento **146** está girando. Preferiblemente, los devanados de estator **110** y **112** están aislados eléctricamente y no comparten una tierra común.

En la FIG. 3 el eje de accionamiento **146** se ilustra como paralelo a un eje **154**. El devanado de campo **108** tiene un primero y un segundo lados opuestos **196**, **198** separados axialmente a lo largo del eje de accionamiento **146**. El primer y el segundo devanado de estator **110**, **112** tienen centros de masa respectivos **192**, **194** mostrados en la FIG. 3. Por simplicidad de la ilustración, el primer y el segundo devanado de estator **110**, **112** son de volumen y masa uniformes y están perfectamente alineados radialmente a lo largo del eje de accionamiento **146** y el eje **154**. Por ello, los centros de masa **192**, **194** se sitúan sobre el eje **154** en los centros del primer y segundo devanado de estator **110**, **112**, respectivamente. En realizaciones preferidas del alternador **100**, el centro de masa **192** del devanado de estator **110** se dispone más cercano al primer lado **196** que al segundo lado **198** del devanado de campo **108**. El primer devanado de estator **110** se puede disponer también completamente sobre el primer lado **196** del devanado de campo **108**. En realizaciones preferidas del alternador **100**, el centro de masas **194** del segundo devanado de estator **112** se dispone más cercano al segundo lado **198** que al primer lado **196** del devanado de campo **108**. El segundo devanado de estator **112** se puede disponer también completamente sobre el segundo lado **198** del devanado de campo **108**, opuesto al primer lado **196**.

El alternador **100** incluye preferiblemente los rotores **150**, **152**. Sin embargo, en otras realizaciones, se puede usar un único rotor **151** (parte de un rotor de ejemplo se ilustra con líneas discontinuas en la FIG. 3). Preferiblemente, el rotor **151** incluye una primera parte **153** sobre el primer lado **196** del devanado de campo **108** y una segunda parte **155** en el segundo lado **198** del devanado de campo **108** opuesto al primer lado **196**. Preferiblemente, la primera parte **153** tiene un mayor efecto que la segunda parte **155** sobre el acoplamiento magnético entre el devanado de campo **108** y el primer devanado de estator **110**. Preferiblemente, la segunda parte **155** tiene un efecto mayor que la primera parte **153** en el acoplamiento magnético entre el devanado de campo **108** y el segundo devanado de generación de potencia **112**. Se debería entender que en algunas realizaciones la primera y segunda partes **153**, **155** del rotor **151** se pueden referir a dos rotores distintos físicamente y separados, mientras que en otras realizaciones se utiliza un rotor.

Generalmente, se dice que un elemento tal como un devanado está sobre un lado de otro elemento tal como un devanado si los dos elementos están radialmente alineados o radialmente desplazados con respecto al eje longitudinal.

La FIG. 4 es un diagrama de bloques de una realización más detallada del alternador **100** que funciona de acuerdo con esta invención. El alternador **100** incluye el regulador **106**, una versión actualmente preferida del cual se ilustra con más detalle en la FIG. 5 y se describe con más detalle a continuación. En una realización preferida, el regulador **106** se monta por separado del alternador **100**. El alternador **100** de la FIG. 4 incluye además un devanado de campo **108**, un primer y un segundo devanado de estator **110**, **111** y un primer y un segundo circuito rectificador **114**, **116**, todos conectados preferiblemente al regulador **106** en los terminales FF a SS.

El primer circuito rectificador **114** incluye un par de primeros terminales de salida (que representan una primera salida **126** del alternador **100**) que se conecta a un primer sistema eléctrico **102**. El segundo circuito rectificador **114** incluye un par de segundos terminales de salida (que representan una segunda salida **128** del alternador **100**) que se conecta a un segundo sistema eléctrico **102**. Preferiblemente, la primera y segunda salidas **126**, **128** están eléctricamente aisladas entre sí y no comparten una tierra común.

El primer y segundo sistema eléctrico **102**, **104** se ilustran como exteriores al alternador **100**, pero en otras realizaciones parte o todo del primer o segundo sistema eléctrico **102**, **104** se pueden incluir en el alternador **100**. El primer y segundo sistema eléctrico **102**, **104** de la FIG. 4 incluyen respectivamente un primer y un segundo bus de potencia en corriente continua o baterías **118**, **120** y pueden incluir las respectivas cargas eléctricas conmutadas primera y segunda **122**, **124**. La primera y segunda baterías **118**, **120** proporcionan preferiblemente potencia a la primera y segunda cargas conmutadas **122**, **124** (u otras cargas, no mostrados), respectivamente, cuando los interruptores están cerrados. La primera y segunda baterías **118**, **120** tienen tensiones de salida en corriente continua respectivas de  $V_A$  y  $V_B$ .

En una realización actualmente preferida, la primera batería **118** tiene un valor nominal de carga de aproximadamente +28 voltios (es decir,  $V_A = +28$  voltios). Mientras que la segunda batería **120** tiene un valor de carga nominal de aproximadamente +84 voltios (es decir,  $V_B = +84$  voltios).

Aunque la primera y la segunda batería **118**, **120** se pueden referir en ésta u otras áreas de la especificación como

que tienen valores nominales respectivos de +28 voltios y +84 voltios, las tensiones  $V_A$  y  $V_B$  no están limitadas a estos valores y se pueden usar otros voltajes, u otras baterías. Se debería comprender también que el valor de las tensiones de la primera y la segunda batería **118**, **120** variarán generalmente cuando se añadan o eliminen cargas o cuando las baterías **118**, **120** estén sobrecargadas o bajas de carga. Preferiblemente, una finalidad del regulador **106** es mantener las tensiones respectivas  $V_A$  y  $V_B$  en valores relativamente estables.

Durante el funcionamiento normal, el alternador **100** de la FIG. 4 está controlado por el regulador **106**. El regulador **106** controla preferiblemente la intensidad a través del devanado de campo **108** a través de una primera señal de control generada internamente **162** (mostrada en la FIG. 5) para producir un campo magnético para inducir tensiones en corriente continua en el primer y segundo devanados de estator **110**, **112**. La primera señal de control **162** puede ser tanto una señal analógica como una señal de control digital, dependiendo de la realización del regulador **106** que se emplee. Preferiblemente, el primer y segundo devanados de estator **110**, **112** se implementan cada uno en una configuración trifásica en Y como se ilustra en la FIG. 4. Preferiblemente, el primer y segundo devanados de estator **110**, **112** no comparten una tierra común y están eléctricamente así como físicamente aislados entre sí para evitar acoplamientos cruzados o efectos mutuos similares.

Las tensiones de fase de corriente alterna del segundo devanado de estator **112** se introducen en el regulador **106** en los terminales respectivos KK, LL y MM. Las tensiones de salida de fase de corriente alterna del segundo devanado de estator **112** se conectan también a un rectificador conmutado respectivo del segundo circuito rectificador **116**. El segundo circuito rectificador **116** incluye 3 SCR **174**, **176**, **178** y tres diodos **186**, **188**, **190**. Los SCR **174**, **176**, **178** se configuran para recibir señales de activación respectivas desde el regulador **106**. Las señales de activación conmutan preferiblemente los SCR en conducción y en corte, controlando de ese modo la conducción de los SCR y la rectificación de la tensión de fase de corriente alterna del segundo devanado de estator **112**. De esta forma, el regulador **106** controla la intensidad a la segunda batería **120** y por ello la tensión de salida  $V_B$  de la segunda batería **120**. El regulador **106** controla preferiblemente las señales de activación en los terminales QQ, RR y SS a los SCR **174**, **176**, **178** del segundo circuito rectificador **116** a través de la segunda señal de control generada internamente **164** (mostrada en la FIG. 5). La segunda señal de control **164** puede ser o bien una señal de control analógica o una señal digital, dependiendo de la realización del regulador **106** que se emplee.

Cada una de las tensiones de fase de corriente alterna del primer devanado de estator **110** se introducen en el regulador **106** en los terminales respectivos HH, II y JJ. Las salidas de tensión de fase de corriente alterna del primer devanado de estator **110** se conectan también al respectivo rectificador conmutado del primer circuito rectificador **114**. El primer circuito rectificador **114** incluye tres SCR **168**, **170**, **172** y tres diodos **180**, **182**, **184**. Los SCR **168**, **170**, **172** se configuran para recibir las señales de activación respectivas de un regulador **106**. La señal de activación conmuta preferiblemente en conducción y en corte el SCR, controlando así la conducción de los SCR y la rectificación de la tensión de fase de corriente alterna del primer devanado de estator **110**. En esta forma, el regulador **106** controla la intensidad a la primera batería **118** y por ello la tensión de salida  $V_A$  de la primera batería **118**. El regulador **106** controla preferiblemente las señales de activación en los terminales NN, OO y PP a los SCR **168**, **170**, **172** del circuito rectificador **114** por medio de una tercera señal de control generada internamente **166** (mostrada en la FIG. 5). La tercera señal de control **166** puede ser tanto una señal analógica como una señal de control digital, dependiendo de la realización del regulador **106** que se emplee.

La FIG. 5 proporciona un diagrama de bloque de una realización actualmente preferida del regulador **106** que funciona de acuerdo con esta invención. El regulador **106** incluye un micro controlador **160**, un circuito de transistores controlador del campo **130**, un primer control por SCR y un circuito de detección de tensión de corriente alterna **134**, un segundo control por SCR y un circuito de detección de tensión en corriente alterna **132**, un circuito de detección de temperatura **138**, un circuito de detección de la tensión  $V_A$  **140**, un circuito de regulación de la tensión de alimentación  $V_{DD}$  **142**, un circuito de detección y regulación de la tensión  $V_B$  **136** y un circuito del diodo emisor de luz (LED) de diagnóstico **144**.

El micro controlador **160** del regulador **106** ejecuta un conjunto de rutinas de software a una velocidad determinada por una señal de reloj generada por un reloj. El micro controlador **160** incluye un procesador de señal digital, un convertidor analógico a digital y memorias adecuadas. Se puede usar una diversidad de micro controladores. Por ejemplo, el micro controlador ofrecido por Motorola como N° de serie MC 68HC11 se ha visto como adecuado.

El regulador **106** como se representa en la FIG. 5 se ha adaptado para su uso con el alternador **100** mostrado en la FIG. 4. Los terminales del conector se designan AA a SS. Por lo tanto hay diecinueve terminales de entrada o salida ilustrados en el regulador **106**, los mismos que se representan en la FIG. 4. Tres de las diecinueve señales se deducen esencialmente de la misma señal durante el funcionamiento normal de modo que el regulador **106** se implementa preferiblemente con diecisiete terminales de entrada o salida. Las diecinueve señales y los diecinueve terminales así como los circuitos del regulador **106** se describen como sigue:

**AA (Marcha)** representa la señal de energización, que se activa para poner al regulador **106** en funcionamiento y para inicializar y suministrar potencia al micro controlador **160**. La señal de energización se deriva preferiblemente de la primera batería **118** y pasa a través de una diversidad de conmutadores de control (ilustrado como un interruptor abierto en la FIG. 4) antes de que llegue al terminal designado del regulador. En

una realización actualmente preferida, la primera batería **118** tiene un valor nominal de 28 voltios. Naturalmente, la primera batería **118** no está limitada a este valor y se pueden usar otras tensiones. El estado de la señal de energización puede seleccionarse por un interruptor de arranque (ARRANQUE en la FIG. 4) o un interruptor de potencia controlado por un operador. Naturalmente, en otras realizaciones la señal de energización se pueden originar a partir de la segunda batería **120** o de una fuente de alimentación distinta de la primera y segunda baterías **118**, **120**. En algunas aplicaciones el funcionamiento del alternador es autoenergizado y la señal de energización se genera después de que el eje del alternador comienza a girar. En tales casos esta señal es interna al alternador y al regulador **106** y no se suministra una señal externa.

**GG (Campo-Pos)** representa el lado del devanado de campo **108** al que se suministra inicialmente alimentación mediante la señal de energización. En las FIGS. 4 y 5 GG se ilustra como un terminal en el regulador **106**. En otras realizaciones, el regulador **106** no tiene un terminal GG y el devanado de campo **108** se conecta directamente al nodo de la señal de energización (en el terminal AA) externamente al regulador **106**.

**BB (Apos-ent)** representa la tensión de la primera batería **118** tal como se mide en este terminal. Esta señal se denomina también detección de tensión  $V_A$ . En una realización actualmente preferida, la primera batería **118** tiene un valor nominal de 28 voltios. Esta señal es idéntica a la señal de energización, excepto en que esta señal se conecta preferiblemente directamente a la primera batería **118** sin ningún interruptor de control intermedio.

**CC (Aneg-ent)** representa la referencia de tierra de la primera batería **118**. Esta señal se usa ampliamente a través del regulador **106** como una referencia de tierra para las mediciones de tensión ( $V_{SS}$  en la FIG. 4). La tensión desde el terminal BB al terminal CC es la primera tensión de  $V_A$  de batería **118**.

**DD (Bpos-ent)** representa la tensión de la segunda batería **120** tal como se mide en este terminal. Esta señal se denomina también detección de tensión  $V_B$ . En una realización actualmente preferida, la segunda batería **120** tiene un valor nominal de 84 voltios.

**EE (Bneg-ent)** representa la referencia de tensión de la segunda batería **120**. La tensión desde el terminal DD al terminal EE es la tensión de la segunda batería **120**  $V_B$ . Esta señal se utiliza preferiblemente en el circuito de detección y regulación de la tensión  $V_B$  **136** como una referencia de tierra para la regulación  $V_B$ . Preferiblemente, esta señal está eléctricamente aislada de la señal  $V_{SS}$  (Aneg-in) en el terminal CC. En una realización actualmente preferida, se utiliza optoaisladores u optoacopladores para aislar la tierra de la tensión  $V_B$  en el terminal EE de la tierra de la tensión  $V_A$  ( $V_{SS}$ ) y como interfaz del circuito de detección y regulación de la tensión  $V_B$  **136** con otros circuitos del regulador **106**. Como es conocido para los expertos en la técnica, los optoaisladores conectan circuitos eléctricos sin realizar conexiones de cables directos. Por el contrario, un fotodetector en un lado del dispositivo es sensible a la luz desde una fuente de luz en el otro lado del dispositivo. Un límite típico del aislamiento proporcionado por un optoaislador es de 1500 V de pico (1060 voltios rms).

**FF (Campo-neg)** representa el lado conmutado del devanado de campo **108** que se controla por el regulador **106** a través de la primera señal de control **162** y del circuito de transistores controladores de campo **130** para excitar el devanado de campo **108**.

**HH, II, JJ (Tensiones de fases A)** representan las tres tensiones de fase en corriente alterna del primer devanado de estator **110**. Estas señales se introducen en el primer control por SCR y circuito de detección de tensión en corriente alterna **134**. En algunas realizaciones del regulador **106**, las tensiones de fase en corriente alterna del primer devanado de estator **110** se utilizan para deducir la velocidad del eje de accionamiento del alternador **100**.

**KK, LL, MM (Tensiones de fases B)** representan las tres tensiones de fase en corriente alterna del segundo devanado de estator **112**. Estas señales se introducen en el segundo control por SCR y circuito de detección de tensión en corriente alterna **132**. En algunas realizaciones del regulador **106**, las tensiones de fase en corriente alterna del segundo devanado de estator **110** se utilizan para deducir la velocidad del eje de accionamiento del alternador **100**.

**NN, OO, PP (Señal de Control/Activación a los SCR)** representan las tres señales de control o activación de salida del primer circuito de control por SCR **134** para las entradas de control o activación de los respectivos SCR **168**, **170**, **172**. Las señales de control se controlan por el regulador **106** a través de la tercera señal de control **166** y el primer circuito de control de SCR **134** y están preferiblemente aisladas eléctricamente de las señales de control o activación en los terminales QQ, RR y SS.

**QQ, RR, SS (Señal de Control/Activación a los SCR)** representan las tres señales de control o activación de salida del segundo circuito de control por SCR **132** para las entradas de control o activación de los respectivos SCR **174**, **176**, **178**. Las señales de control se controlan por el regulador **106** a través de la segunda señal de control **164** y el primer circuito de control de SCR **134** y están preferiblemente aisladas eléctricamente de las señales de control o activación en los terminales NN, OO y PP:

**Circuito del LED de diagnóstico 144:**

Un diodo emisor de luz de diagnóstico, de tres colores (LED) montado sobre el regulador **106** y conectado al micro controlador **160** recibe órdenes desde el controlador **106** que corresponden al bloque **270** del diagrama de flujo de la FIG. 6. El funcionamiento del circuito LED de diagnóstico **144** se explica con más detalle a continuación con referencia a la FIG. 6.

**Circuito de detección de temperatura 138:**

Este circuito **138** genera una tensión analógica proporcional a la temperatura ambiente tal como se mide por un sensor de temperatura incluido por razones de conveniencia dentro de la carcasa del regulador **106**. Cualquier dispositivo sensible a la temperatura adecuado se puede montar remotamente si se proporciona un cableado para la señal de temperatura. Otras realizaciones del regulador **106** incluyen los sensores de temperatura para otros parámetros, tal como temperatura de devanado de estator, temperatura de devanado de campo y temperatura de cojinetes.

**Circuito de transistores de accionamiento de campo 130:**

El micro controlador **160** genera una primera señal de control **162** para el circuito de transistores de control de campo **130** que controla la intensidad que circula a través del devanado de campo **108** de la FIG. 4. En una realización actualmente preferida, la primera señal de control **162** conmuta una etapa intermedia de MOSFET que a su vez conmuta una etapa de campo de MOSFET para controlar la intensidad a través del devanado de campo **108** en el terminal FF. Naturalmente, son posibles otras implementaciones y el circuito de transistores de accionamiento del campo **130** no está limitado a esta realización preferida.

**Circuito de regulación de la tensión de alimentación  $V_{DD}$  142:**

La señal de energización (preferiblemente en  $V_A$  voltios) que es preferiblemente sensible al interruptor de arranque (mostrado en la FIG. 4) controlada por un operador entra en el circuito **142** después de la adaptación y genera una tensión de alimentación  $V_{DD}$  para alimentar al micro controlador **160** y al regulador **106**. Preferiblemente, la tensión de alimentación  $V_{DD}$  es de cinco (5) voltios, pero no está limitada a este valor. El valor de  $V_{DD}$  dependerá generalmente de la tensión de alimentación requerida por el micro controlador **160**. Además, el circuito **142** proporciona preferiblemente una entrada de REPOSICIÓN al micro controlador **160** que actúa como una señal de seguridad para proporcionar una tensión para desconectar el micro controlador **160**.

**Primer circuito de control de SCR y detección de tensión en corriente alterna 134:**

El micro controlador **160** genera una tercera señal de control **166** para el primer circuito de control de los SCR **134** que controla las señales de control o activación de los SCR **168**, **170**, **172** del primer circuito rectificador **114** de la FIG. 4. En una realización actualmente preferida, esto se lleva a cabo mediante la aplicación de la tercera señal de control **166** a la base de un transistor de unión bipolar (BJT). Cuando el BJT conduce y pasa a corte en respuesta a la tercera señal de control **166**, el BJT cambia de modo efectivo las entradas de control o activación de cada uno de los tres SCR del primer circuito rectificador **114** de la FIG. 4 a través de los tres optoaisladores respectivos. Los optoaisladores sirven para aislar eléctricamente partes de los circuitos del regulador **106** de las tensiones de fase en corriente alterna y las tensiones de salida e indirectamente las tensiones de salida  $V_A$  y  $V_B$  entre sí.

**Segundo circuito de control de SCR y detección de la tensión en corriente alterna 132:**

El micro controlador **160** genera una segunda señal de control **164** para el segundo control de los SCR **132** que controla las señales de control o activación de los SCR **174**, **176**, **178** del segundo circuito rectificador **116** de la FIG. 4. En una realización actualmente preferida, esto se lleva a cabo mediante la aplicación de la segunda señal de control **164** a la base de un transistor de unión bipolar (BJT). Cuando el BJT conduce y pasa a corte en respuesta a la segunda señal de control **164**, el BJT cambia de modo efectivo las entradas de control o activación de cada uno de los tres SCR del segundo circuito rectificador **116** de la FIG. 4 a través de los tres optoaisladores respectivos. Los optoaisladores sirven para aislar eléctricamente partes de los circuitos del regulador **106** de las tensiones de fase en corriente alterna y de las tensiones de salida e indirectamente las tensiones de salida  $V_A$  y  $V_B$  entre sí.

**Circuito de detección de tensión  $V_A$  140:**

Durante el funcionamiento normal, la primera tensión de batería **118**  $V_A$  aparece como la señal de detección de tensión  $V_A$  en el terminal BB, que se acondiciona con los condensadores y resistencias y un diodo zener en el circuito de detección de la tensión  $V_A$  **140** para proteger al regulador **106** de las sobretensiones transitorias. Dependiendo del resultado de la comparación de la señal de detección de la tensión  $V_A$  con el umbral de referencia  $V_{AREF}$ , el micro controlador **160** proporciona la tercera señal de control **166** al primer circuito de control SCR **134**.

**Circuito de detección y regulación de tensión  $V_B$  136:**

El circuito de detección y regulación de tensión  $V_B$  136 funciona como un sensor de tensión y supervisor de la tensión  $V_B$  que está separado del micro controlador 160. Preferiblemente, el micro controlador no responde directamente al valor de la tensión  $V_B$ , sino que su lugar responde a una señal aproximada que sirve como una indicación indirecta de que la tensión  $V_B$  excede o está por debajo de la tensión de umbral  $V_{BREF}$ . En una realización actualmente preferida, los optoaisladores se usan para aislar el circuito 136 de otros circuitos en el regulador 106 y proporcionar un aislamiento eléctrico de las salidas  $V_A$  y  $V_B$ . La señal de energización conecta o habilita el circuito regulador  $V_B$  136 a través de un optoaislador. Se usa un diodo Zener como la referencia de tensión para la tensión  $V_B$  y un comparador genera la señal aproximada a través de otro optoaislador. El micro controlador 160 lee la señal aproximada que preferiblemente tiene un valor de o bien  $V_{DD}$  (preferiblemente cinco voltios) o  $V_{SS}$  (preferiblemente cero voltios). La señal de representación indica que o bien la tensión  $V_B$  leída en el terminal DD o bien la referencia de tierra en el terminal EE exceden la tensión de umbral  $V_{BREF}$  que es interna al circuito de regulación y detección de tensión  $V_B$  136. Naturalmente, la señal de representación puede tener asignados otros valores y se pueden utilizar otros mecanismos para leer la tensión  $V_B$  y comparar la tensión  $V_B$  con la tensión de umbral o de referencia  $V_{BREF}$  o bien directamente o indirectamente con respecto al micro controlador 160.

La función de supervisión  $V_B$  del circuito de detección y regulación de la tensión  $V_B$  136 incluye preferiblemente una banda muerta. Si la  $V_B$  medida está por encima de algún valor X (85 voltios y superior, por ejemplo), entonces la señal aproximada indica al micro controlador 160 que la tensión  $V_B$  es alta. Si la tensión medida  $V_B$  está por debajo de algún valor Y (83 voltios y por debajo, por ejemplo), entonces la señal de representación indica al micro controlador 160 que la tensión  $V_B$  es baja. Estos valores límite proporcionan una histéresis deseada. Dado que la tensión  $V_B$  puede ser relativamente grande (84 voltios en una realización actualmente preferida), más o menos un voltio (por ejemplo) puede ser una cantidad no inaceptable para que la tensión de regulación  $V_B$  varíe desde el valor de referencia o de umbral  $V_{BREF}$ . Naturalmente, se debería comprender que estos valores son de ejemplo y la banda muerta no está limitada a estos valores límite. Los valores límite generalmente diferirán de estos valores de ejemplo dependiendo de la cantidad de variación que se tolera en la tensión regulada  $V_B$  en una aplicación dada.

La FIG. 6 es un diagrama de flujo 200 del programa de software global para el micro controlador 160 (mostrado en la FIG. 4) del regulador 106 de las FIGS. 4 y 5. La secuencia de funcionamiento normal comienza con la aparición de la señal de energización en el terminal AA del regulador 106 (representado por el bloque 202), lo que produce la subrutina de inicialización del bloque 202 lo que hace que se ejecute la subrutina de inicialización del bloque 204. Un punto de decisión de calibración en el bloque 206 está activo solamente durante el procedimiento de calibración y ajuste en fábrica de modo que en funcionamiento normal los bloques 208 y 210 no se ejecutan y la rutina continúa en el bloque 212. En el bloque 212, el contador de energización mantiene una cuenta del número total de veces que el regulador 106 ha sido energizado. El puntero del depósito apunta a una memoria interna del micro controlador 160 en el bloque 214 que se usa para almacenar la temperatura máxima medida por el regulador 106 durante la energización respectiva.

En el bloque 216, se lee la temperatura a partir del circuito de detección de temperatura 138 y se calcula un factor de compensación que se aplica en el bloque 218 como una compensación de temperatura a los límites almacenados. Preferiblemente, la compensación de temperatura se aplica a la tensión de referencia  $V_{AREF}$ . Otro aspecto de la compensación de temperatura es ajustarse ante las desviaciones entre la temperatura del dispositivo real y la de la localización en la que se sitúa el transductor de temperatura en aquellas circunstancias en donde la medición directa no es práctica.

En la realización preferida actualmente, la tensión de  $V_{BREF}$  no está compensada en temperatura por el micro controlador 160 o por la lógica de control, dado que el micro controlador 160 no recibe o supervisa el valor de la tensión de referencia  $V_{BREF}$  directamente. El circuito de detección y regulación de la tensión  $V_B$  136 proporciona algún grado de compensación negativa de la temperatura que surge del uso de un diodo Zener, y la temperatura de la referencia de tensión se puede controlar en base a un componente discreto. De modo similar, se pueden usar otros componentes o se pueden aplicar otras calibraciones para ajustar y compensar la tensión de referencia  $V_{BREF}$  respecto a la temperatura. En otras realizaciones, la compensación directa de la tensión de referencia  $V_{BREF}$  sucede externamente al micro controlador 160. En otras realizaciones, ambas tensiones de referencia  $V_{ABREF}$  y  $V_{BREF}$  se leen, supervisan o controlan directamente por el micro controlador 160 y se pueden compensar de ese modo por temperatura de una manera similar.

En el bloque 220, se lee la señal de representación descrita anteriormente desde el circuito de detección y regulación de la tensión  $V_B$  136. La señal de representación indica que o bien la tensión  $V_B$  leída entre el terminal DD o bien la referencia de masa en el terminal EE excede la tensión de referencia  $V_{BREF}$  que es interna al circuito de detección y regulación de la tensión  $V_B$  136. Naturalmente, la señal de representación se puede asignar a otros valores y se pueden utilizar otros mecanismos para leer la tensión  $V_B$  y comparar la tensión  $V_B$  con la tensión de referencia o umbral  $V_{BREF}$  tanto directamente como indirectamente con respecto al micro controlador 160.

En el bloque 222, la entrada de detección de la tensión  $V_A$  que aparece en el terminal BB se lee después de acondicionarse por el circuito de detección de tensión  $V_A$  140.

A continuación, se ejecuta un bloque de subrutina **230** para comparar la tensión  $V_A$  leída en el bloque **222** con el ajuste de regulación de tensión  $V_{AREF}$  compensado por temperatura, programado y para procesar la señal de representación leída desde el circuito de detección y regulación de tensión  $V_B$  **136** en el bloque **220** y para conectar o desconectar las tres señales siguientes:

1. La primera señal de control **162** desde el micro controlador **160** al circuito de transistores controladores de campo **130** para controlar el devanado de campo **108**;
2. La segunda señal de control **162** desde el micro controlador **160** al segundo circuito de control de los SCR **132** para controlar los SCR **174, 176, 178**; y
3. La tercera señal de control **166** desde el micro controlador **160** al primer circuito de control de los SCR **134** para controlar los SCR **168, 170, 172**.

El bloque de subrutina **230** se describe con más detalle a continuación con referencia a la FIG. 7.

En el bloque **260**, se realiza una operación de conexión para comprobar el funcionamiento del devanado de campo **108** de la FIG. 4. Si el devanado de campo **108** está conectado cuando se supone que debe de estar desconectado, o viceversa, se envía la información por el micro controlador **160** al circuito de LED de diagnóstico **144**.

El bloque **270** controla el diodo emisor de luz (LED) tricolor, de diagnóstico, incluido en el circuito LED de diagnóstico **144**. Durante el funcionamiento normal el alternador **100** usa dos señales para aumentar las tensiones respectivas  $V_B$  o  $V_A$ . La primera señal de control **162** se enviará al devanado de campo **108** y las respectivas segunda o tercera señal de control **164, 166** se enviarán a los SCR apropiados del primer y segundo circuitos rectificadores **114, 116**. En el caso de un defecto tal como un transistor de campo cortocircuitado o un SCR cortocircuitado, la respectiva tensión  $V_A$  o  $V_B$  puede aumentar sin control. Por esta razón el programa del micro controlador **160** incluye preferiblemente una lógica para proteger al alternador **100** contra sobretensiones.

En una realización actualmente preferida, si el micro controlador **160** mide una tensión elevada estable en  $V_A$  (por ejemplo 31 voltios con relación al valor de referencia de 28 voltios) durante más de 3 segundos, el micro controlador **160** desconectará la primera, segunda y tercera señales de control **162, 164, 166** y se mantendrá este estado lógico hasta que se recicle la señal de energizado.

En una realización actualmente preferida, si el micro controlador **160** intenta desconectar los SCR del segundo circuito rectificador **116** produciendo una señal de desconexión en la segunda señal de control **164** durante más de 3 segundos, el microcontrolador **160** desconectará la primera, segunda y tercera señales de control **162, 164, 166** y mantiene este estado lógico hasta que la señal de energización se recicla.

El LED de diagnóstico, tricolor, analiza el rendimiento del alternador **100** de acuerdo con los modos de indicador actualmente preferidos:

Verde intermitente: ambas tensiones  $V_A$  y  $V_B$  están en sus respectivos ajustes de regulación o umbrales y el funcionamiento está bajo control.

Amarillo intermitente: o bien la tensión  $V_A$  o bien la tensión  $V_B$  está por debajo de sus umbrales o ajustes regulados respectivos. El alternador **100** o bien no está produciendo potencia o el circuito está sobrecargado.

Intermitente rojo: tanto la tensión  $V_A$  como la tensión  $V_B$  está por encima de sus ajustes o umbrales regulados respectivos. Esta situación puede tener lugar intermitentemente con altos transitorios de tensión o un fallo del sistema.

Amarillo fijo: el alternador **100** está parado y no está produciendo potencia ni en la tensión  $V_A$  ni  $V_B$  debido a una sobretensión persistente detectada en  $V_A$  (la protección de sobretensión  $V_A$  descrita anteriormente). El regulador **106** permanecerá en este modo hasta que la señal de energizado se recicle.

Rojo fijo: el alternador **100** está parado y no está produciendo potencia ni en la tensión  $V_A$  ni en la  $V_B$  debido a una sobretensión persistente detectada en  $V_B$  (la protección de sobretensión  $V_B$  descrita anteriormente). Esto puede tener lugar, por ejemplo, si se desconecta la segunda batería **120** en  $V_B$ . El regulador **106** permanecerá en este modo hasta que se recicle la señal de energizado.

Amarillo intermitente rápido: en este modo se pierde el control redundante por parte del regulador **106**. El alternador **100** debería ser reparado tan pronto como sea posible por un defecto en el sistema, en el regulador **106** o en el cableado del sistema. La tensión  $V_B$  continuará siendo cargada, pero la tensión  $V_A$  caerá a una tensión regulada inferior (tal como 26 voltios si  $V_A$  es nominalmente 28 voltios) para alertar a un operador respecto a un defecto de control. El regulador **106** permanecerá en este modo hasta que la señal de energizado se recicle.

Rojo intermitente rápido: en este modo se pierde el control del alternador **100** por parte del regulador **106** y la tensión  $V_A$  o  $V_B$  puede crecer descontroladamente. Los terminales de salida de potencia del alternador **100** se deberían desconectar inmediatamente.

El bloque **290** es aplicable cuando un puerto de comunicación (no mostrado) está activo para transmitir información desde el alternador **100** para o bien un módulo de supervisión o bien de control del sistema. El puerto de comunicación puede enviar y recibir el estado o puede enviar y recibir comandos para cambiar un parámetro que se

está supervisando. La información de estado típica incluye preferiblemente la tensión de salida, la intensidad de salida, la velocidad del eje, la temperatura, el rendimiento, la potencia de entrada y la potencia de salida que se producen como un porcentaje de la potencia de salida nominal máxima a una velocidad de eje dada. Un controlador externo puede usar esta información para regular la velocidad del eje o para controlar las cargas eléctricas aplicadas que afectan a la demanda de potencia del alternador. Se puede usar la comunicación de las señales de entrada para cambiar los límites programados. Por ejemplo, la información de velocidad del eje se puede usar como parte de un circuito de control de velocidad en una unidad de potencia auxiliar que conecta el alternador a un motor dedicado y la velocidad controlada dependerá del modelo de alternador y el tipo de motor usado. Los límites programados se personalizan para modelos de alternador específicos. Los ajustes de la tensión regulada se ajustan con precisión para cada alternador individual durante la calibración.

La FIG. 7 describe en detalle el funcionamiento de la subrutina realizada en el bloque **230** de la FIG. 6. El bloque **232** representa el comienzo del bloque **230**. El bloque **234** es un punto de decisión que determina si el valor de  $V_B$  es elevado con relación a la tensión de referencia  $V_{BREF}$ . Si la tensión  $V_B$  es alta, se ejecuta el bloque **236**. El bloque **236** es un punto de decisión que determina si el valor de  $V_A$  es alto con relación a la tensión de referencia  $V_{AREF}$ . Si la tensión  $V_A$  es alta, se ejecuta el bloque **238**. El bloque **238** es un comando para desconectar el devanado de campo **108** y para desconectar los SCR **174**, **176**, **178** del segundo circuito rectificador **116**. El bloque **240** es un retardo que sigue a la ejecución del comando en el bloque **238**. En una realización actualmente preferida, el retardo del bloque **240** es de cuatro milisegundos (ms) de duración. Naturalmente, el retardo se puede fijar en otros valores.

Volviendo al punto de decisión en el bloque **236**, si la tensión  $V_B$  es alta y la tensión  $V_A$  no es alta, se ejecutan el bloque **244**. El bloque **244** es un comando para desconectar los SCR **174**, **176**, **178** del segundo circuito rectificador **116**. El bloque **240** es el retardo que sigue a la ejecución del comando en el bloque **244**.

Volviendo al punto de decisión en el bloque **234**, si la tensión  $V_B$  no es alta, se ejecuta el bloque **242**. El bloque **242** es un comando para conectar el devanado de campo **108** y para conectar los SCR **174**, **176**, **178** del segundo circuito rectificador **116**. El bloque **240** es el retardo que sigue a la ejecución del comando en el bloque **242**.

Siguiendo al retardo en el bloque **240**, el bloque **246** es un punto de decisión que determina si el valor de  $V_A$  es alto con relación a la tensión de referencia  $V_{AREF}$ . Si la tensión  $V_A$  es alta, se ejecuta el bloque **248**. El bloque **248** es un punto de decisión que determina si el valor de  $V_B$  es alto con relación a la tensión de referencia  $V_{BREF}$ . Si la tensión  $V_B$  es alta, se ejecuta el bloque **250**. El bloque **250** es un comando para desconectar el devanado de campo **108** y para desconectar los SCR **168**, **170**, **172** del primer circuito rectificador **114**. El bloque **252** es un retardo que sigue a la ejecución del comando en el bloque **250**. En una realización actualmente preferida, el retardo del bloque **252** es de cuatro milisegundos (ms) de duración. Naturalmente, el retardo se puede fijar en otros valores distintos a este valor de ejemplo. Aunque en este ejemplo, el retardo del bloque **252** es equivalente al retardo del bloque **240**, no necesita ser éste el caso y los tiempos de retardo pueden diferir entre sí como se desee en otras implementaciones de la subrutina realizada en el bloque **230**.

Volviendo al punto de decisión en el bloque **248**, si la tensión  $V_A$  es alta y la tensión  $V_B$  no es alta, se ejecuta el bloque **258**. El bloque **258** es un comando para desconectar los SCR **168**, **170**, **172** del primer circuito rectificador **114**. El bloque **252** es el retardo que sigue a la ejecución del comando en el bloque **258**.

Volviendo al punto de decisión en el bloque **246**, si la tensión  $V_A$  no es alta, se ejecuta el bloque **256**. El bloque **256** es un comando para conectar el devanado de campo **108** y para conectar los SCR **168**, **170**, **172** del primer circuito rectificador **114**. El bloque **252** es el retardo que sigue a la ejecución del comando en el bloque **256**.

Como se ha descrito anteriormente, el devanado de campo **108** se controla con la primera señal de control **162** (desde el micro controlador **160**) que se introduce al bloque de transistores de accionamiento del campo **130** de la FIG. 4. Los SCR **168**, **170**, **172** del primer circuito rectificador **114** se controlan con la tercera señal de control **166** que se introduce al primer circuito de control del SCR **134** de FIG. 4. Los SCR **174**, **176**, **178** del segundo circuito rectificador **116** se controlan con la segunda señal de control **164** que se introduce en el segundo circuito de control de los SCR **132** de la FIG. 4.

La razón detrás de los tiempos de retardo en los bloques **240** y **252** es retrasar la conmutación real del devanado de campo **108**. Sin retardo, el bloque de la subrutina **230** se ejecutaría demasiado rápido y el bucle completo del diagrama de flujo recorrería su ciclo muy rápidamente. El bloque de la subrutina **230** puede ejecutarse en menos de un milisegundo, por ejemplo. Esto puede dar como resultado una rápida conmutación para abrir y cerrar el devanado de campo **108**, lo que no es deseable porque los componentes tal como los transistores conmutados del circuito de transistores de accionamiento del campo **130** del regulador **106** se puede calentar y poner en peligro el rendimiento del regulador **106** y del devanado de campo **108**. Más generalmente, algunos componentes del regulador **106** se sobrecargarían innecesariamente. Retrasando la conmutación real del devanado de campo **108** mediante la inserción de los retardos en los bloques de subrutina **230** se retrasa de modo efectivo la ejecución del diagrama de flujo completo. Preferiblemente, los tiempos de retardo se seleccionan de modo que no afecten al control por el regulador **106** de las tensiones de salida  $V_A$  y  $V_B$  y el devanado de campo **108** mientras se limita la sobre utilización de los componentes de conmutación del regulador **106**. Aunque se puede usar cualquier tiempo de retardos

consistentes con el mantenimiento de estos objetivos, se han encontrado adecuados tiempos combinados para los bloques de retardo juntos de alrededor de seis a veinte milisegundos (ms). En la realización actualmente preferida, cada bloque de retardo **240** y **252** tiene signado un valor de tiempo de retardo de cuatro milisegundos (ms). Como alternativa, se puede usar un sistema accionado por interrupciones en lugar de los retardos descritos.

Naturalmente, se debería comprender que el devanado de campo **108** de la FIG. 1 y la FIG. 4 se pueden controlar en una variedad de formas. La primera señal de control **162** de la FIG. 4 generalmente conecta y desconecta la intensidad a través del devanado de campo **108**. Sin embargo, en otras realizaciones la excitación de la intensidad del devanado de campo **108** se puede aumentar o disminuir incrementalmente. En una realización actualmente preferida, el devanado de campo **108** se controla por el bloque de la subrutina **230** de las FIGS. 6 y 7 y se comprueba su funcionamiento apropiado en el bloque **260**. De esta forma, el devanado de campo **108** puede ser comprobado cada vez que se ejecuta el bucle de control de la FIG. 6. En otras realizaciones, se puede utilizar un sistema accionado por interrupciones para comprobar el valor de la intensidad y acto seguido introducir un comando para controlar la intensidad a través del devanado de campo **108**. En otra realización, el devanado de campo **108** se conecta en respuesta a un interruptor de arranque y permanece conectado indefinidamente.

Puede ser ventajoso para otras finalidades variar la intensidad del devanado de campo **108** en una forma diferente pero complementaria al procedimiento expuesto en el bloque de la subrutina **230**. Por ejemplo, se puede utilizar en ciertas aplicaciones una intensidad de devanado de campo **108** que tenga un ciclo de trabajo preestablecido. En una realización, la intensidad de campo se conecta, desconecta, o se conecta a través de los transistores de accionamiento del campo **130** durante un intervalo fijo dependiendo del resultado de dos comparaciones separadas que se usan con finalidades de regulación:

1. una comparación de una tensión de salida actual en relación a un ajuste de regulación de tensión (como la subrutina del bloque **230**);
2. una comparación de la intensidad de salida actual en relación a un límite de intensidad programado. Se puede incluir un circuito de conmutación de campo medio (no mostrado en la FIG. 5) en el regulador **106** para producir una tensión proporcional al tiempo dentro de un periodo en el que el devanado de campo **108** está conduciendo intensidad (por ejemplo el ciclo de trabajo).

Un método actualmente preferido para la regulación del alternador incluye lo siguiente:

El regulador **106** aumenta la intensidad a través del origen del campo **108** cuando una cualquiera de entre la primera y la segunda tensiones de salida  $V_A$ ,  $V_B$  cae por debajo del umbral respectivo  $V_{AREF}$ ,  $V_{BREF}$ .

El regulador **106** disminuye la intensidad a través del origen del campo **108** cuando (1) la primera tensión de salida  $V_A$  excede del primer umbral  $V_{AREF}$  y (2) la segunda tensión de salida  $V_B$  excede el segundo umbral  $V_{BREF}$ . Esto es, cuando tanto la primera como la segunda tensiones de salida  $V_A$ ,  $V_B$  exceden los umbrales respectivos  $V_{AREF}$ ,  $V_{BREF}$ , el regulador **106** disminuye la intensidad a través del origen del campo **108**.

El regulador **106** controla el primer circuito rectificador **114** para conducir la intensidad entre el primer devanado de generación de potencia **110** y la primera salida **126** cuando la primera tensión de salida  $V_A$  cae por debajo del primer umbral  $V_{AREF}$ .

El regulador **106** controla el segundo circuito rectificador **116** para conducir la intensidad entre el segundo devanado de generación de potencia **112** y la segunda salida **128** cuando la segunda tensión de salida  $V_B$  cae por debajo del segundo umbral  $V_{BREF}$ .

El regulador **106** interrumpe la intensidad entre el primer devanado de generación de potencia **110** y la primera salida **126** cuando la primera tensión de salida  $V_A$  excede del primer umbral  $V_{AREF}$ .

El regulador **106** interrumpe la intensidad entre el segundo devanado de generación de potencia **112** y la segunda salida **128** cuando la segunda tensión de salida  $V_B$  excede del segundo umbral  $V_{BREF}$ .

El alternador **100** descrito anteriormente proporciona un número de importantes ventajas. El regulador **106** controla la potencia en múltiples salidas por medio del control de un origen del campo tal como un devanado de campo y mediante la conmutación de la rectificación en cada salida. También, las salidas del alternador y los devanados de generación de potencia son independientes eléctricamente y están aislados entre sí. La disposición física y la configuración estructural de los elementos del alternador **100** tal como los devanados de estator, devanado de campo y los rotores relativamente entre sí y con el eje de accionamiento tienen asimismo implicaciones. Por ejemplo, los devanados de estator separados axialmente y aislados eléctricamente que no comparten una tierra común se pueden optimizar individualmente respecto a la potencia a varias velocidades de funcionamiento y las tensiones mientras se reducen los efectos de acoplamiento indeseables. Se debería comprender que cualquier función o estructura descrita anteriormente así como cualesquiera ventajas proporcionadas por cualquier función o estructura descritas anteriormente, se pueden utilizar, poner en práctica o implementar por separado en una amplia variedad de realizaciones. Por ejemplo, los métodos de regulación y las funciones pueden controlar las salidas con

los elementos tal como los devanados que no están eléctricamente aislados, que comparten una tierra común o que no son independientes entre sí en todo momento. Como otro ejemplo, se puede utilizar un imán permanente como el origen del campo **108** y puede estar conectado todo el tiempo durante el funcionamiento normal. Las tensiones de salida se pueden regular sin conectar o desconectar regularmente el imán permanente, sino por el contrario solamente mediante el control de los rectificadores conmutados.

La Solicitud N° US 6.184.661 presentada el 22 de junio de 1999 describe una realización de un regulador de alternador de tensión simple que controla tanto la tensión de salida como la intensidad de salida, limita la potencia y el par del accionamiento de entrada y mantiene la potencia de salida dentro de un intervalo preestablecido mientras funciona en un amplio intervalo de temperaturas ambientes e intervalo de velocidades del eje. Se supervisan las señales de tensión, velocidad del eje y temperatura y los resultados se procesan para determinar la intensidad de salida y para controlar la potencia de salida sin exceder los límites programados para la tensión de salida, la intensidad de salida, la temperatura, la potencia de salida, la potencia de accionamiento, el par y la velocidad del eje. La realización proporciona una potencia de salida predecible característica para el alternador y elimina elevadas excursiones en la potencia de accionamiento de entrada y en el par que tendrían lugar a bajas temperaturas y ciertas velocidades del eje. Si se exceden los límites programados durante un intervalo especificado y el alternador no responde a los cambios de control impuestos por el regulador, el regulador desconectará la intensidad de campo del alternador, activará un circuito de alarma y enviará un código de defecto. El regulador es capaz también de comunicación con otros sistemas de control para proporcionar el estado, necesidades específicas y para responder a solicitudes.

En otras realizaciones, el regulador puede almacenar también límites programados para la temperatura, potencia de salida, eficiencia, porcentaje de la capacidad de salida nominal y velocidad en el eje. Tales variaciones pueden incluir controladores para el control de la intensidad de campo del alternador para mantener el funcionamiento del alternador dentro de estos límites de programa para uno o más de estos parámetros adicionales tanto en solitario como en combinación con los parámetros usados para regular la intensidad de campo en la realización preferida descrita en la Solicitud N° US 6.184.661.

El regulador **106** puede incluir una extensión generalizada de las realizaciones del regulador del alternador de tensión simple de la Solicitud N° 6.184.661, presentada el 22 de junio de 1999 y puede realizar las funciones listadas anteriormente, incluyendo el control tanto de las tensiones de salida como de las intensidades, la limitación de la potencia y el par de accionamiento de entrada y el mantenimiento de la potencia de salida dentro de un intervalo preestablecido mientras se funciona en un intervalo de temperatura ambiente amplio e intervalo de velocidad de ejes. En otras realizaciones, el regulador **106** es capaz también de medir y proporcionar una señal indicativa de la intensidad de la bobina de campo media mediante la medición del ciclo de trabajo del devanado de campo y proporcionando una tensión proporcional al ciclo de trabajo del devanado de campo.

Se ha descrito anteriormente un alternador de acuerdo con esta invención. Sin embargo, las realizaciones no se limitan a un alternador y se pueden aplicar a una variedad de dispositivos, por ejemplo un generador eléctrico. Como se usa en el presente documento, el término generador (o generador eléctrico) está ampliamente dirigido a englobar el intervalo más amplio de dispositivos para la generación de intensidad eléctrica cuando se gira un eje de generador, incluyendo dispositivos tales como alternadores. Por ello, el término generador engloba dispositivos de generación en los que uno de entre el origen del campo y el primer y segundo devanados de generación de potencia se montan para girar con el eje del generador y el giro del eje modifica por lo tanto la interacción electromagnética entre el origen del campo y los devanados de generación de potencia. El término generador también engloba dispositivos en los que tanto el origen del campo como los devanados de generación de potencia se montan por separado del eje del generador y el eje del generador gira un elemento que modifica la interacción electromagnética entre el origen del campo y los devanados de generación de potencia.

Como se usa en el presente documento, el término salida se pretende referir ampliamente a un par de conductores o terminales de salida o a un conductor que se conecta con un terminal de salida, con o sin la intervención de componentes eléctricos. El par de conductores puede incluir un par de terminales de salida, por ejemplo. Además, un conductor puede ser cualquier salida del alternador **100** (por ejemplo un terminal de salida o un par de terminales de salida).

Como se usa en el presente documento el término alternador se pretende que englobe ampliamente realizaciones que pueden o no incorporar un regulador. El regulador puede estar montado separado del alternador o puede estar incorporado dentro del alternador, por ejemplo. En una realización preferida del alternador **100**, el regulador se monta por separado del alternador **100**. Sin embargo, en otras realizaciones el regulador se incorpora dentro del alternador **100**.

Aunque se ilustran dos tensiones  $V_A$  y  $V_B$  en las FIGS. 1 y 4, en otras realizaciones el alternador **100** puede suministrar potencia de salida a más de dos sistemas eléctricos que funcionen a sus tensiones respectivas. Preferiblemente, estos sistemas eléctricos están aislados eléctricamente entre sí y las tensiones de funcionamiento respectivas no comparten tierras comunes entre sí.

Preferiblemente, el primer sistema eléctrico **102** incluye una primera batería, con un valor nominal de  $V_A$ . Preferiblemente, el segundo sistema eléctrico **104** incluye una segunda batería, con un valor nominal de  $V_B$ . El suministro de potencia de salida al primer sistema eléctrico **102** incluye preferiblemente la carga de la primera batería. El suministro de la potencia de salida al segundo sistema eléctrico **104** incluye preferiblemente la carga de la segunda batería. En otra realización, el primer y segundo sistemas eléctricos **102**, **104** incluye solamente la primera y segunda baterías, respectivamente, y el primer y segundo sistemas eléctricos **102**, **104** a su vez suministran tensión a otros sistemas eléctricos externos.

Preferiblemente el primer sistema eléctrico **102** incluye una o más cargas que reciben potencia de la primera batería. Preferiblemente, el sistema eléctrico **104** incluye una o más cargas que reciben potencia de la segunda batería. Las cargas pueden estar conectadas o desconectadas a las baterías respectivas según se necesite la potencia.

Se puede fijar una tensión de referencia o de umbral tal como  $V_{AREF}$  o  $V_{BREF}$  en un valor fijo o el umbral se puede variar durante el funcionamiento. El umbral puede estar compensado para tener en cuenta las condiciones de funcionamiento, incluyendo la temperatura. En general, se dice que se cruza un umbral cuando la magnitud de la tensión excede la magnitud del umbral o viceversa. El umbral se puede cruzar en cualquier dirección, tanto desde abajo como desde arriba del umbral. En algunas realizaciones, el cruce del umbral involucra una histéresis, de modo que el umbral se cruza desde abajo y desde arriba en valores diferentes. Se excede un umbral cuando la magnitud absoluta del umbral se excede. Por ejemplo un valor de -13 voltios excede un umbral de -12 voltios. De modo similar y en este contexto solamente, un valor es alto cuando excede un umbral en magnitud absoluta y un valor es bajo cuando cae por debajo del umbral en magnitud absoluta.

En la realización actualmente preferida, la primera y segunda tensiones de salida  $V_A$  y  $V_B$  son tensiones en corriente continua. Naturalmente, se debería comprender que el alternador **100** no está limitado a una salida de potencia en corriente continua y otras realizaciones proporcionan una potencia de salida en corriente alterna. En realizaciones de potencia de salida en corriente alterna, se pueden usar triacs en lugar del primer y segundo circuitos rectificadores **114**, **116** para proporcionar una intensidad de salida en corriente alterna desde los respectivos primer y segundo devanados de generación de potencia **110**, **112**.

Un reto en el diseño de una o más salidas en corriente alterna es el mantenimiento de una frecuencia de salida estable. La velocidad del eje de accionamiento de un generador eléctrico tal como un alternador **100** modulará en general la frecuencia de salida de una salida en corriente alterna. La generación de una salida en corriente alterna con una frecuencia de salida estable y fiable se puede obtener con un alternador de velocidad fija.

Se debería comprender que mientras que se prefiere el uso de SCR en el primer y segundo circuito rectificador **114**, **116**, se pueden usar otros elementos. El rectificador conmutado puede incluir un transistor de efecto de campo de metal óxido semiconductor (MOSFET), por ejemplo. Naturalmente, se puede usar más de un dispositivo para realizar la rectificación o para realizar la rectificación conmutada. En otras realizaciones el rectificador conmutado puede ser un elemento o dos o más elementos utilizados conjuntamente como un rectificador conmutado. Por ejemplo se pueden utilizar un MOSFET y un diodo en serie para realizar una función de rectificación conmutada. Más generalmente, se puede usar un diodo rectificador en serie con un conmutador, por ejemplo.

Tanto el lado negativo como el lado positivo de un rectificador conmutado se pueden conectar a una salida de tensión en corriente alterna. Por ejemplo, en la FIG. 4 cada una de las salidas de tensión de la fase de corriente alterna del primer y el segundo devanado de estator **110**, **112** se conecta a un SCR en el lado positivo y a un diodo en el lado negativo. Son posibles otras implementaciones, sin embargo, y el alternador **110** no está limitado a esta realización preferida. En otra realización, se invierte la situación y cada una de las salidas de tensión de fase de corriente alterna se conecta a un SCR en el lado negativo y a un diodo en el lado positivo.

Se debería comprender que, como se usa en el presente documento, el término señal de control se refiere ampliamente a una señal analógica o digital y engloba ambos tipos de señales.

Se debería comprender que las etapas de los métodos enumerados en el presente documento se pueden realizar en cualquier orden consistente con las acciones enumeradas.

La descripción detallada precedente ha descrito solamente unas pocas de las muchas formas que esta invención puede tomar. Esta descripción detallada por lo tanto se pretende solamente como modo de ilustración y no de limitación. Son solamente las reivindicaciones a continuación las que pretenden definir el alcance de la invención.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para la regulación de un generador eléctrico que comprende un origen del campo (108) y un primer y un segundo devanado de generación de potencia (110, 112) para suministrar intensidad a la primera y segunda salida (126, 128), respectivamente, comprendiendo dicho método:
- 10 (a) la conducción de intensidad entre el primer devanado de generación de potencia (110) y la primera salida (126) cuando la primera tensión de salida cae por debajo de un primer umbral;
- (b) conducir intensidad entre el segundo devanado de generación de potencia (112) y la segunda salida (128) cuando la segunda tensión de salida cae por debajo de un segundo umbral;
- (c) el aumento de la intensidad a través del origen del campo (108) cuando una cualquiera de la primera y segunda tensiones de salida cae por debajo de los umbrales respectivos,
- (d) disminuir la intensidad a través del origen del campo (108) cuando
- 15 (i) la primera tensión de salida excede el primer umbral y  
(ii) la segunda tensión de salida excede el segundo umbral
- (e) interrumpir la intensidad entre el primer devanado de generación de potencia (110) y la primera salida (126) cuando la primera tensión de salida excede el primer umbral; y
- 20 (f) interrumpir la intensidad entre el segundo devanado de generación de potencia (112) y la segunda salida (128) cuando la segunda tensión de salida excede el segundo umbral.
2. El método de la reivindicación 1, en el que la primera y segunda salidas (126, 128) están aisladas eléctricamente entre sí y en el que las etapas (a) y (b) comprenden la conducción de intensidades en corriente continua entre los
- 25 respectivos devanados de generación de potencia (110, 112) y la respectiva salida (126, 128).
3. El método de la reivindicación 2, en el que el origen del campo (108) comprende un devanado de campo.
4. El método de la reivindicación 1, en el que la primera y segunda salida (126, 128) comprenden cada una un par
- 30 de conductores respectivos en el que la primera y segunda salida (126, 128) están aisladas eléctricamente entre sí, y en el que las etapas (a) y (b) comprenden la conducción de intensidades en corriente continua entre los respectivos devanados de generación de potencia (110, 112) y las salidas respectivas (126, 128).
5. Un generador eléctrico de tensión múltiple que comprende:
- 35 un origen del campo (108);  
un primer y un segundo devanados de generación de potencia (110, 112) para suministrar intensidad a las respectivas primera y segunda salidas (126, 128);  
un regulador de tensión (106) que comprende:
- 40 primeros medios para la conducción de intensidad entre el primer devanado de generación de potencia (110) y la primera salida (126) cuando la primera tensión de salida cae por debajo de un primer umbral;  
segundos medios para la conducción de intensidad entre el segundo devanado de generación de potencia (112) y la segunda salida (128) cuando la segunda tensión de salida cae por debajo de un segundo umbral;
- 45 medios para aumentar la intensidad a través del origen del campo (108) cuando una cualquiera de la primera y segunda tensiones de salida cae por debajo de los umbrales respectivos y para disminuir la intensidad a través del origen del campo (108) cuando ambas de la primera y segunda tensiones de salida exceden los respectivos umbrales;
- medios para interrumpir la intensidad entre el primer devanado de generación de potencia (110) y la primera salida (126) cuando la primera tensión de salida excede el primer umbral; y
- 50 medios para interrumpir la intensidad entre el segundo devanado de generación de potencia (112) y la segunda salida (128) cuando la segunda tensión de salida excede el segundo umbral.
6. El generador eléctrico de tensiones múltiples de la reivindicación 5, en el que el origen del campo (108) comprende un devanado de campo.
- 55

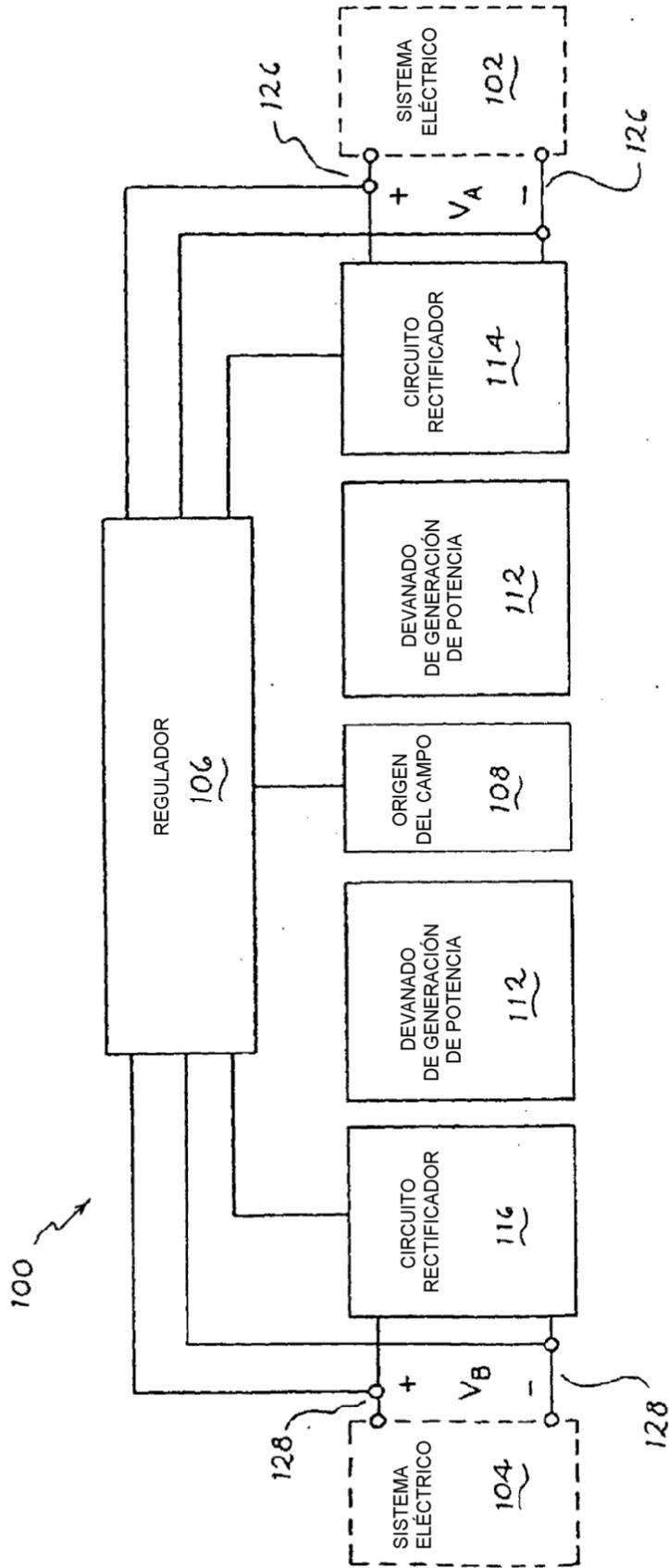


Fig. 1

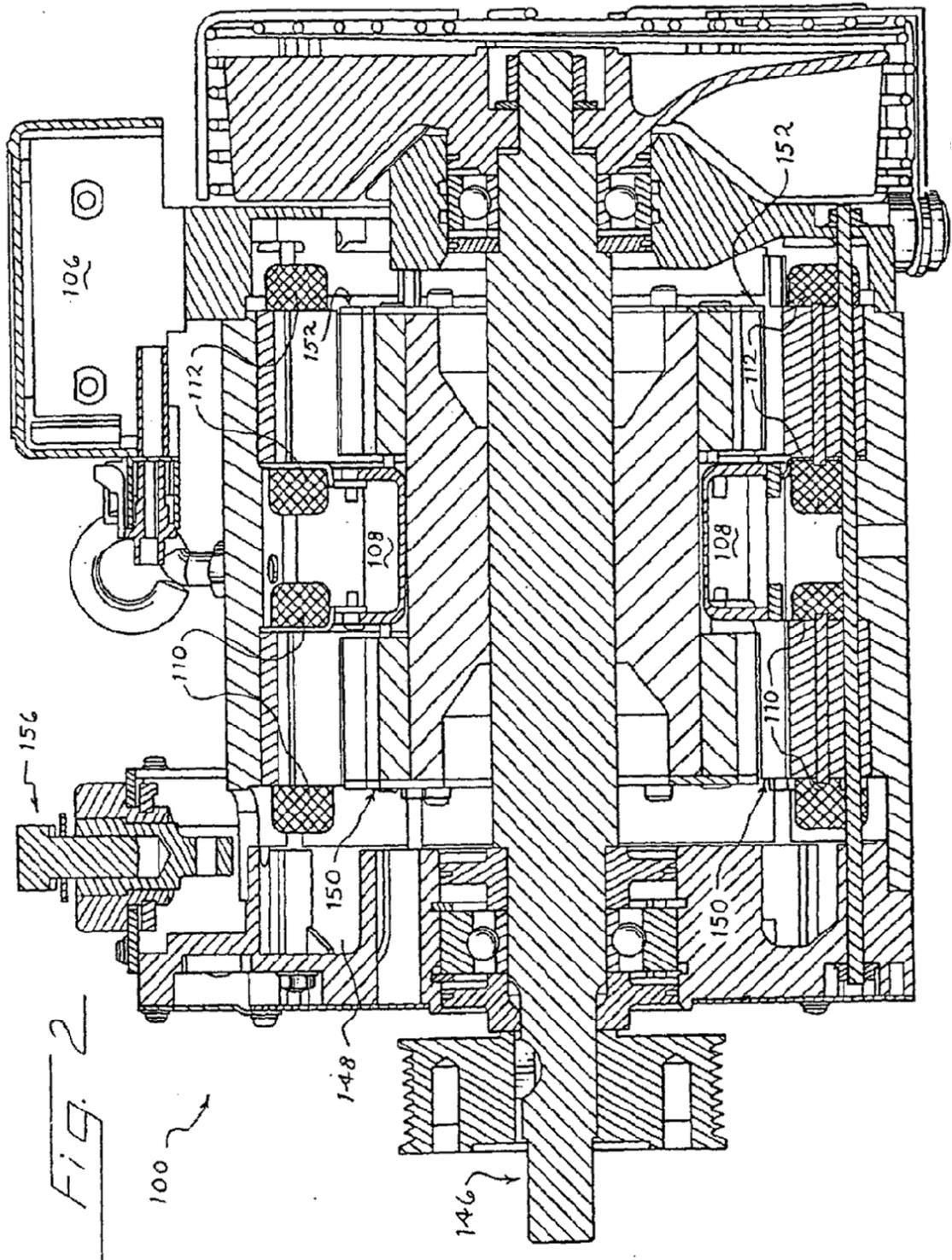
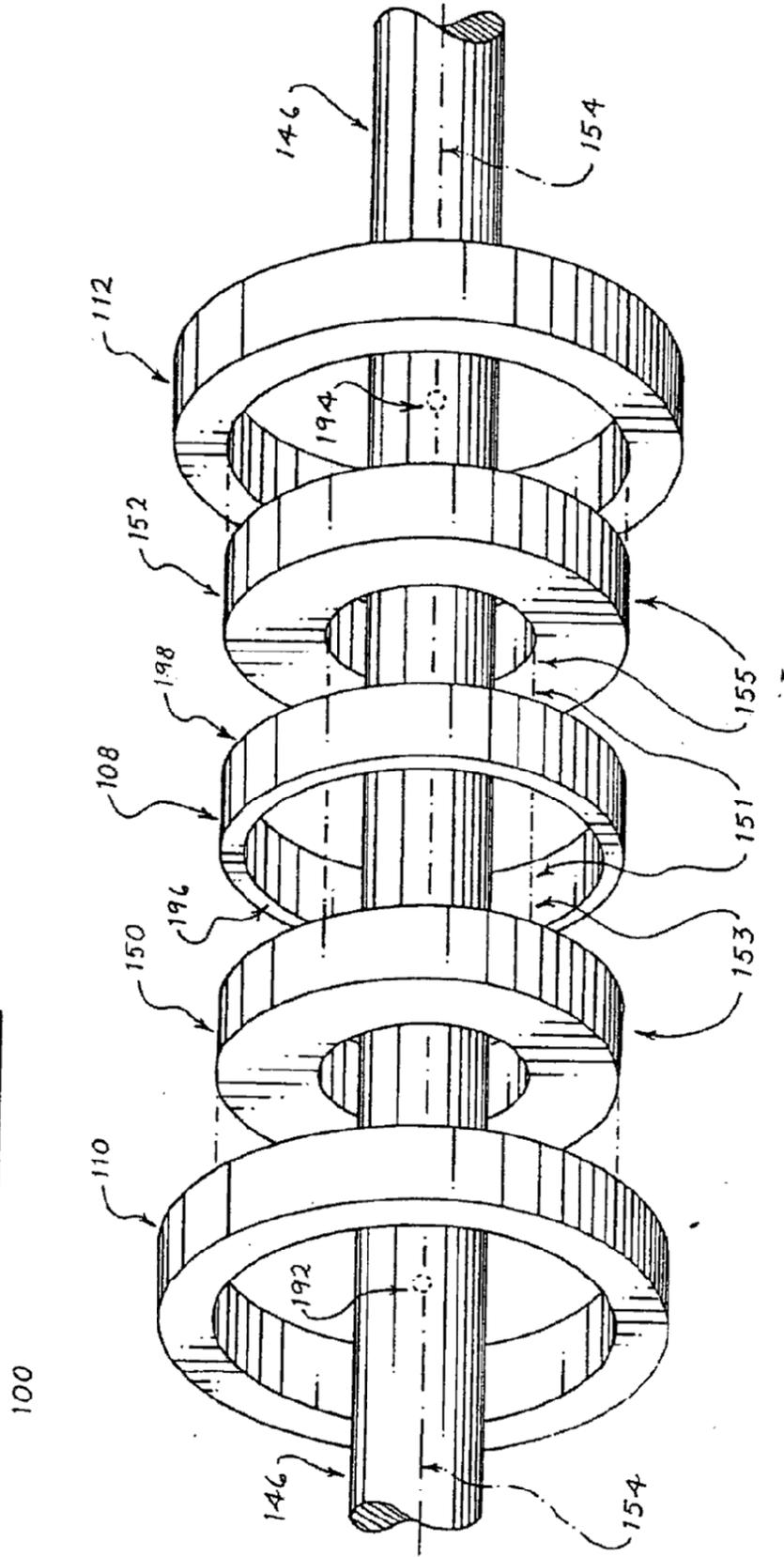


FIG. 3



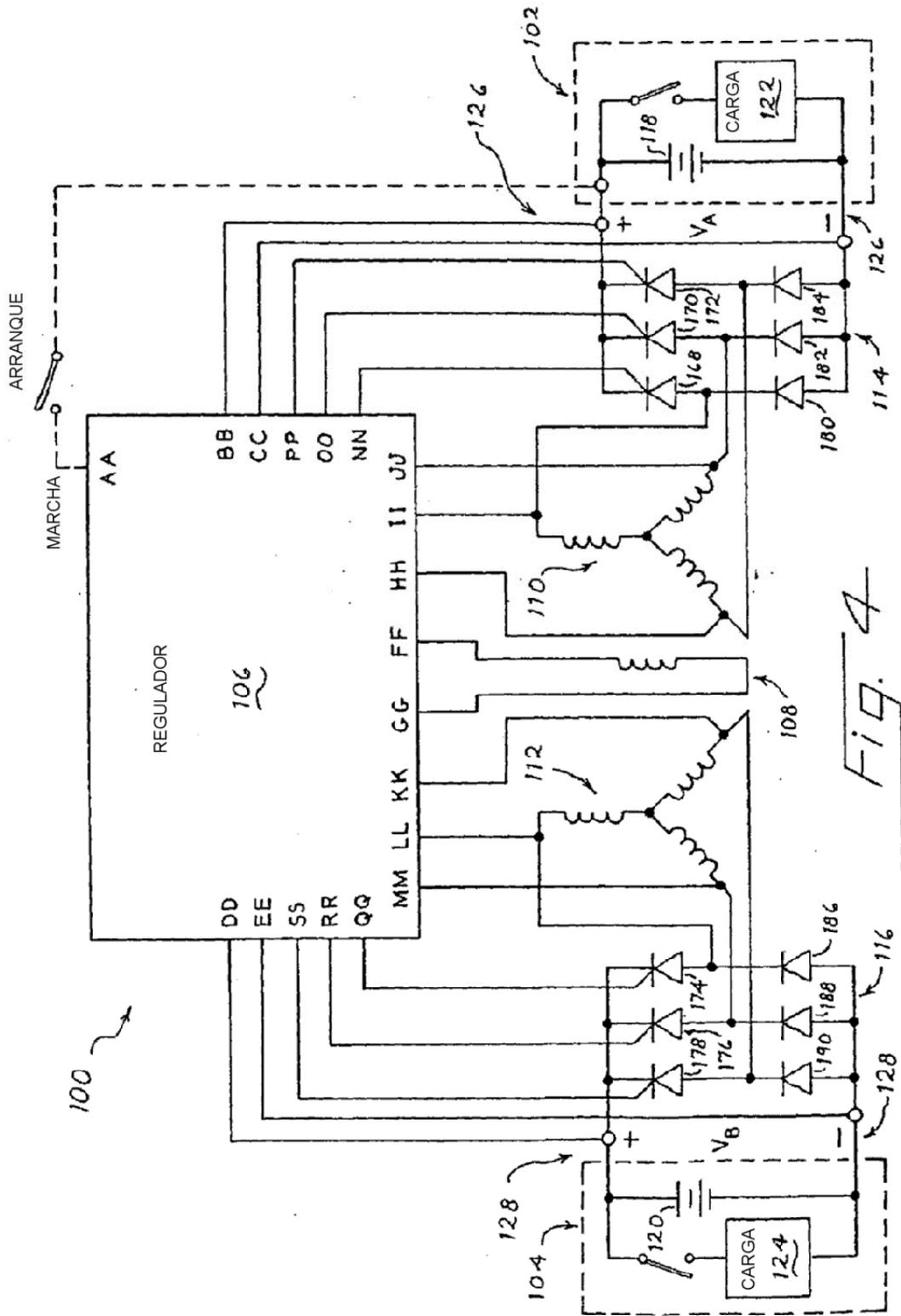
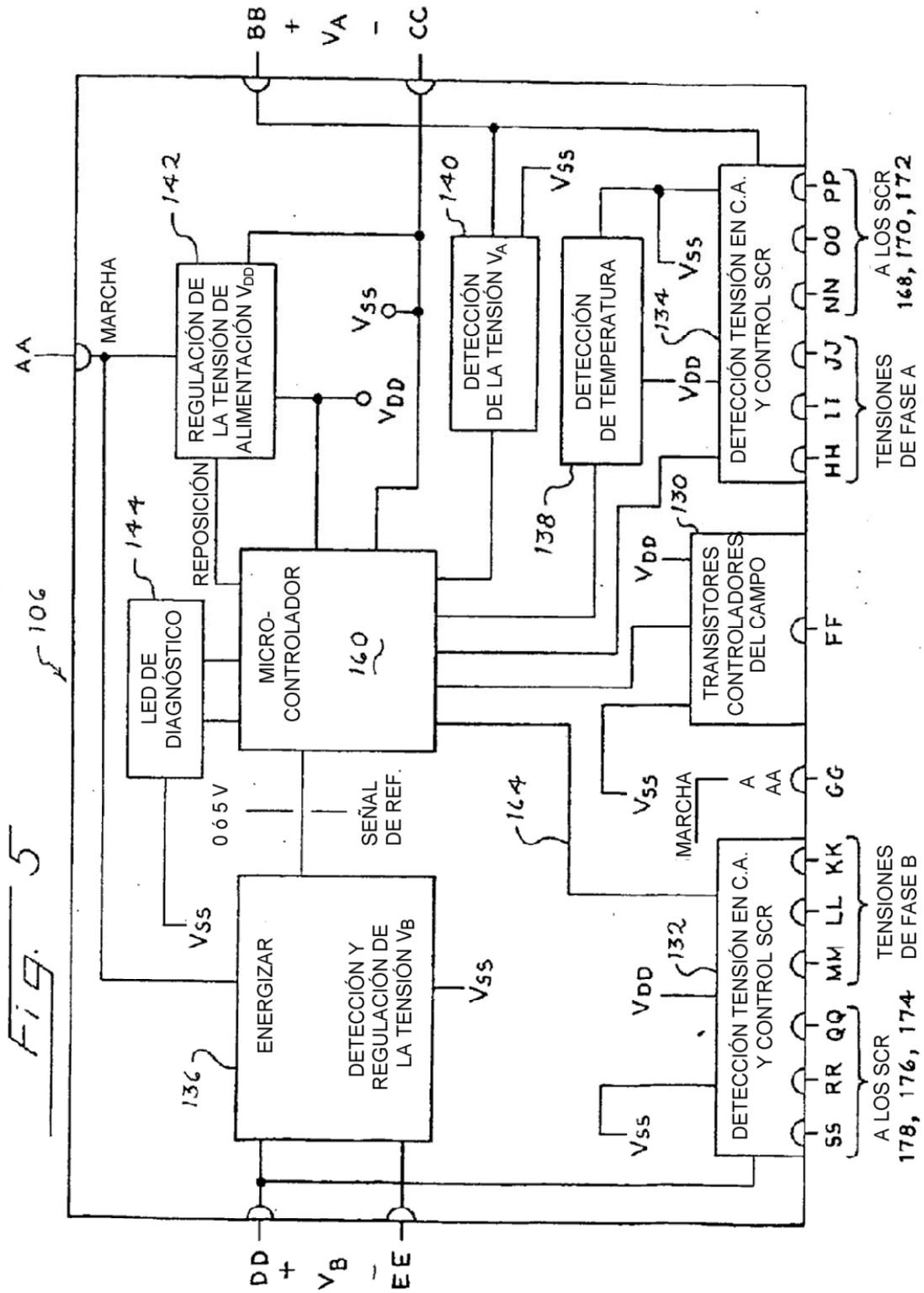
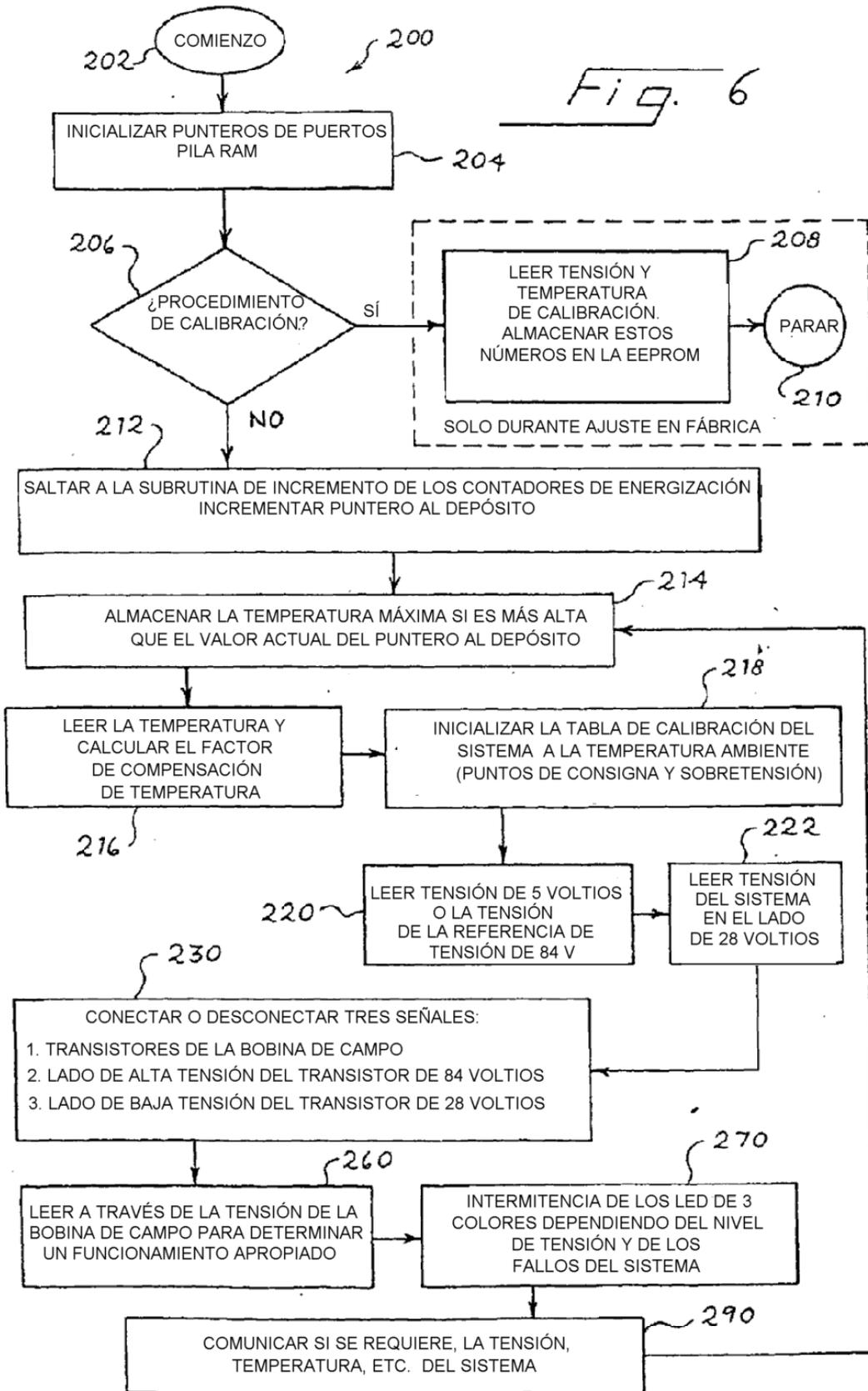


Fig. 4





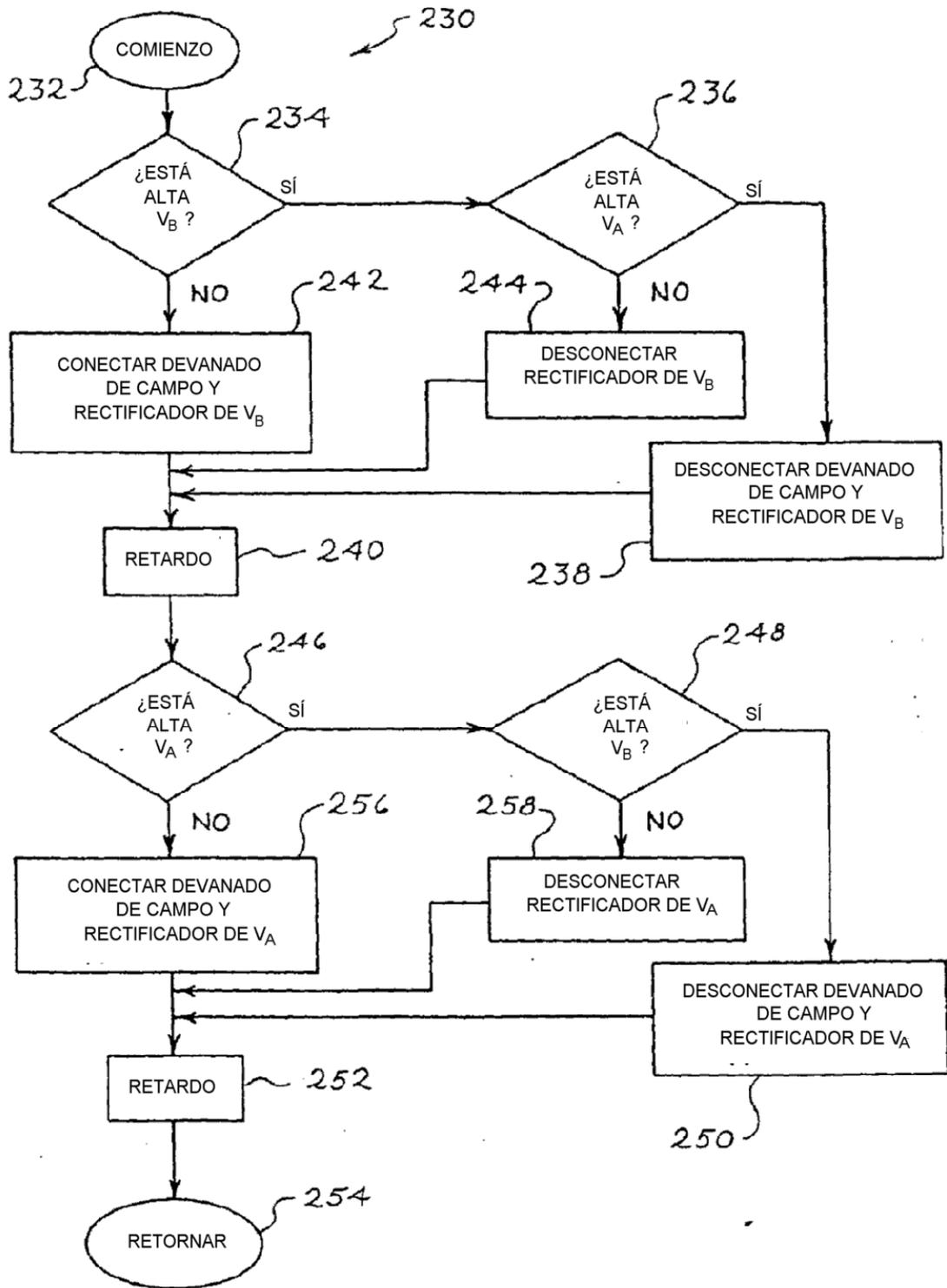


Fig. 7