



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 362 151**

51 Int. Cl.:
H02J 3/40 (2006.01)
H02J 1/10 (2006.01)
H02J 7/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08002159 .5**
96 Fecha de presentación : **24.08.2004**
97 Número de publicación de la solicitud: **1919057**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.05.2008**

54 Título: **Control inter-reguladores de múltiples fuentes de potencia eléctrica.**

30 Prioridad: **28.08.2003 US 650617**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
29.06.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
29.06.2011

73 Titular/es: **C.E. Niehoff & Company**
2021 Lee Street
Evanston, Illinois 60202, US

72 Inventor/es: **Patterson, Ciaran J.**

74 Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 362 151 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

Control Inter - Reguladores de Múltiples Fuentes de Potencia Eléctrica

5 Antecedentes

10 La potencia eléctrica para vehículos, incluyendo automóviles, camiones y autobuses típicamente se suministra por sistemas de alternador - batería. El alternador usualmente se controla por medios mecánicos para generar la potencia eléctrica. La salida de potencia del alternador se controla por un regulador de voltaje, que detecta la salida de voltaje del alternador y ajusta el campo magnético del alternador o el control de rectificación para mantener un valor deseado del voltaje de salida del alternador.

15 La potencia eléctrica para los vehículos puede usarse en condiciones difíciles, aplicaciones de corriente elevada, tales como el funcionamiento de aire acondicionado en los vehículos. En tales aplicaciones, un único alternador puede no producir suficiente potencia eléctrica. Para generar potencia adicional, pueden conectarse dos o más alternadores en paralelo cuando la carga eléctrica total del sistema excede la capacidad de generación de un único alternador.

20 Si se requieren dos o más alternadores en un sistema, cada alternador típicamente tiene su propio regulador de voltaje. El control de voltaje se realiza por lo tanto independientemente para cada uno de los alternadores. En este caso, incluso si los múltiples alternadores son idénticos en cada aspecto, quedan voltajes diferentes presentes en el sistema debido a una variedad de factores. Un factor de presentar diferentes voltajes en el sistema es debido al cableado y a las caídas de voltaje de las conexiones que cambian con la carga eléctrica. Por ejemplo, la localización del alternador dentro del sistema requiere cableado de interconexión y conectores que pueden afectar al voltaje en la salida del alternador. Otro factor son las diferencias en las características del alternador. Por ejemplo, el funcionamiento del ordenador puede estar afectado por su temperatura de funcionamiento. Las variaciones de temperatura en el sistema pueden dar como resultado que los alternadores funcionen a diferentes temperaturas dando como resultado por lo tanto diferentes salidas del alternador. Estas variaciones de temperatura pueden deberse a la dinámica de los flujos de aire refrigerantes internos o externos o a la proximidad de superficies próximas de calentamiento o de enfriamiento.

35 Como resultado, cuando se producen cambios de la carga, la porción de la carga eléctrica total suministrada por cada uno de los alternadores no es predecible o constante. En cambio, se manifiesta la inestabilidad del sistema por voltajes de salida inestables y se produce la distribución no equilibrada de cargas eléctricas según se producen cambios en la carga. Esta inestabilidad es una condición llamada de "caza" y se causa por la porción de la carga total suministrada por cada uno de los alternadores individuales que no es constante. Otro efecto indeseable de la inestabilidad es que un alternador en el sistema asume la mayor parte, o potencialmente toda la carga del sistema total. En tales casos el alternador sobrecargado puede sufrir un fallo prematuro.

40 Se han intentado soluciones al problema de alternadores múltiples. Uno de tales intentos se desvela en la Patente de los Estados Unidos N° 5.723.972 (de Bartol y otros) en la cual dos o más alternadores se conectan eléctricamente en paralelo a través de una batería y una carga. Los diversos reguladores de voltaje electrónicos correspondientes controlan individualmente los alternadores, con un regulador que está especialmente configurado como maestro y los otros reguladores están configurados como seguidores para recibir una señal desde el regulador maestro. El regulador maestro sólo detecta el voltaje a través de la batería y genera una señal de control maestra para su uso tanto en el regulador maestro como en todos los reguladores seguidores para generar la potencia para las cargas eléctricas y mantener el voltaje regulado. El documento US 5.679.840 describe un módulo de suministro de potencia que tiene un controlador para controlar la cantidad de potencia suministrada desde una entrada a una salida en respuesta a un circuito de retroalimentación.

50 Lo que se necesita es un mejor control entre reguladores de alternadores múltiples.

Sumario

55 De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un regulador de voltaje como se describe en la reivindicación 1.

60 De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención se proporciona un sistema como se describe en la reivindicación 8.

De acuerdo con un tercer aspecto de la presente invención se proporciona un método como se describe en la reivindicación 12.

Breve descripción de los dibujos

65 La FIG. 1 es un diagrama de bloques de ejemplo de una combinación de regulador de voltaje – alternador.

La FIG. 2 es un diagrama de bloques de ejemplo de combinaciones de múltiples reguladores de voltaje – alternadores como se muestra en la FIG. 1 con los alternadores conectados eléctricamente en paralelo.

5 La FIG. 3 es un diagrama de bloques de ejemplo de un regulador de voltaje único que controla múltiples alternadores, con los alternadores conectados eléctricamente en paralelo.

La FIG. 4 es un gráfico de la corriente de salida respecto del tiempo para dos de los alternadores mostrados en la FIG. 2

10 La FIG. 5 es un diagrama de flujo de ejemplo del funcionamiento de las combinaciones de múltiples reguladores de voltaje – alternadores, mostrados en la FIG. 2

15 La FIG. 6 es un diagrama de flujo de ejemplo para la determinación de las señales para los reguladores maestro y seguidores en el bloque 74 de la FIG. 5.

Descripción Detallada de la Invención

20 Volviendo a los dibujos, en los que referencias numéricas iguales se refieren a elementos iguales, la FIG. 1 muestra un diagrama de bloques de ejemplo de una combinación de regulador de voltaje – alternador. El alternador 30 es un alternador convencional y puede comprender una bobina de campo 42, bobinados 44, y un rectificador 46. La bobina de campo 42 puede suplementarse o reemplazarse por un imán permanente. Los bobinados 44 pueden incluir tres bobinados de salida de potencia de modo que el alternador es una máquina de tres fases, aunque la invención no está limitada a este modo. El alternador 30 puede además incluir un rectificador 46 que rectifica las salidas de corriente alterna (AC) de los bobinados de salida de potencia en corriente continua (DC). El rectificador 46 puede comprender diodos y otros tipos de dispositivos de conmutación. Para un alternador que comprende un imán permanente, el rectificador comprende un rectificador controlado de silicio (SCR). Además, el control de la salida del alternador puede comprender el control del SCR, como se muestra por la flecha dentro del bloque 46. El alternador 30 produce una salida de potencia en la salida 40 cuando el bobinado de campo 42 modula los cambios en el acoplamiento electromagnético dentro de los bobinados de salida de potencia 44. Además, puede conectarse a la salida 40 un dispositivo de almacenamiento de energía, tal como una batería o un condensador.

35 El alternador 30 es simplemente un ejemplo de una fuente de potencia eléctrica. Otros tipos de generadores pueden usarse como fuente de potencia eléctrica. Además, puede usarse como fuente de potencia eléctrica una célula de combustible. La célula de combustible puede estar emparejada con un regulador, regulando el regulador la cantidad de potencia eléctrica generada por la célula de combustible. Específicamente, el regulador puede controlar bien una válvula o un dispositivo de calentamiento en la célula de combustible, regulando por lo tanto la cantidad de potencia eléctrica generada por la célula de combustible.

40 El regulador de voltaje 10 incluye un procesador 20 y un dispositivo de memoria 22. El procesador 20 y el dispositivo de memoria 22 pueden estar integrados entre sí. Por ejemplo, el procesador 20 y el dispositivo de memoria 22 pueden estar alojados en un dispositivo único, tal como un microcontrolador. Como alternativa, el procesador 20 y el dispositivo de memoria pueden ser componentes separados, tal como un microprocesador en combinación con una memoria de sólo lectura. Además, el regulador de voltaje 10 puede ser un componente separado dentro del vehículo o puede ser parte de un sistema controlador del vehículo, tal como una unidad de control de la máquina o un monitor del sistema eléctrico.

50 El regulador de voltaje también incluye la interfaz de acondicionamiento de señales 23 que recibe señales de retroalimentación analógicas o digitales desde el alternador. Una de estas señales puede ser el voltaje de retroalimentación detectado 34 del alternador. El voltaje de retroalimentación detectado 34 puede tomarse en el terminal de voltaje del alternador al cual se conecta el regulador, como se muestra en la FIG. 1. Como alternativa, el voltaje de retroalimentación detectado puede tomarse en el terminal de voltaje de otro alternador o en la conexión al dispositivo de almacenamiento de energía (tal como una batería, condensador, etc.). El voltaje de retroalimentación detectado 34, aunque se muestra como una línea única en las FIG. 1 y 2, puede incluir una línea única para la salida de potencia o puede incluir múltiples líneas incluyendo una salida de potencia y una línea de tierra. Otra entrada a la interfaz de acondicionamiento de señales 23 puede ser la salida 36 recibida desde el alternador. Esta salida 36 puede comprender parte o todas las características operativas del alternador. Por ejemplo, la salida 36 puede incluir las características de funcionamiento actuales, tales como la temperatura ambiente actual, la temperatura de funcionamiento actual, y la velocidad del alternador 30. Además, la salida 36 puede incluir características de funcionamiento diseñadas, tal como la contribución de salida, si la memoria 22 no tiene las características funcionales diseñadas almacenadas en la misma.

65 El regulador de voltaje 10 incluye además una interfaz de comunicaciones 24. La interfaz de comunicaciones 24 posibilita la recepción de la entrada de comunicaciones y el suministro de la salida de comunicaciones para el regulador de voltaje 10. Por ejemplo, la interfaz de comunicaciones 24 puede incluir una línea de entrada / salida 38 para la comunicación con otros reguladores. Como se trata en la FIG. 2, el regulador puede operar como un

regulador maestro o como un regulador seguidor. Como regulador maestro, la interfaz de comunicaciones saca a través de la línea 38, la señal para controlar los reguladores seguidores. Además, como en el regulador maestro, la interfaz de comunicaciones introduce a través de la línea 38 la confirmación por el regulador seguidor de la recepción de la señal. De forma similar, como en el regulador seguidor, la interfaz de comunicaciones introduce a través de la línea 38 la señal desde el regulador maestro y saca la confirmación a través de la línea 38. Como se muestra en la FIG. 1, la línea 38 es una línea única, bidireccional digital o analógica. Como alternativa, puede implementarse una estructura de bus bidireccional (paralelo) o una estructura de línea unidireccional o bidireccional (serie) analógica o digital. El regulador de voltaje 10 puede incluir además un controlador 26. Para alternadores que tienen un controlador de corriente incluido, el controlador 26 puede comprender un conmutador tal como un rectificador controlado de silicio (SCR) o un conmutador de corriente de campo, para activar o desactivar el controlador de corriente residente sobre el alternador para el envío de corriente en la bobina de campo 42. Como alternativa, el controlador 26 puede comprender un conmutador y un controlador de corriente para enviar corriente a través de la bobina de campo 42. De este modo, el alternador 30 puede ser sensible de forma individual a una señal de control asociada 32 que, interactuando con la etapa de salida de su regulador de voltaje asociado, controlará su bobina de campo 42 para producir potencia eléctrica.

La mayor parte de los componentes dentro del regulador de voltaje 10 comunican con el procesador y cada uno de los otros a través del bus 28 o por una conexión directa (punto a punto). Además, puede presentarse una diversidad de señales en el sistema tales como señales moduladas en voltaje, corriente, frecuencia, amplitud o ancho de pulso. Ejemplos de estas señales mostradas en la FIG. 1 incluyen la señal de control 32, el voltaje de retroalimentación 34, la salida 36, y la línea 38. Como se muestra en la FIG. 1, estas señales se representan como conexiones cableadas. Como alternativa, pueden reemplazarse una, o algunas, o todas de estas señales con conexiones inalámbricas. Además, las señales, incluyendo la señal de control 32, el voltaje de retroalimentación 34, la salida 36, y la línea 38 pueden ser analógicas o digitales.

Refiriéndonos a la FIG. 2, se muestra un diagrama de bloques de ejemplo de combinaciones de múltiples reguladores de voltaje – alternadores como se muestra en la FIG. 1 con los alternadores conectados eléctricamente en paralelo. Puede incluirse cualquier número de combinaciones de reguladores de voltaje – alternadores en el sistema. Por ejemplo, pueden incluirse en el sistema tan pocos como dos combinaciones o tantos como "N" combinaciones, como se muestra en la FIG. 2. Aunque los reguladores de voltaje 10 se muestran en la FIG. 2 como componentes separados, pueden localizarse múltiples reguladores de voltaje dentro de un único alojamiento, o sobre un único circuito o procesador. Además, los alternadores en el sistema pueden estar conectados a la misma fuente de potencia motriz (tal como un eje) o pueden estar conectados a diferentes fuentes de potencia motriz (tales como ejes separados).

Como se trata con más detalle en la FIG. 5, cada uno de los reguladores de voltaje 10 pueden actuar como un regulador maestro o como un regulador seguidor. Específicamente, uno de los reguladores de voltaje 10 en el sistema puede estar diseñado como regulador maestro y el resto de reguladores pueden estar diseñados como reguladores seguidores. La comunicación para determinar qué regulador actúa como el maestro y qué reguladores actúan como seguidores puede conducirse a través de la línea 38. Por ejemplo, el proceso de arbitraje para determinar el regulador maestro, puede realizarse a través de la línea 38.

Una vez que se determinan el regulador maestro y los reguladores seguidores, comunican entre sí a través de la línea 38. El regulador maestro puede enviar señales a los reguladores seguidores para controlar los alternadores asociados con los reguladores seguidores. Como se trata con más detalle más adelante, la retroalimentación detectada enviada al regulador maestro y las características de funcionamiento de uno, de algunos o de todos los alternadores pueden usarse para generar señales para controlar los alternadores. Las señales para controlar los alternadores pueden basarse en una diversidad de factores, tales como: (1) reparto de la carga en proporción a las contribuciones de salida de los alternadores; (2) determinación de la carga en base a la temperatura de uno, algunos o de todos los alternadores; (3) determinación de la carga en base a la eficacia de uno, algunos o de todos los alternadores; o (4) determinación de la carga en base a la vida operativa acumulada de uno, algunos o de todos los alternadores. Estas determinaciones diversas se tratan posteriormente con respecto a las FIG. 5 y 6.

Si cada uno de los reguladores seguidores recibe el mismo mensaje, puede enviarse un mensaje de difusión desde el regulador maestro sobre la línea 38 indicando la contribución de cada uno de los alternadores. Por ejemplo, el regulador maestro puede formar el mensaje de difusión como una instrucción que representa un porcentaje de contribución de la salida máxima del alternador. La instrucción puede ser una instrucción digital o analógica. Además, la instrucción puede incluir un número desde 0 hasta 100, significando 0 el cero por ciento de contribución de la salida máxima del alternador y significando 100 el 100% de la salida máxima del alternador. O, la instrucción puede ser un número que puede significar un porcentaje, tal como en un sistema con una variación entre 0 y 5 V, indicando una instrucción de 2,5 V un 50% de contribución.

Como alternativa, los reguladores seguidores pueden recibir diferentes mensajes desde el regulador maestro. En un aspecto, el regulador maestro puede enviar una serie de mensajes, incluyendo con cada uno de los mensajes un campo de dirección. Los reguladores seguidores pueden revisar el campo de dirección para determinar si el mensaje específico está dirigido a un regulador seguidor particular. En un segundo aspecto, el regulador maestro puede

enviar un mensaje de difusión que incluye una tabla de búsqueda. La tabla de búsqueda contiene un listado de reguladores de voltaje seguidores y la contribución correspondiente de su alternador respectivo. Después de recibir un mensaje desde el regulador de voltaje maestro, el regulador seguidor puede enviar un recibo de confirmación del mensaje. Además, el mensaje enviado por el regulador maestro puede incluir códigos de fallo que comunican el estado de fallo del regulador maestro. Los códigos de fallo pueden incluir si un eje del alternador no está girando o si un alternador tiene un fallo.

La FIG. 2 muestra además una herramienta de diagnóstico 48. La herramienta de diagnóstico 48 puede comunicar con los reguladores en el sistema conectando a la línea 38 a través del puerto 49. La herramienta de diagnóstico 48 puede usarse durante la prueba del sistema alternador – regulador o durante el funcionamiento del sistema alternador – regulador. Además, la herramienta de diagnóstico puede ser un dispositivo pasivo durante la comprobación o funcionamiento del sistema alternador – regulador, tal como simplemente conectando a la línea 38 y escuchando el tráfico de comunicación sobre la línea 38. Como alternativa, la herramienta de diagnóstico 48 puede ser un dispositivo activo durante la prueba del sistema de regulador – alternador. Por ejemplo, la herramienta de diagnóstico 48 puede enviar comandos sobre la línea 38 a los reguladores 10 en el sistema para simular el funcionamiento en campo.

La FIG. 2 muestra un funcionamiento en paralelo de múltiples alternadores conectados con al menos una fuente de potencia motriz. Pueden existir otros funcionamientos en paralelo de dos o más fuentes de potencia eléctrica, en los que cada una de las fuentes de potencia se regula de forma independiente, en una diversidad de situaciones. Por ejemplo, puede operarse la salida eléctrica de dos o más células de combustible en paralelo para suministrar potencia a un sistema eléctrico común, y cada uno de los reguladores puede controlar el voltaje de salida de la célula de combustible. Pueden producirse diferencias discretas en el control del voltaje cuando dos o más dispositivos que generan potencia eléctrica se controlan independientemente. De este modo, las operaciones en paralelo de dos o más fuentes de potencia eléctrica pueden controlarse por las enseñanzas de la presente solicitud.

Refiriéndonos a la FIG. 3, se muestra un diagrama de bloques de ejemplo de un regulador de voltaje único que controla múltiples alternadores, con los alternadores conectados eléctricamente en paralelo. En lugar de una configuración de regulador de voltaje maestro – regulador seguidor, como se muestra en la FIG. 2, puede usarse un regulador único que controla cada uno de los alternadores en un sistema de alternadores múltiples. El regulador de voltaje 50 envía una señal a cada uno de los controladores 26, como se muestra en la FIG. 3. El regulador de voltaje 50 incluye una funcionalidad similar a la del regulador de voltaje 10, como se muestra en las FIG. 1 y 2. Específicamente, el regulador de voltaje 50 incluye un procesador 20, una memoria 22, una interfaz de acondicionamiento de señal 23, una interfaz de comunicaciones 24 y un bus 28. El regulador de voltaje 50 incluye además un multiplexor 52 que comunica con múltiples controladores 26. Como se muestra en la FIG. 3, el regulador de voltaje 50 se perfila como una línea de puntos para incluir los controladores 26. El regulador de voltaje 50, incluyendo los controladores 26 puede estar localizado dentro de un dispositivo único, tal como un único circuito integrado único. Como alternativa, los controladores 26 pueden estar físicamente localizados de forma separada del resto del regulador de voltaje 50. Por ejemplo, los controladores 26 en la FIG. 3 pueden estar localizados próximos a los alternadores 30.

Como se ha tratado anteriormente con respecto a la FIG. 1, el controlador 26 puede comprender un conmutador si la generación de corriente es residente en el alternador 30. Como alternativa, el controlador 26 puede comprender un conmutador en combinación con un generador de corriente. El multiplexor 52 puede estar conectado a cada uno de los controladores 26 a través de conexiones eléctricas separadas, como se muestra en la FIG. 3. De este modo, el regulador de voltaje 50 puede controlar cada uno de los controladores 26 individualmente. Como alternativa, el multiplexor 52 puede reemplazarse con una línea de control única entre el bus 28 y los controladores 26. La línea de control única puede usarse por cada uno de los controladores 26 al unísono. Además, el regulador de voltaje 50 puede recibir el voltaje de retroalimentación 34 y las salidas 36 (tales como la temperatura ambiente, la temperatura de funcionamiento, la velocidad, etc.) para cada uno de los alternadores 30 a través de la interfaz de acondicionamiento de señales 23.

Refiriéndonos a la FIG. 4, se muestra un gráfico de la corriente de salida respecto al tiempo para dos de los alternadores mostrados en la FIG. 2. Como se muestra en la figura, la SALIDA1 para el alternador 1 y la SALIDA2 para el alternador 2 suman la SALIDA TOTAL. Debido al control común de los alternadores, las salidas de los alternadores respectivos son constantes y predeterminadas, como se muestra por la salida constante de la SALIDA1 y la SALIDA2. Entre el instante t1 y el t2, el regulador de control maestro ha conmutado la proporción para las salidas para cada uno de los alternadores. Aunque, como se muestra en la FIG. 4, la SALIDA TOTAL se ha mantenido constante.

Refiriéndonos a la FIG. 5, se muestra un diagrama de flujo de ejemplo del funcionamiento de las combinaciones de múltiples reguladores de voltajes – alternadores mostrados en la FIG. 2. Como se muestra en el bloque 60, se pone en marcha un regulador. En un aspecto de la invención, cada uno de los reguladores puede ser un regulador maestro o un regulador seguidor. En este aspecto, los reguladores pueden comunicar entre sí para determinar qué regulador es el regulador maestro. Como se ha tratado anteriormente, la determinación de si un regulador específico es un regulador maestro o seguidor puede determinarse antes de la puesta en marcha, tal como por un conmutador

cableado o un comando software que configura el regulador para que sea maestro o seguidor.

Como alternativa, la determinación de si un regulador específico es maestro o seguidor puede determinarse dinámicamente después de la puesta en marcha. En una configuración, los reguladores comunican entre sí para informar o decidir qué regulador es el regulador maestro.

Un método de determinación dinámica es a través de un proceso de arbitraje. Los reguladores pueden decidir, a través de la señalización entre los mismos, qué regulador es el maestro y que reguladores son los seguidores. En el caso en el que un proceso de arbitraje determine si un regulador es un maestro o un seguidor, el regulador después de la puesta en marcha envía una señal a través de la línea 38 a los otros reguladores para determinar si hay cualquier otro regulador funcionando, como se muestra en el bloque 62. Si no hay otros reguladores funcionando, el regulador actúa su alternador asociado en un modo independiente, como se muestra en el bloque 64. El regulador puede hacer una comprobación periódicamente para determinar si se ha puesto en funcionamiento otro regulador volviendo al bloque 62.

Si hay otro regulador en funcionamiento en el sistema, los reguladores pueden arbitrar cuál será el regulador maestro como se muestra en el bloque 66. Este arbitraje puede determinarse en una diversidad de modos. Un modo es incluir un número aleatorio o un generador de números aleatorios en cada uno de los reguladores como se desvela en las reivindicaciones adjuntas. Una vez que un regulador detecta otro regulador en el sistema, puede accederse al número aleatorio. Como alternativa, el generador de números aleatorios puede generar un número aleatorio dinámicamente. El regulador puede a continuación esperar durante un periodo de tiempo en base al número aleatorio, después del cual puede difundir que es el regulador maestro si el regulador no ha recibido una difusión similar antes de ese momento. Por ejemplo, puede generarse un número aleatorio entre 0 y 10.000. El número aleatorio se multiplica por el tiempo de transmisión de la señal entre reguladores. Por ejemplo, si el tiempo de transmisión es de 0,001 segundos y el número aleatorio es 152, el tiempo de espera será de 0,152 segundos. De este modo, si otro regulador tiene un número aleatorio de 153, la diferencia entre los tiempos de espera es de al menos 0,001 segundos, evitándose de este modo una posible colisión de señales. Después del tiempo de espera, el regulador puede transmitir un mensaje de difusión a los otros reguladores en el sistema declarando que es el regulador maestro. Este método de "sorteo rápido" permite al primer regulador enviar el mensaje de difusión para declararse a sí mismo como el regulador maestro.

Otro método de arbitraje que no está de acuerdo con la invención es seleccionar el regulador maestro en base a la localización, tal como el regulador más próximo al punto deseado de regulación de voltaje. En este esquema, los reguladores (aún no arbitrados como maestro o seguidor) envían inicialmente el valor de voltaje medido en el alternador o en otro punto al cual están conectados. El valor más alto medido para cada uno de los alternadores o reguladores individuales sugiere la proximidad más cercana al pack de batería o dispositivo de almacenamiento y este regulador por lo tanto "gana" el proceso de arbitraje y se designa como el regulador maestro. Este esquema tiene el beneficio de que el regulador maestro se arbitra como el regulador más próximo al pack de batería y por lo tanto el voltaje que mide puede ser el más apropiado para el control del voltaje de todo el sistema global deseado. Como alternativa, puede seleccionarse el regulador que mide el voltaje más bajo de modo que el regulador maestro asegure que incluso el voltaje medido más bajo en el sistema está por encima de un nivel predeterminado.

En otro método más de arbitraje que no está de acuerdo con la invención, puede usarse un proceso matemático o estadístico para arbitrar y seleccionar un regulador maestro en base a los voltajes medidos de modo que puede seleccionarse como maestro el regulador con el voltaje más próximo a la media, la mediana o la moda de todos los voltajes medidos. Esto tiene el beneficio de que el sistema puede configurarse automáticamente para regular la media, mediana o moda de los voltajes de todo el sistema. Cualquiera de estos esquemas de arbitraje basados en los voltajes puede además aumentarse además por la adición de un esquema de número aleatorio para arbitrar entre reguladores que miden el mismo voltaje en su esquema de arbitraje de sólo voltaje.

Una vez que ha tenido lugar el arbitraje el regulador maestro puede permanecer como maestro durante la duración del presente periodo de funcionamiento, es decir, hasta que la potencia eléctrica o mecánica para el sistema se elimina o se mantiene inutilizable.

Como alternativa, el regulador maestro puede permanecer como maestro durante un periodo de tiempo predeterminado o hasta que se cumplan un conjunto predeterminado de condiciones en cuyo momento se repite el proceso de arbitraje y puede seleccionarse un nuevo regulador maestro o el regulador maestro puede comandar al regulador seguidor que se convertirá en regulador maestro. Cuando se usa el voltaje como determinante del arbitraje, el regulador maestro, y por lo tanto el punto principal de referencia de voltaje para el sistema eléctrico, puede moverse sobre el promedio para cada uno de los puntos disponibles del regulador de voltaje en el sistema. Esto tiene el beneficio de que si el regulador maestro se arbitra como el regulador más lejano del punto deseado de la regulación de voltaje del sistema global, esta situación no domina durante un periodo entero de operación. Las condiciones exactas bajo las cuales un regulador maestro puede forzar un nuevo arbitraje y convertirse en seguidor pueden adaptarse a los requisitos de cada una de las aplicaciones individuales.

Después de esto, el funcionamiento del regulador depende de si el regulador es maestro o seguidor, como se

muestra en el bloque 68. El regulador maestro puede típicamente actuar usando una fuente de corriente de voltaje controlado para forzar que aparezca un voltaje fijo en la salida de su alternador asociado. La circuitería de control en el procesador 20 del regulador maestro monitoriza o detecta el voltaje de salida, como se muestra en el bloque 70. Como se ha tratado anteriormente, la retroalimentación detectada puede tomarse en cualquier punto dentro del sistema, tal como la salida del alternador asociado con el regulador maestro, o una salida de otro alternador o la salida del dispositivo de almacenamiento.

En base al voltaje detectado, la circuitería de control en el regulador maestro puede determinar una señal de control para la fuente de corriente (como se requiera por la carga) para mantener el voltaje de salida del alternador al valor deseado, como se muestra en el bloque 72. El voltaje de salida para el alternador puede controlarse usando un bucle de retroalimentación, que puede requerir compensación para asegurar la estabilidad del bucle. Además, el regulador maestro puede requerir una cantidad de tiempo finita para corregir el voltaje de salida después de un cambio en la demanda de corriente de carga. Por ejemplo, la demanda de corriente para los alternadores puede cambiar, tal como por el encendido del aire acondicionado, que requiere que el regulador ajuste la salida de corriente de los alternadores. Este tránsito de tiempo define las características llamadas de respuesta transitoria, que es una medida de cuán rápidamente el regulador vuelve a las condiciones de estado permanente después de un cambio en la carga.

Un ejemplo es una señal de control que significa un porcentaje del tiempo de actividad para su alternador asociado. Específicamente, la circuitería de control para el regulador puede producir una señal de control entre 0 y 5000. Los valores en este intervalo representan el tiempo de actividad normalizado para un regulador. Un valor de 3000 para la señal de control indica que la circuitería de control en el regulador maestro determina que su alternador asociado produce una actividad del alternador el 60% del tiempo.

La señal de regulación para el alternador asociado con el regulador maestro se genera, como se muestra en el bloque 76. Como se trata con más detalle en la FIG. 6, la señal de regulación puede ser la señal de control generada por el regulador maestro. Como alternativa, la señal de control puede modificarse en base a las características de funcionamiento de uno, algunos o de todos los alternadores.

Las señales de los reguladores seguidores también se generan como se muestra en el bloque 78. Como se trata con más detalle en la FIG. 6, las señales para los reguladores seguidores pueden ser la señal de control o puede basarse en la señal de control. Por ejemplo, la señal de control puede estar normalizada y la señal de control normalizada puede enviarse a los reguladores seguidores. En otro ejemplo, la señal de control puede modificarse en base a las características de funcionamiento de uno, algunos o de todos los alternadores, y la señal de control modificada puede enviarse a los reguladores seguidores. Si el regulador maestro modifica la señal de control en base a las características de funcionamiento del alternador asociado con el regulador maestro, el regulador maestro puede recibir las características de funcionamiento a través de la línea 36. Además, si el regulador maestro modifica la señal de control en base a las características de funcionamiento del alternador asociado con un regulador seguidor, el regulador maestro puede recibir estas características de funcionamiento a través del regulador seguidor a través de la interfaz de comunicaciones 24. Después de lo cual, las señales se envían a los reguladores seguidores, como se muestra en el bloque 76.

El regulador maestro puede recibir una confirmación desde los reguladores seguidores. La confirmación puede indicar si los reguladores seguidores han implementado la señal desde el regulador maestro o si los reguladores seguidores están funcionando en el modo independiente.

Como regulador seguidor, el regulador seguidor recibe la señal desde el regulador maestro sobre la interfaz de comunicaciones, como se muestra en el bloque 82. Si el regulador seguidor no recibe la señal desde el regulador maestro, el regulador seguidor puede funcionar en un modo independiente, como se trata más adelante. Por ejemplo, si el regulador seguidor no recibe la señal dentro de un periodo predeterminado, el regulador seguidor puede asumir que el regulador maestro ha funcionado mal o que las comunicaciones entre el regulador maestro y el seguidor se han cortado. Si ocurre esto, el regulador seguidor funciona independientemente de los otros reguladores en el sistema.

Después de recibir la señal desde el regulador maestro, el regulador seguidor puede confirmar a continuación la recepción de la señal, como se muestra en el bloque 84. Además el regulador seguidor puede determinar las características de funcionamiento del alternador asociado con el regulador seguidor, como se muestra en el bloque 86.

El regulador seguidor puede determinar si la señal de comando para el regulador de voltaje seguidor es apropiada para su alternador respectivo, como se muestra en el bloque 88. En una realización, el regulador seguidor simplemente no acepta el comando del regulador de voltaje maestro. En cambio, el regulador seguidor revisa el comando para determinar si es aceptable operar su alternador asociado de tal modo. En este modo, el regulador seguidor puede verificar independientemente que el comando desde el regulador maestro está dentro de parámetros aceptables. Un modo para el regulador seguidor es detectar la salida para su alternador asociado a través de la línea 34. De forma similar al regulador maestro, el regulador seguidor puede usar circuitería de control para generar

una señal de control. El comando del regulador maestro puede compararse con la señal de control generada por la circuitería de control del seguidor. Si el comando está fuera de unas directrices predeterminadas, el comando puede rechazarse. De este modo, en base a la retroalimentación detectada el regulador seguidor puede verificar de forma independiente que el comando procedente del regulador maestro es aceptable. Por ejemplo, si los alternadores están conectados en combinación con una batería de 24V, y el voltaje de salida detectado desde el alternador seguidor, es menor de 24V, y el comando desde el regulador maestro es de reducir la salida de corriente de los alternadores, el regulador seguidor puede rechazar este comando. Específicamente, el regulador seguidor puede determinar que, en base a la retroalimentación detectada, se requiere un aumento de la salida de corriente del alternador. Otro modo de verificación es examinando las directrices de funcionamiento nominal del alternador asociado. Típicamente, un alternador tiene directrices de funcionamiento nominal en base a sus características de funcionamiento. Por ejemplo, el alternador puede incluir una salida máxima permisible en base a la temperatura (temperatura ambiente y/o del alternador), velocidad, etc. Estas directrices de funcionamiento para el alternador pueden ser en la forma de una tabla de búsqueda y estar almacenadas en la memoria 22 del regulador de voltaje seguidor. En base a las características funcionales del alternador, el regulador seguidor puede determinar si la señal enviada desde el regulador maestro está dentro de las directrices de funcionamiento nominal. Por ejemplo, si el regulador maestro comanda que el regulador seguidor envíe una señal de control a su alternador asociado para operar al 100% de la salida, y en base a la velocidad y la temperatura actuales del alternador, las directrices de funcionamiento nominal proporciona que la salida máxima permisible es del 75%, el regulador seguidor puede rechazar el comando del regulador maestro y funcionar en el modo independiente.

Si la señal enviada desde el regulador maestro no es aceptable, el regulador seguidor puede funcionar entonces a continuación de modo independiente, como se muestra en el bloque 90. En este modo de funcionamiento independiente, el regulador de voltaje, anteriormente un regulador de voltaje seguidor, opera su alternador asociado detectando la retroalimentación a través de la línea 34. El regulador de voltaje puede recibir además características funcionales de su alternador asociado a través de la línea 36. En base a esta entrada, la circuitería de control en el regulador de voltaje puede controlar el funcionamiento del alternador a través de su controlador 26. El regulador de voltaje puede notificar al regulador maestro de su funcionamiento independiente, como se muestra en el bloque 86. Como se muestra en la FIG. 5, una vez que el regulador seguidor opera en un modo independiente, puede continuar operando en el modo independiente. Como alternativa, el regulador seguidor puede continuar recibiendo comandos desde el regulador maestro y aceptar o rechazar los comandos en base a una verificación independiente.

En una realización alternativa, una vez se determina que la señal procedente del regulador maestro no es apropiada, el regulador seguidor puede enviar una señal de comando al regulador maestro indicando que el regulador seguidor se convertirá en regulador maestro. Como alternativa, o además, el regulador seguidor puede comandar al regulador maestro para controlar su alternador asociado. De este modo, el regulador seguidor puede compensar un potencial fallo del circuito de control del regulador maestro.

Si la señal procedente del regulador de voltaje maestro es aceptable, el regulador de voltaje seguidor controla su alternador respectivo en base a la señal y en base a al menos una característica de funcionamiento de su alternador asociado, como se muestra en el bloque 92.

Refiriéndonos a la FIG. 6, se muestra un diagrama de flujo de ejemplo para determinar las señales para los reguladores maestro y seguidor en el bloque 74 de la FIG. 5. Como precaución, pueden comprobarse las temperaturas de uno, algunos o de todos los alternadores para determinar si las temperaturas de funcionamiento de los alternadores están por encima de un límite máximo, como se muestra en el bloque 100. El regulador maestro puede comprobar las temperaturas para su alternador asociado y los alternadores seguidores, si el regulador maestro recibe los datos de temperatura. Como alternativa, cada uno de los reguladores (maestro y seguidores) puede comprobar la temperatura de su alternador asociado. Además, la comprobación de temperaturas puede realizarse en cualquier punto cuando se controlan los alternadores.

Como alternativa, pueden analizarse las tendencias de las temperaturas de uno, algunos o de todos los alternadores. El análisis de tendencias puede basarse en las temperaturas más recientes de los alternadores, que pueden estar almacenadas en la memoria del regulador de voltaje maestro. El análisis de tendencias puede extrapolarse para determinar si el alternador operará fuera de su intervalo nominal o puede determinarse si la tasa de aumento de temperatura está fuera de límites aceptables. Si una de las temperaturas de los alternadores está por encima de su límite máximo nominal, el alternador se desconecta, como se muestra en el bloque 102. Como alternativa, en lugar de desconectar el alternador, el alternador puede funcionar a un porcentaje predeterminado de su capacidad, tal como el 50% de su salida nominal.

Como se muestra en el bloque 104, el regulador de voltaje maestro determina los requisitos de corriente en base a la circuitería de control en el regulador de voltaje maestro. Como se ha tratado anteriormente, la circuitería de control genera una señal de control. Dependiendo del modo de funcionamiento, el regulador de voltaje maestro puede generar una señal de regulación para su alternador asociado: (1) en base a la señal de control (2) en base a la señal de control y las características de funcionamiento de su alternador asociado, o (3) en base a la señal de control y a las características de funcionamiento de los alternadores en el sistema (incluyendo su alternador asociado). Del mismo modo, dependiendo del modo de funcionamiento, el regulador de voltaje maestro puede generar señales

para enviar a los reguladores seguidores: (1) en base a la señal de control (2) en base a la señal de control y las características de funcionamiento de su alternador asociado, o (3) en base a la señal de control y a las características de funcionamiento de los alternadores en el sistema (incluyendo su alternador asociado). El regulador seguidor puede generar señales de regulación para su alternador asociado: (1) en base a la señal procedente del regulador maestro, o (2) en base a la señal procedente del regulador maestro, y las características de funcionamiento de su alternador asociado.

El regulador maestro puede determinar el modo de funcionamiento, como se muestra en el boque 106. Puede haber varios modos de funcionamiento, como se muestran en la FIG. 6, incluyendo el funcionamiento basado en la salida máxima nominal de los alternadores, el funcionamiento basado en la eficacia de los alternadores, o el funcionamiento basado en la vida operativa de los alternadores. Son posibles otros modos de operación.

La operación basada en la salida máxima de los alternadores posibilita la división de la carga entre los alternadores en base a la salida máxima. Como se ha tratado en la sección de antecedentes, las condiciones de funcionamiento para los alternadores varían en base a muchos factores incluyendo la temperatura, velocidad, etc. De este modo, un alternador puede funcionar de forma diferente que otro alternador en el mismo sistema. Dos alternadores pueden recibir la señal de regulación, pero producir porcentajes diferentes de su salida nominal respectiva. Por ejemplo, la señal de regulación puede ser 3000 (en el intervalo de 0 a 5000). Incluso aunque las características funcionales diseñadas de los alternadores pueden ser las mismas, debido a que las características de funcionamiento actuales de los alternadores pueden ser diferentes, un primer alternador puede operar al 55% de su máximo nominal con una señal de regulación de 3000 mientras que un segundo alternador puede operar al 50% de su máximo nominal con la misma señal de regulación. En cambio, cuando el funcionamiento se basa en el modo de salida máxima, la señal de regulación para cada uno de los alternadores se genera de modo que el porcentaje de la salida máxima de los alternadores es la misma (por ejemplo, el 55% de para cada generador). De este modo, el funcionamiento de los alternadores en el sistema puede contribuir del mismo modo en base al porcentaje de salida máxima.

Hay una diversidad de métodos para generar las señales de regulación para cada uno de los alternadores de modo que el porcentaje de la salida máxima de los alternadores es el mismo o aproximadamente el mismo. Un método es recibir la señal de control desde la circuitería de control del regulador maestro y determinar, en base a la señal de control, qué porcentaje de la salida máxima es, si la señal de control se envía como una señal de regulación al alternador maestro, como se muestra en el bloque 108. Las señales de regulación pueden generarse para cada uno de los alternadores seguidores de modo que la salida para los alternadores seguidores es el mismo porcentaje de su salida máxima que el alternador maestro, como se muestra en el bloque 110. El porcentaje de la salida máxima para el regulador maestro puede determinarse a través de una tabla de búsqueda para el alternador maestro. La tabla de búsqueda, que puede estar almacenada en la memoria 22, puede contener porcentajes de las salidas máximas para ciertas señales de regulación, velocidades y temperaturas. Introduciendo la señal de control, la velocidad y la temperatura del alternador, el porcentaje de la salida máxima puede determinarse para el alternador maestro. Como alternativa, la tabla puede contener porcentajes de las salidas máximas para ciertas señales de regulación y velocidades. La temperatura del alternador maestro puede tenerse en consideración en una tabla separada. El porcentaje determinado de la salida máxima puede enviarse como señal desde el regulador maestro a los reguladores seguidores. El regulador seguidor puede acceder a continuación a su propia tabla de búsqueda para su alternador para generar la señal de regulación adecuada en la cual operar al porcentaje determinado de la salida máxima, para la velocidad y la temperatura del alternador seguidor. Por ejemplo, si la circuitería de control para el regulador maestro genera una señal de control de 3000, la cual traslada, en base a la tabla de búsqueda, velocidad y temperatura del alternador maestro, al 55% de la contribución máxima. El 55%, o una señal basada en el 55% puede enviarse al regulador seguidor. El regulador seguidor puede generar una señal de regulación, tal como 3200, accediendo a su tabla de búsqueda, velocidad y temperatura de su alternador asociado, para producir un 55% de la salida de la contribución máxima para el alternador seguidor.

El funcionamiento basado en la eficacia de los alternadores posibilita la división de la carga entre los alternadores más eficientes. Las características de funcionamiento de un alternador, tales como la velocidad y la temperatura, determinan la eficacia de un alternador. Por ejemplo, en un funcionamiento de alta velocidad, la eficacia del funcionamiento del alternador es reducida. El regulador maestro puede recibir la información de temperatura y velocidad para su alternador asociado y otros alternadores en el sistema, como se muestra en el bloque 112. El regulador maestro, que puede acceder a tablas de búsqueda para cada uno de los alternadores, puede determinar a continuación la eficacia de su alternador asociado y otros alternadores en el sistema, como se muestra en el bloque 114. Como alternativa, ambos reguladores maestro y seguidor pueden calcular la eficacia de su alternador asociado. Los reguladores seguidores pueden detectar las características de funcionamiento para calcular la eficacia, tales como la velocidad y la temperatura, y acceder a sus propias tablas de búsqueda para calcular la eficacia. Este cálculo para los reguladores seguidores puede enviarse al regulador maestro a través de la línea 38.

En base a las eficacias de los alternadores, maestro y seguidor, el regulador maestro puede generar una señal de regulación para su alternador asociado, y puede enviar una señal al regulador seguidor. El regulador seguidor puede generar una señal de regulación para su alternador asociado en base a la señal procedente del regulador maestro. El regulador maestro puede determinar qué alternador es el más eficiente y generar una señal que controlaría el alternador para producir la mayoría, la mayor parte o toda la energía necesaria.

- 5 El funcionamiento basado en la vida operativa de los alternadores posibilita la división de la carga entre los alternadores más nuevos, o los que se han revisado más recientemente. El cálculo de la vida operativa de los alternadores (bien la vida total del alternador o la vida del alternador desde la última revisión) puede realizarse por el regulador maestro. Por ejemplo, el regulador maestro puede mantener un registro del funcionamiento total de su alternador asociado y los otros alternadores en el sistema. Como alternativa, el cálculo de la vida de funcionamiento de un alternador puede calcularse por el regulador asociado. Los reguladores seguidores pueden enviar este cálculo al regulador maestro a través de la línea 38.
- 10 Después de que se determina la vida operativa de los alternadores, como se muestra en el bloque 118, las señales para los reguladores maestro y seguidor se determinan en base a la vida operativa, como se muestra en el bloque 120. Por ejemplo, el regulador maestro puede generar señales por las cuales los alternadores con una mayor vida operativa restante pueden soportar una mayor proporción de carga o toda la carga.
- 15 Aunque esta invención se ha mostrado y se ha descrito en conexión con las realizaciones preferidas, es evidente que pueden realizarse ciertos cambios y modificaciones en adición a los mencionados anteriormente a partir de las características básicas de esta invención. Además hay muchos tipos diferentes de software y hardware de ordenador que pueden utilizarse para poner en práctica la invención, y la invención no está limitada a los ejemplos descritos anteriormente. La invención se ha descrito con referencia a actos y representaciones simbólicas de
- 20 operaciones que se realizan por uno o más dispositivo electrónicos. Como tal, se entenderá que tales actos y operaciones, incluyen la manipulación por la unidad de procesamiento del dispositivo electrónico de las señales eléctricas que representan los datos en una forma estructurada. Esta manipulación transforma los datos o los mantiene en localizaciones en el sistema de memoria del dispositivo electrónico, lo cual reconfigura o de otra forma altera el funcionamiento del dispositivo electrónico de un modo bien conocido por los especialistas en la técnica. Las
- 25 estructuras de datos donde se mantienen los datos, son localizaciones físicas de la memoria que tienen propiedades particulares definidas por el formato de los datos. Aunque la invención se ha descrito en el contexto anterior, no significa que sea limitante, como los especialistas en la técnica apreciarán, que los actos y operaciones descritos pueden implementarse en hardware. Por consiguiente, la intención es proteger la presente invención dentro del alcance válido de las reivindicaciones adjuntas. Se pretende que la invención se defina por las siguientes
- 30 reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un regulador de voltaje (10) que tiene una funcionalidad como regulador maestro y como regulador seguidor que comprende:
- un procesador (20);
- 10 una interfaz de comunicaciones (24) en comunicación con el procesador (20);
- una memoria (22) en comunicación con el procesador (20); y
- 15 un código de programación almacenado en la memoria (22) para la determinación de si el regulador de voltaje (10) funciona como un regulador maestro o como un regulador seguidor,
- caracterizado porque** dicho regulador de voltaje comprende además un generador de números aleatorios, el código de programación comprende instrucciones para arbitrar entre el regulador (10) y un segundo regulador para determinar qué regulador es el regulador maestro en base a un número aleatorio generado por dicho generador de números aleatorios.
- 20 2. El regulador de voltaje (10) de la reivindicación 1, en el que el código de programación comprende instrucciones para enviar una comunicación a través de la interfaz de comunicaciones (24) a un segundo regulador respecto a la determinación de qué regulador es el regulador maestro.
- 25 3. El regulador de voltaje (10) de la reivindicación 1, que comprende además un conmutador; y
- en el que el código de programación comprende instrucciones para acceder al conmutador para determinar si el regulador de voltaje (10) funciona como un regulador maestro o como un regulador seguidor.
- 30 4. El regulador de voltaje (10) de la reivindicación 1, en el que el código de programación comprende un valor constante para la determinación de si el regulador de voltaje (10) funciona como un regulador maestro o como un regulador seguidor.
- 35 5. El regulador de voltaje de la reivindicación 1, que comprende además un código de programación que comprende instrucciones para el funcionamiento como un regulador maestro; y
- un código de programación comprende instrucciones para el funcionamiento como regulador seguidor.
- 40 6. El regulador de voltaje (10) de la reivindicación 5, en el que el código de programación que comprende instrucciones para el funcionamiento como un regulador maestro comprende:
- el código de programación que comprende instrucciones para la detección de una salida (40) de al menos un alternador (30);
- 45 el código de programación que comprende instrucciones para la generación de una señal de control (32) en base a la salida detectada (40);
- el código de programación que comprende instrucciones para la generación de una señal de regulación para el alternador (30) asociado con el regulador maestro en base a la señal de control (32);
- 50 el código de programación que comprende instrucciones para la generación de un mensaje a enviar a un regulador seguidor en base a la señal de control (32); y
- el código de programación que comprende instrucciones para el envío del mensaje a través de la interfaz de comunicaciones (24).
- 55 7. El regulador de voltaje (10) de la reivindicación 6, en el que el código de programación que comprende instrucciones para el funcionamiento como un regulador seguidor comprende:
- 60 el código de programación que comprende instrucciones para la recepción del mensaje a través de la interfaz de comunicaciones (24); y
- el código de programación que comprende instrucciones para la generación de una señal de regulación para el alternador (30) asociado con el regulador (10) en base al mensaje recibido.
- 65 8. Un sistema en el que al menos fuentes de potencia eléctrica están conectadas en paralelo, teniendo asociada

cada una de las fuentes de potencia eléctrica, el regulador (10) de acuerdo con la reivindicación 1, para producir cada uno de los reguladores (10) una señal de regulación para su fuente asociada de potencia eléctrica, y

que comprende además:

- 5 un código en la memoria (22) del regulador (10) para el funcionamiento como regulador maestro; y
- un código en la memoria (22) del regulador (10) para el funcionamiento como regulador seguidor
- 10 9. El sistema de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el código para el funcionamiento como regulador maestro comprende código para la generación de al menos una señal para enviar al regulador seguidor y enviar la señal al regulador seguidor.
- 15 10. El sistema de acuerdo con la reivindicación 9, en el que las fuentes de potencia eléctrica comprenden alternadores (30) que producen potencia desde al menos una fuente de potencia motriz; y
- en el que el código para el funcionamiento como un regulador seguidor comprende un código para recibir la señal desde el regulador maestro y generar una señal de regulación en base a la señal procedente del regulador maestro para controlar el alternador (30) asociado con el regulador seguidor.
- 20 11. El sistema de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el código de programación para la determinación comprende un código para el arbitraje entre reguladores para determinar qué regulador (10) es el regulador maestro.
- 25 12. Un método para determinar si un regulador de voltaje que comprende un procesador (20), una interfaz de comunicaciones 24) y una memoria (22) en comunicación con el procesador (20) y un código de programación almacenado en la memoria (22), es un regulador maestro en el que el regulador de voltaje tiene la funcionalidad como regulador maestro y como regulador seguidor,
- 30 método **caracterizado porque** el regulador comprende además un generador de números aleatorios en el que el código de programación arbitra entre el regulador y un segundo regulador para determinar qué regulador es el regulador maestro en base al número aleatorio generado por dicho generador de números aleatorios.

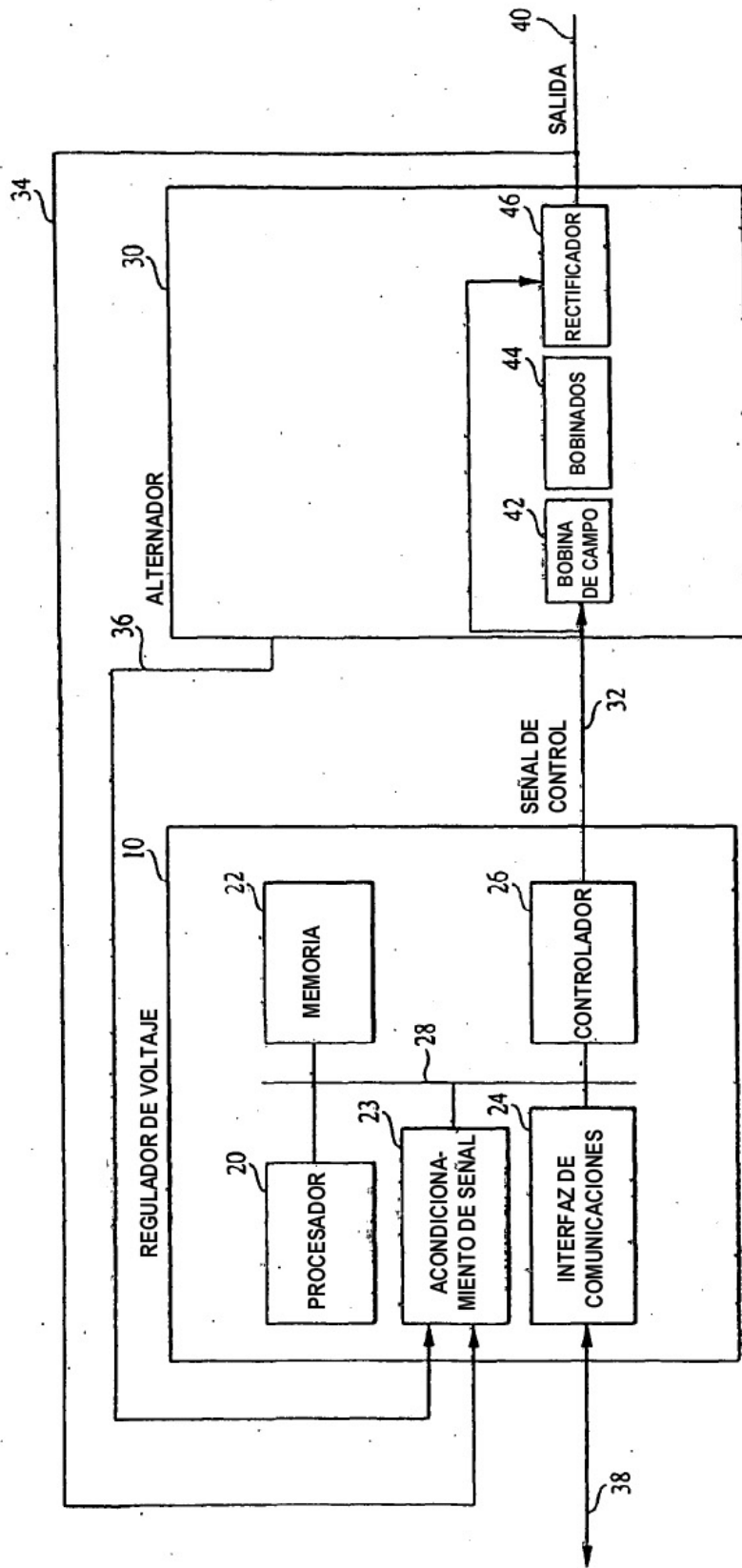


FIG. 1

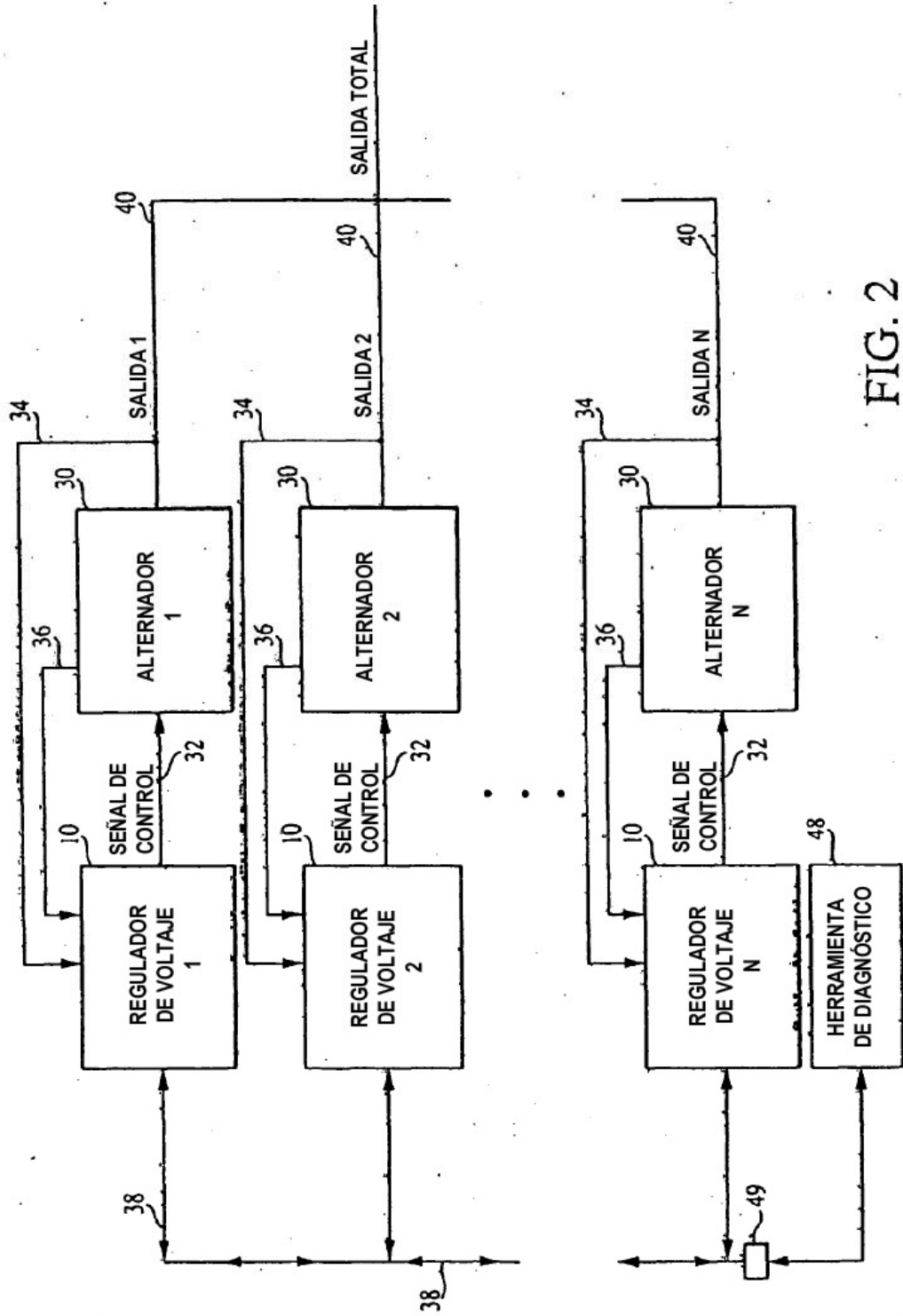


FIG. 2

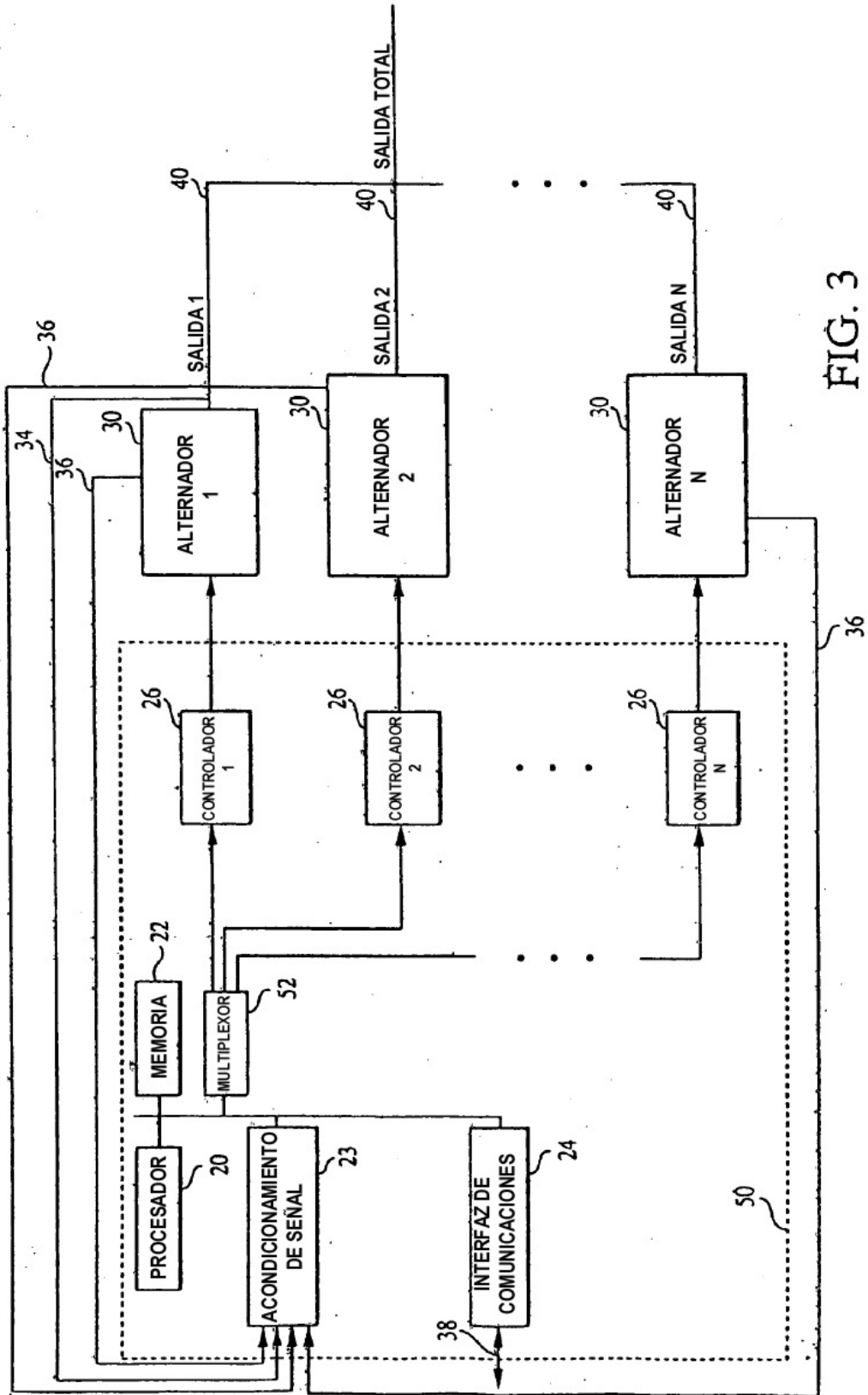


FIG. 3

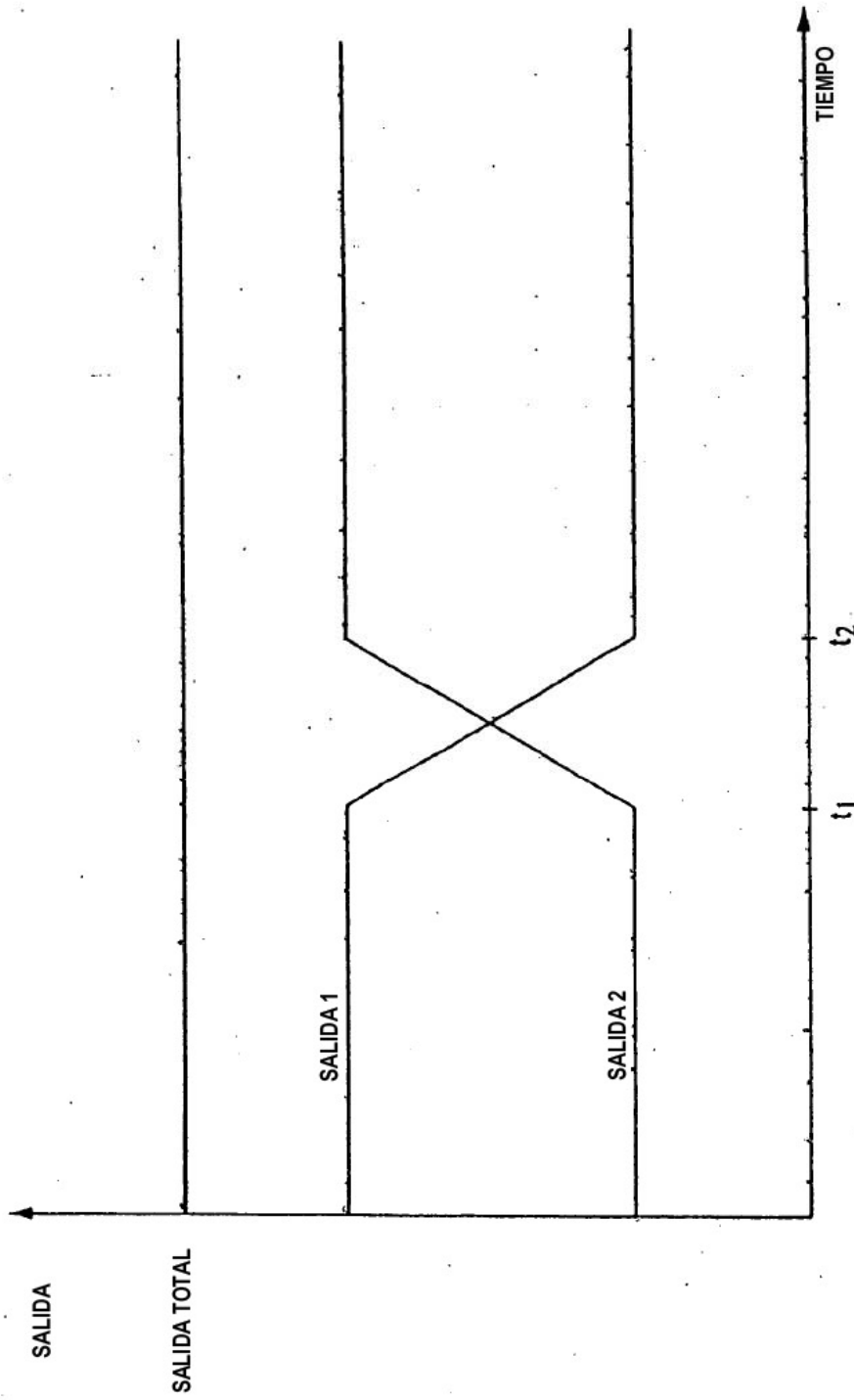


FIG. 4

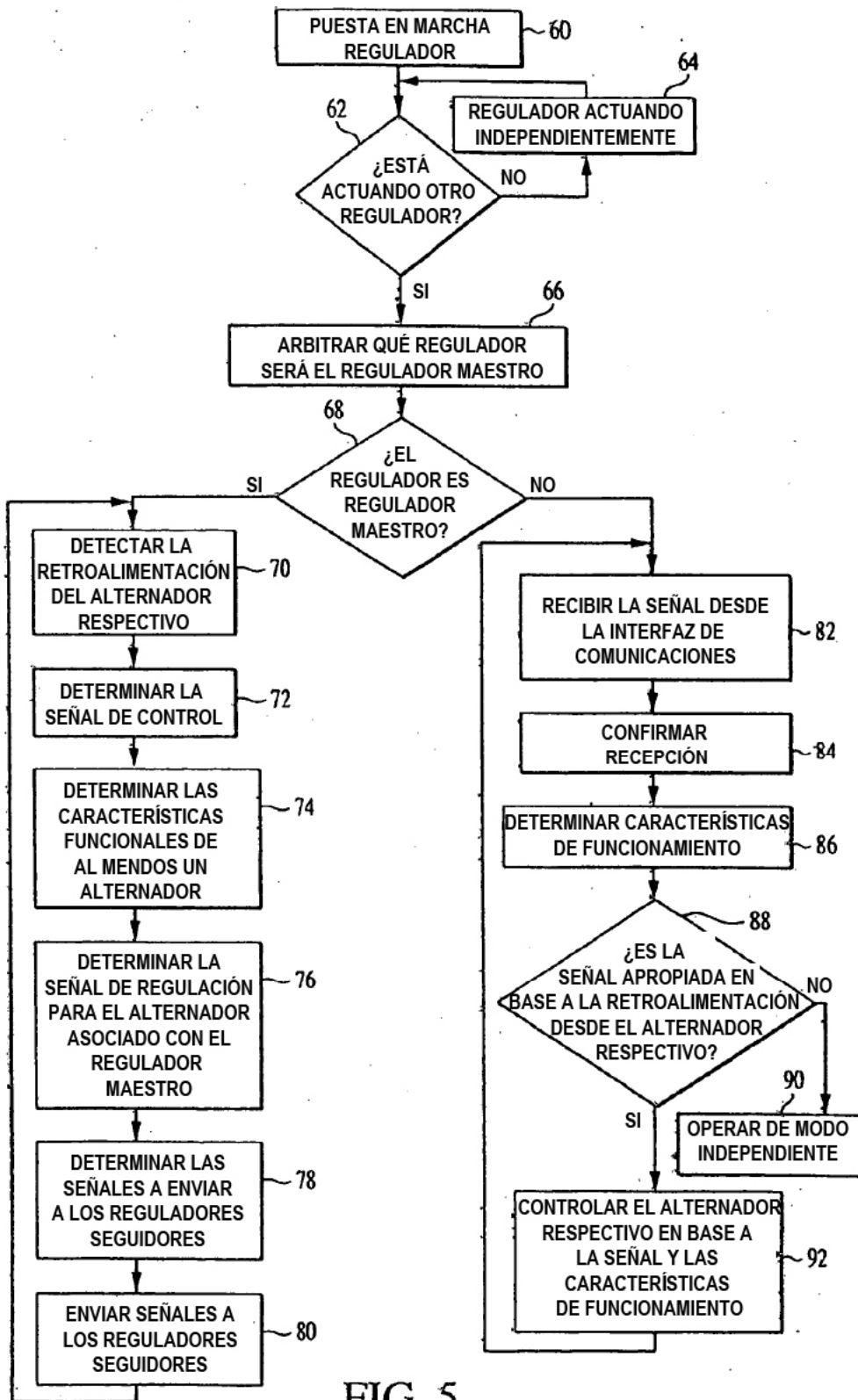


FIG. 5

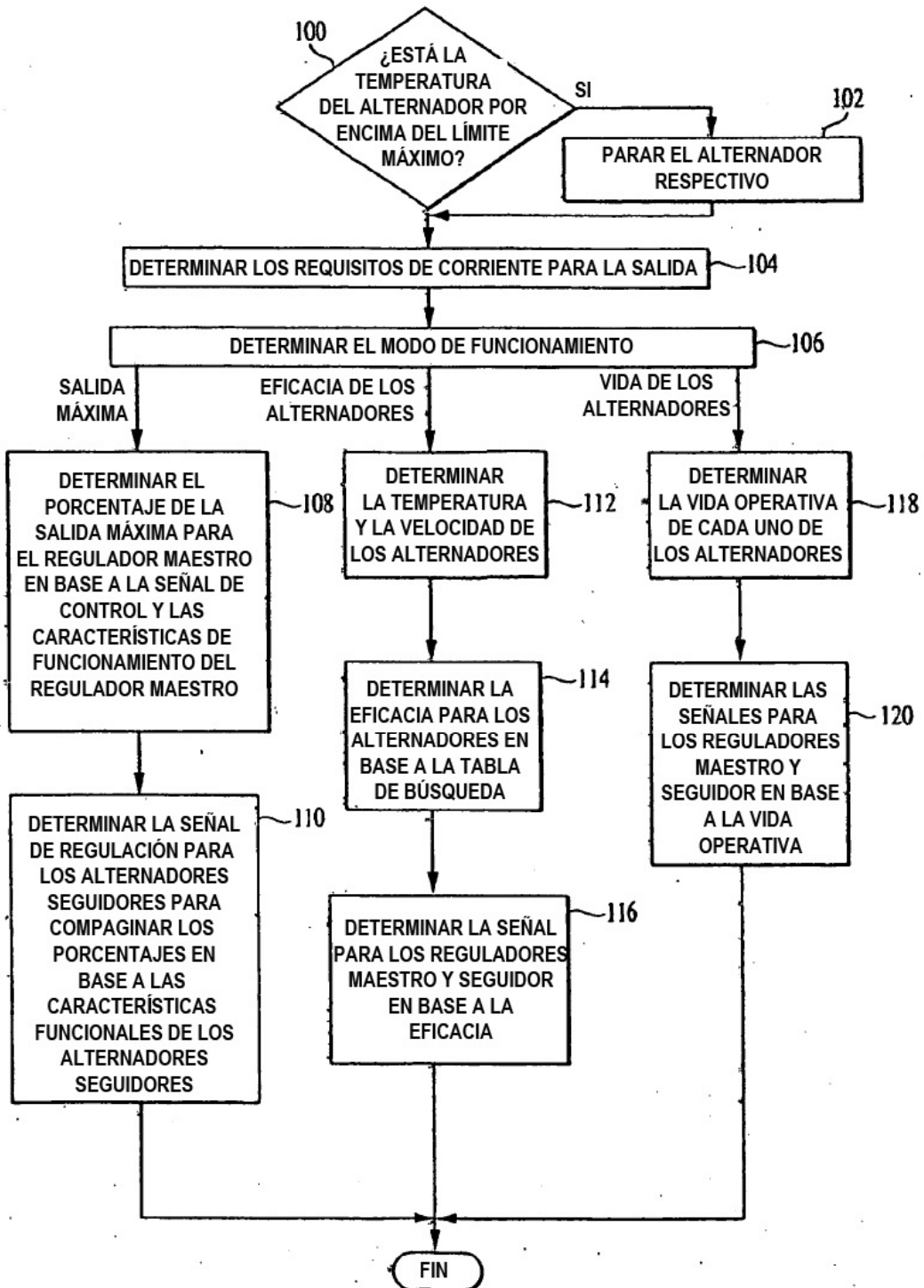


FIG. 6