



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 167 809**

⑤① Int. Cl.⁷: H02J 9/06

H02P 9/04

H02P 9/48

⑫

TRADUCCION DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧⑥ Número de solicitud europea: **97954466.5**

⑧⑥ Fecha de presentación: **19.12.1997**

⑧⑦ Número de publicación de la solicitud: **0 947 042**

⑧⑦ Fecha de publicación de la solicitud: **06.10.1999**

⑤④ Título: **Aparato generador híbrido.**

③⑩ Prioridad: **20.12.1996 ZA 96/10787**

④⑤ Fecha de la publicación de la mención BOPI:
16.05.2002

④⑤ Fecha de la publicación del folleto de patente:
16.05.2002

⑦③ Titular/es: **Manuel dos Santos da Ponte**
282 Pleiades Avenue, Waterkloof Ridge
0181 Pretoria, ZA

⑦② Inventor/es: **Ponte, Manuel dos Santos da;**
Grzesiak, Lech;
Koczara, Włodzimierz;
Pospiech, Pawel y
Niedziałkowski, Andrzej

⑦④ Agente: **Dávila Baz, Angel**

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).

DESCRIPCION

Aparato generador híbrido.

Fundamento de la invención

Esta invención se refiere a un aparato generador que puede ser usado para suministrar cargas que varían substancialmente con el tiempo.

En generadores eléctricos convencionales se instalan un motor u otro accionamiento primario que conduce un alternador síncrono a una velocidad nominalmente constante, que se calcula para proporcionar una salida eléctrica AC de la frecuencia correcta. En la práctica, la velocidad del motor no permanece exactamente constante, con una variación resultante no deseable en la frecuencia de la salida eléctrica del generador instalado.

Para suministrar la máxima demanda de carga, un conjunto generador de este tipo debe ser dimensionado en consecuencia, lo que puede ser muy antieconómico debido al hecho de que la carga media puede ser, típicamente, sólo el 20 % de la carga pico. Hay numerosas aplicaciones, tales como soldadura, carga de batería y el arranque/funcionamiento de motores eléctricos en los que la demanda de carga puede variar enormemente, con sólo cargas pesadas intermitentes del conjunto generador. Así, es deseable que un conjunto generador que se use en tales aplicaciones, pueda hacer frente de forma eficaz a situaciones de carga ligera.

Se han propuesto conjuntos generadores de velocidad variable (véase, por ejemplo, la patente de EE.UU. N° 5.563.802 de Plahn et al.), que responde a variaciones en la demanda de carga al variar la velocidad del motor/generador, y que utilizan baterías para suministrar la carga en situaciones de baja carga. Sin embargo, los sistemas de este tipo conocidos tienen varias limitaciones, incluyendo un intervalo limitado de funcionamiento de velocidad del motor, insuficiente vida de la batería debido a ciclos de trabajo pesados y actuación deficiente en situaciones de carga desfavorables.

Un objeto de la invención es proporcionar aparatos generadores híbridos que puedan hacer frente a variaciones substanciales de la carga mientras también funciona de forma eficaz.

Resumen de la invención

Según la invención, el aparato de suministro de energía comprende:

al menos, una fuente controlable dispuesta para proporcionar un voltaje variable y/o una salida eléctrica de corriente;

un medio convertidor de desacople para generar una salida DC intermedia desde la salida eléctrica de voltaje y/o corriente variable de dicha, al menos una, fuente controlable que sea substancialmente independiente de variaciones en la salida eléctrica de la fuente;

medio de salida para generar una salida AC o DC que suministre una carga que varíe con el tiempo desde la salida DC intermedia;

medio sensor para controlar el voltaje y/o corriente de dicha, al menos una, fuente

controlable y la salida DC intermedia y para generar señales de salida que corresponden a ésta; y

medio de control sensible a las señales de salida que controlan el funcionamiento de dicha, al menos una, fuente controlable, para variar de forma dinámica la salida de potencia de la fuente y, por lo tanto, suministrar la potencia requerida al tiempo que varía la carga.

La fuente controlable puede comprender una pila de combustible u otro dispositivo tal como un generador hidroeléctrico, una turbina de viento, una turbina/generador de gas o cualquier otro dispositivo que genere una salida eléctrica a partir de una entrada no eléctrica.

Alternativamente, la fuente controlable puede comprender un motor y un generador que proporcionen una salida de voltaje variable al medio convertidor de desacople.

Preferiblemente, el generador es un generador AC que proporciona un voltaje variable, una salida AC de frecuencia variable al medio convertidor de desacople, incluyendo el aparato un medio rectificador para rectificar la salida AC del generador y comprendiendo el medio convertidor de desacople consta de un convertidor DC a DC para convertir la salida AC rectificada en una salida DC intermedia que tiene un voltaje que se controla con respecto a un voltaje de referencia.

El medio de control puede incluir un medio sensor dispuesto para controlar la carga de la salida DC intermedia del medio convertidor y/o de la fuente controlable, y aumentar la velocidad del motor cuando la carga supera un valor predeterminado.

En una realización, el medio de control funciona para mantener la corriente que fluye de la fuente controlable a un nivel predeterminado o dentro de un intervalo predeterminado, comprendiendo el medio sensor un sensor de voltaje dispuesto para controlar el voltaje de salida en la salida DC intermedia del medio convertidor y aumentar la velocidad del motor para aumentar la potencia suministrada al medio convertidor cuando el voltaje de la salida DC intermedia cae por debajo de una primera tensión umbral.

En otra realización, el medio de control funciona para mantener el voltaje de la salida DC intermedia substancialmente constante, comprendiendo el medio sensor un sensor de corriente dispuesto para controlar la corriente que fluye desde la fuente controlable y aumentar la velocidad del motor para aumentar la potencia suministrada al medio convertidor cuando la corriente que fluye de la fuente controlable supera un primer umbral de corriente.

El aparato puede incluir al menos un primer medio de almacenamiento de energía dispuesto para ser cargado desde la salida DC intermedia y para descargar energía en la salida DC intermedia cuando el voltaje de la salida DC intermedia cae por debajo de un valor nominal.

Alternativamente o además, el aparato puede incluir un medio auxiliar de control de carga dispuesto para detectar la conexión de una carga

auxiliar onerosa al medio de salida y controlar el suministro de potencia a la carga auxiliar; esto es, impedir de ese modo una carga excesiva del medio de salida.

Preferiblemente, el aparato incluye al menos un segundo medio de control de almacenamiento de energía, un circuito de carga dispuesto para cargar el segundo medio de almacenamiento de energía desde la salida DC intermedia del medio convertidor, y un circuito de descarga dispuesto para descargar el segundo medio de almacenamiento de energía en paralelo con el primer medio de almacenamiento de energía cuando el voltaje de la salida DC intermedia cae por debajo de un segundo umbral de voltaje, debajo del primer umbral de voltaje.

En una realización, el aparato incluye un tercer medio de almacenamiento de energía, un circuito de carga dispuesto para cargar el tercer medio de almacenamiento de energía desde una fuente eléctrica, y un medio convertidor auxiliar dispuesto para descargar el tercer medio de almacenamiento de energía en paralelo con el primer y segundo medio de almacenamiento de energía después de que el segundo medio de almacenamiento de energía se ha descargado al menos parcialmente.

El primer y segundo dispositivos de almacenamiento de energía son preferiblemente condensadores, y el tercer dispositivo de almacenamiento de energía es preferiblemente una batería.

El aparato puede incluir un sensor de velocidad para controlar la velocidad del motor/generador y para generar una señal de salida de velocidad relativa a ésta, y un medio generador de función para generar una señal de potencia desde la señal de salida de velocidad, siendo la señal de potencia representativa de una característica de potencia/velocidad del motor y siendo utilizada por el medio de control para optimizar el funcionamiento del motor.

El aparato puede incluir además sensores de presión y temperatura ambientales para controlar la presión y temperatura ambientales y para generar las señales de salida respectivas de presión y temperatura y, adicionalmente, puede incluir generadores de función de la presión y temperatura respectivas para generar salidas que comprenden características derivadas del motor que compensen variaciones en la presión y temperatura ambientales de funcionamiento.

El aparato puede también incluir un sensor de temperatura de escape dispuesto para controlar la temperatura de escape del motor y para generar una señal de salida de la temperatura de escape, un generador de función de temperatura de escape para generar una señal característica de temperatura de escape/carga de velocidad de la señal de salida de la velocidad; y un controlador para generar una señal de error a partir de la diferencia entre la señal de salida de la temperatura de escape y la señal característica de temperatura de escape/carga de velocidad; por lo tanto, para compensar de ese modo los factores que afectan a la temperatura de escape del motor.

Descripción escrita de los dibujos

Figura 1 es un diagrama de bloques muy simpli-

ficado del aparato generador híbrido según la invención, utilizando un esquema de control del voltaje;

5 Figura 2 es un diagrama similar al de la Figura 1, mostrando una versión del aparato empleando un esquema de control de la corriente;

10 Figura 3 muestra el aparato de la Figura 1 con su circuitería de salida, incluyendo un circuito de anticipación de carga, ilustrado con mayor detalle;

15 Figura 4 muestra un circuito de salida alternativo del aparato;

Figura 5 muestra una versión del aparato de la Figura 1 incluyendo un primer y segundo dispositivo de almacenamiento de energía;

20 Figura 6 muestra una versión del aparato similar al mostrado en la Figura 5 pero incluyendo un tercer dispositivo de almacenamiento de la energía;

25 Figura 7a es un diagrama esquemático detallado de una realización preferida de la invención, que comprende un generador AC de imán permanente accionado por un motor de combustión interna;

30 Figura 7b es un diagrama que muestra la relación entre varios umbrales y voltajes de referencia en el sistema de control del aparato de la Figura 7a;

35 Figuras 8a a 8c y 9a a 9c son gráficos que ilustran la actuación de una realización del aparato de la invención;

40 Figuras 10 y 11 muestran variaciones adicionales del aparato, que utilizan bucles de control de voltaje y corriente, respectivamente, más sofisticados;

45 Figuras 12, 13 y 14 son diagramas esquemáticos que muestran una circuitería de control adicional utilizable con aparatos de la invención para optimizar su funcionamiento; y

50 Figura 15 es un diagrama de bloques que ilustra un bucle de control para una realización de la invención que emplea una pila de combustible como una fuente eléctrica controlable.

55 Descripción de las realizaciones

La Figura 1 muestra la disposición del aparato generador híbrido según la invención en una forma de diagrama de bloques muy simplificado. Una fuente eléctrica controlable 10, que podía comprender un motor/generador, una pila de combustible, un sistema eléctrico solar, un generador hidroeléctrico, una turbina de viento u otra fuente de energía eléctrica que pueda ser controlada para variar su salida, se conecta al medio convertidor de desacople que comprende un convertidor 12 DC a DC. La salida del convertidor DC a DC se refiere aquí como una salida DC intermedia que tiene un voltaje VDC. Esta salida

DC intermedia se aplica a una “carga” 14 que, en la mayoría de las realizaciones, es un medio convertidor de salida tal como un inversor que convierte la salida DC intermedia a una forma de onda AC para suministrar una carga externa. Sin embargo, en otros casos, la carga externa puede ser una carga DC, o un motor de vehículo, por ejemplo.

El medio convertidor de desacople 12 sirve la función importante de desacoplar o aislar la salida DC intermedia de fluctuaciones en la salida de corriente y/o voltaje de la fuente 10, de manera que el esquema de control del aparato pueda acomodar variaciones substanciales en la salida de la fuente 10. Por ejemplo, donde la fuente 10 es un conjunto motor/generador, el efecto de desacople del medio convertidor de desacople 12 permite el funcionamiento del motor/generador sobre un amplio intervalo de velocidad mientras se mantiene la salida DC intermedia dentro de los parámetros de funcionamiento deseados. El medio convertidor 12 también sirve para desacoplar o aislar la fuente de variaciones en la carga.

El medio convertidor de desacople 12 puede tomar varias formas, dependiendo de la naturaleza de la fuente eléctrica controlable 10. Donde la salida de la fuente es una salida DC, el medio de desacople es convenientemente un convertidor DC a DC. En el caso de una fuente 10 con una salida AC, podía usarse un convertidor AC a DC. Esencialmente, el medio convertidor de desacople 12 forma una función de conversión, que acepta una salida eléctrica que varía ampliamente desde la fuente 10 y que genera la salida DC intermedia desde ésta según las señales de control a partir de un circuito de medida y control.

En la Figura 1, el circuito de medida y control se identifica por la referencia numérica 16. Este circuito puede comprender un circuito analógico o digital, y puede ser fácilmente implementado utilizando un microprocesador que funcione bajo el control del software apropiado. Sin embargo, para los propósitos de la siguiente descripción, se hace referencia a un “circuito” de medida y control.

Un primer sensor de voltaje 18 controla el valor del VDC de la salida DC intermedia, generando una señal de voltaje V₁ que alimenta el circuito de medida y control 16. Un segundo sensor de voltaje 20 mide la salida de voltaje de la fuente 10 y genera una segunda señal de voltaje V₂ que es aplicada al circuito de medida y control 16. Adicionalmente, un sensor de corriente 22 mide la salida de corriente de la fuente al convertidor 12 DC a DC y genera una señal de corriente I₂ que se aplica al circuito de medida y control 16. El circuito 16 es, también, suministrado con las señales de referencia del voltaje y de la corriente, V_{ref2} e I_{ref2}, respectivamente.

La salida V₁ del sensor de voltaje se aplica, también, a un bucle de control 24 que tiene un voltaje de referencia V_{ref1} aplicado a éste, y que genera una señal eléctrica de salida que se aplica a un sistema de control 26 de la fuente 10. Dependiendo de la naturaleza de la fuente, el sistema de control 26 podía ser un controlador de inyección de combustible de un motor de combustión interna o un controlador que controle el flujo de gas

(por ejemplo, hidrógeno y oxígeno) en una pila de combustible, por ejemplo.

El aparato de la Figura 1 incluye un dispositivo de almacenamiento de energía indicado genéricamente por la referencia numérica 28, que está conectado a la salida DC intermedia del circuito. En una sencilla versión de la invención, el dispositivo de almacenamiento de energía 28 puede comprender un condensador conectado de forma sencilla en paralelo con la salida DC intermedia, para proporcionar una reserva de energía a corto plazo cuando la carga aplicada a la salida DC intermedia varía repentinamente. En realizaciones más sofisticadas (véase más adelante), el dispositivo de almacenamiento de energía 28 puede ser complementado por uno o más diferentes dispositivos de almacenamiento de energía, con los respectivos sistemas de control.

El aparato de la Figura 1 funciona con un bucle de control de voltaje, que está dispuesto de manera que el convertidor 12 DC a DC de desacople regule eficazmente el voltaje VDC de la salida DC intermedia con un voltaje máximo según voltaje de referencia V_{ref2}, de manera que el valor de VDC es ajustado por el bucle de control según la referencia, sin tener en cuenta un voltaje de entrada variable desde la fuente 10.

Al mismo tiempo, en este modo de funcionamiento, el convertidor 12 controla la corriente que pasa según la referencia de corriente I_{ref2}, de manera que la fuente 10 es cargada de forma óptima. Por ejemplo, en el caso de un conjunto motor/generador, cuando el motor/generador está funcionando dentro de su intervalo de velocidad variable, el motor es cargado según una curva deseada que se aproxima a una característica óptima de potencia/velocidad del motor. Cuando la demanda de potencia de carga aumenta repentinamente, el control de la corriente aplicado por el convertidor 12 impide que la demanda de potencia de carga aumentada sea suministrada por un aumento en la corriente que fluye desde la fuente. Esto significa, efectivamente, que la salida DC intermedia está privada de potencia, provocando que la carga fluya con energía directamente desde el dispositivo de almacenamiento de energía 28, lo cual aumenta la salida DC intermedia. A medida que la energía fluye desde este dispositivo, la salida del dispositivo y de aquí, el voltaje VDC de la salida DC intermedia caerán.

Cuando el valor de VDC detectado por el primer sensor de voltaje 18 cae por debajo de un primer umbral de voltaje, la señal de entrada resultante V₁ aplicada al bucle de control 24 y al sistema de control 26 controla que la fuente 10 aumente su salida de potencia. En el caso de un motor/generador, el sistema de control 26 aumentará la velocidad del motor, dando como resultado un aumento correspondiente en el voltaje de salida del generador. Este aumento en voltaje aumenta la potencia suministrada al convertidor 12 y, en consecuencia, permite que el convertidor suministre mayor potencia a la salida DC intermedia sin superar la corriente de fuente puesta por la referencia I_{ref2}. De este modo, la fuente 10 satisface la carga y recarga el dispositivo de almacenamiento de energía 28. El voltaje VDC de la salida DC intermedia se eleva hasta que se

restaura el umbral de voltaje determinado por la señal de referencia de voltaje V_{ref1} , y la fuente 10 se estabilizará al nuevo y mayor nivel de potencia de salida.

Cuando la demanda de potencia de carga disminuye, el equilibrio entre la fuente y la carga será perturbado de nuevo. En este caso, el voltaje VDC crecerá, y el bucle de control de voltaje/velocidad funcionará para reducir la potencia de salida de la fuente (por ejemplo, la velocidad del motor en el caso de un conjunto motor/generador), reduciendo la potencia de salida y el voltaje de la fuente y permitiendo, por consiguiente, que el convertidor 12 reduzca su voltaje de salida de vuelta a su valor nominal.

En el modo de funcionamiento anteriormente descrito, una forma de control de la corriente se usa junto con el esquema de control del voltaje principal. Al controlar o limitar la corriente que fluye desde la fuente, el voltaje VDC de la salida DC intermedia es obligado a variar con variaciones en la demanda de carga, dentro de una ventana predeterminada de variación de voltaje permitido por el convertidor 12 y su circuito de control 16. El tamaño de esta "ventana" será determinado en la práctica, entre otros, por los parámetros de comportamiento del convertidor de carga 14, la capacidad de almacenamiento de energía del dispositivo de almacenamiento de energía 28 y la respuesta dinámica de la fuente eléctrica 10 a su sistema de control 26.

El aparato de la Figura 2 es substancialmente similar al de la Figura 1, excepto que el esquema de control empleado es, principalmente, más un esquema de control de corriente que un esquema de control de voltaje. Según el esquema de control de la corriente, el convertidor 12 funciona para regular el voltaje VDC de la salida DC intermedia según un voltaje de referencia V_{ref2} , de manera que el valor de VDC se mantiene substancialmente constante con independencia de las variaciones en el voltaje de entrada al convertidor 12.

Cuando la demanda de potencia de carga (el producto del voltaje DC y de la corriente DC en la salida DC intermedia) aumenta, la corriente en el convertidor y, en consecuencia, la corriente suministrada por la fuente 10 debe también aumentar ya que VDC es regulado para permanecer substancialmente constante. El convertidor 12 permite que la corriente aumente o disminuya según la demanda de potencia de carga, dentro de límites de funcionamiento seguro.

Cuando la carga aumenta, y debido al valor de VDC se mantiene substancialmente constante, el convertidor 12 intenta suministrar la carga demandando más corriente desde la fuente 10. El sensor de corriente 22 detecta este aumento, generando una señal de salida I_2 que es aplicada a ambos circuitos de medida y control 16 y al bucle de control 24. Por medio del sistema de control 26, el bucle de control 24 ajusta la salida de la fuente 10 para aumentar su salida de potencia. Por ejemplo, en el caso de un conjunto motor/generador, la velocidad del motor aumenta, aumentando el voltaje de salida y la potencia del generador. El aumento en la salida de voltaje de la fuente causa que el convertidor 12 reduzca su

proporción de subida de voltaje. A medida que el voltaje de entrada se eleva, la corriente de entrada del convertidor 12 disminuirá hasta que se restaure el umbral de corriente determinado por la señal de referencia de la corriente I_{ref2} y la fuente 10 se estabilizará a su nueva potencia de salida (en el caso de un motor/generador, el motor se estabilizará a su nueva y más alta velocidad).

A la inversa, cuando la demanda de potencia de carga disminuye, el convertidor 12 demandará menos corriente desde la fuente. Cuando el valor de la corriente disminuye por debajo del umbral predeterminado puesto por I_{ref2} , la salida de potencia de la fuente se reduce (por ejemplo, la velocidad del motor de un conjunto motor/generador se reduce). El correspondiente descenso en el voltaje de salida de la fuente causará que aumente la corriente que fluye desde la fuente. Cuando la corriente es restaurada al valor determinado por la referencia de corriente I_{ref2} , la fuente se estabilizará a su nueva salida de potencia (por ejemplo, la velocidad del motor en un conjunto motor/generador se estabilizará a su nueva y más baja velocidad).

En este modo de funcionamiento, la fuente es protegida por el convertidor 12 que limita la corriente máxima que fluye desde la fuente. Cuando la corriente de la fuente aumenta a un valor que se considera óptimo (por ejemplo, cuando la corriente de salida de un conjunto motor/generador alcanza un valor representativo de la salida de par óptimo del motor), la función que limita la corriente descrita con referencia al esquema de control del voltaje puede ser puesta en funcionamiento. Subsiguientes aumentos en la demanda de carga privarán a la salida de potencia DC intermedia, dando como resultado una caída correspondiente en el voltaje VDC de la salida DC intermedia.

En ambos esquemas de control anteriormente descritos, el uso del convertidor de desacople 12 puede verse extremadamente importante, permitiendo el uso de fuentes eléctricas variables con características bastante diferentes.

Son posibles numerosas variaciones y modificaciones del aparato básico descrito arriba.

Por ejemplo, es posible utilizar dos o más fuentes de energía auxiliares en el lugar del dispositivo de almacenamiento de energía 28, proporcionar un sistema que responda más eficazmente a ambas cargas de pico a corto y largo plazo (véase más adelante). En algunos otros casos, el almacenamiento de energía suplementario puede ser excluido. En su lugar, puede introducirse un circuito de anticipación de carga para hacer frente a cargas de alto impacto o de gran intervalo. En la Figura 3, se muestra el aparato que corresponde esencialmente al de la Figura 1, en donde la carga interna 14 comprende un convertidor DC a AC (por ejemplo, un inversor) que está dispuesto para suministrar una salida eléctrica AC a una carga principal 30. Además, se abastece una segunda carga auxiliar onerosa 32, cuya carga en funcionamiento se espera que cause sobrecargas transitorias o temporales. Esta carga es alimentada por el inversor 14 mediante un circuito de interfase 34 y un sensor de corriente 36 que proporciona una

señal de corriente de salida I₄ a un controlador 38 relativa a la magnitud de la corriente de carga. El controlador 38 controla el funcionamiento del circuito de interfase 34.

Al detectar una carga, el circuito de interfase 34 desconecta rápidamente la carga del inversor 14 o reduce la frecuencia y/o voltaje de la salida a la carga. El controlador 38 genera una señal de salida Va_{2x} que es aplicada al bucle de control 24 para que la fuente 10 genere una potencia de salida máxima (en el caso de un conjunto motor/generador, el motor es acelerado a una velocidad máxima). Se produce una situación de subcarga momentánea ocurre y el bucle de control de la potencia adaptada de carga normal es temporalmente anulado. Cuando el controlador de interfase 38 detecta en la salida V₂ del segundo sensor de voltaje 20 que la salida de la fuente 10 está a un máximo, el controlador 38 saca una señal de control V_{ali} a la interfase 34, conectando la carga auxiliar 32 al inversor 14 según características predeterminadas de la interfase (por ejemplo, encendido/apagado, voltaje/frecuencia variable o arranque suave). Después de la anulación momentánea, el sistema de control adaptado de carga normal reanuda el funcionamiento y la salida de potencia de la fuente 10 será establecida de manera que su potencia de salida y su demanda de carga total estén en equilibrio.

A modo de ejemplo, si la carga auxiliar es un motor en derivación DC, entonces la interfase aplicará voltaje al devanado en derivación y, entonces, sube el voltaje en el circuito del inducido a su valor nominal de funcionamiento. Si la carga auxiliar es un motor AC, entonces la interfase puede reducir incluso el voltaje aplicado como en un circuito de arranque suave, o reducir el voltaje y la frecuencia proporcionalmente, como en un transmisor de velocidad ajustable (ASD). La carga auxiliar puede, también, desconectarse fácilmente y reconectarse cuando la fuente ha alcanzado su nivel de potencia máximo de salida.

La Figura 4 muestra una disposición similar a la de la Figura 3 (los componentes idénticos se omiten para evitar la repetición), excepto por la carga interna 14 que es un convertidor DC a DC que suministra una carga DC principal 40. Se suministra una carga auxiliar 42 (DC o AC) mediante una interfase 44 y el sensor de corriente 36 directamente desde la salida DC intermedia del aparato.

En la Figura 5, se muestra una variación del aparato que corresponde substancialmente a la realización de la Figura 1, pero en el que se proporciona un segundo dispositivo suplementario de almacenamiento de energía 46. En esta disposición, los dispositivos de almacenamiento de energía 28 y 46 comprenderán, típicamente, uno o más condensadores o ultracondensadores. En su lugar, particularmente en el caso del segundo dispositivo de almacenamiento de energía 46, donde los ciclos de trabajo son menos onerosos, podía emplearse una batería u otro dispositivo tal como un motor/generador de volante. El condensador o condensadores 46 se conectan a la salida DC intermedia mediante un segundo convertidor DC a DC 48 con su propio circuito de medida y control asociado 50. El circuito de control 50 recibe la

salida V₁ desde el primer sensor de voltaje 18, correspondiente al valor de VDC, así como una salida V₃ de un tercer sensor de voltaje 52, correspondiente al voltaje terminal del dispositivo de almacenamiento de energía 46, y una salida I₃ desde un sensor de corriente 54 correspondiente a la magnitud de la corriente entre el dispositivo de almacenamiento de energía suplementaria y el convertidor 48.

El circuito de medida y control 50 está dispuesto para controlar el convertidor 48 que alimenta energía desde el segundo dispositivo de almacenamiento de energía 46 hacia la salida DC intermedia cuando el valor de VDC cae por debajo de un segundo umbral que es marginalmente más bajo que el primer umbral determinado por el voltaje de referencia V_{ref1}. Así, en el caso de un aumento brusco en la demanda de potencia de la carga, el valor de VDC cae por debajo del segundo umbral y la energía adicional de los condensadores 46 alimenta la carga, eficazmente en paralelo con la energía suministrada por los condensadores 28 y el convertidor de desacople principal 12.

Para acomodar los condensadores, que son dispositivos de voltaje variable (es decir, el voltaje terminal de un condensador varía según su estado de carga), el convertidor DC a DC 48 puede funcionar según se requiera, tanto como un convertidor de proporción variable de ascenso como de descenso (dependiendo del voltaje de trabajo de los condensadores), de manera que entrega una salida a la salida DC intermedia con un voltaje, que es nominalmente igual a VDC. Esta disposición permite a fuentes de energía auxiliares que tienen características sustancialmente diferentes (por ejemplo, voltajes de funcionamiento más altos o más bajos) ser usados en paralelo.

En la Figura 6, se muestra una disposición similar a la de la Figura 5, pero con un tercer dispositivo de almacenamiento de energía de reserva en forma de una batería 56, que está incluida. En este caso, los dispositivos de almacenamiento de energía 28 y 46 son ambos series de condensadores. En esta disposición, la batería 56 está dispuesta para ser cargada desde una fuente de energía 58 que podía ser derivada de la fuente principal 10 o que podría ser, por ejemplo, una fuente principal auxiliar, un panel solar u otra fuente de energía. La salida de la fuente 58 alimenta a un convertidor 60, cuyas características son determinadas por la naturaleza de la fuente 58. La salida del convertidor 60 alimenta por medio de un sensor de corriente 62 la batería 56 y su funcionamiento es controlado por un circuito de medida y control 64 que es sensible a la salida del sensor de corriente 62, un sensor de voltaje 66, y las señales de referencia de corriente y voltaje V_{ref4} y I_{ref4}.

La batería 56 está conectada mediante un circuito de interfase 68 a la entrada del convertidor DC a DC 48, cuyo punto de conexión es, en efecto, una segunda salida DC intermedia del aparato, aislada o desacoplada de la principal salida DC intermedia por el convertidor 48.

Se apreciará que la realización de la invención anteriormente descrita, que usa múltiples fuentes eléctricas controlables, representa un sistema ge-

nerador híbrido que puede suministrar una o más cargas de dos o más fuentes diferentes, según un esquema de control predeterminado. Así, la presente invención proporciona gran flexibilidad en el diseño de sistemas generadores híbridos para aplicaciones específicas.

En la disposición ilustrada, el primer dispositivo de almacenamiento de energía 28 descarga hacia la carga 14 cuando el valor de VDC cae debido al aumento de la demanda de carga. Cuando el valor de VDC cae más, por debajo del primer umbral de voltaje, el bucle de control de potencia es activado según se describe anteriormente con referencia a la Figura 1. El segundo dispositivo de almacenamiento de energía 46 descarga energía hacia la salida DC intermedia cuando el valor de VDC cae por debajo de un segundo umbral de voltaje, por debajo del primer umbral. La tercera fuente de energía (la batería de reserva 56) descarga cuando el voltaje V_{L3} medido a la salida del segundo dispositivo de almacenamiento de energía 46 cae por debajo del voltaje terminal de la batería 56.

Aunque la batería 56 podía ser dispuesta para entregar potencia a la salida DC intermedia una vez que el valor de VDC había caído por debajo de un tercer umbral, debajo del segundo umbral, es importante darse cuenta de que el circuito de control para la batería de reserva puede estar dispuesto para suministrar potencia mediante la interfase 68 en cualquier punto deseado, independiente del primer y segundo umbrales predeterminados. Esta flexibilidad es una ventaja particular de la presente invención.

En la disposición de la Figura 6, la batería 56 se usa típicamente para suministrar la carga relativamente infrecuentemente comparada con las series de condensadores 28 y 46. Esto es deseable, ya que el ciclo de trabajo de la batería se reduce, entonces, drásticamente, mientras los condensadores puedan continuar realizando un número de ciclos de carga/descarga mucho mayor que las baterías. Por lo tanto, esta disposición proporciona al aparato de flexibilidad y capacidad de energía de reserva sustanciales, mientras que aumenta la confianza y longevidad del sistema.

En lugar de condensadores o de una batería, podían usarse otros tipos de dispositivos de almacenamiento de energía en su lugar, tal como una disposición motor/generador de volante. El criterio importante, aparte de utilizar interfaces apropiadas, es equiparar el tipo de dispositivo de almacenamiento de energía seleccionado con ambas demandas de energía transitorias y a largo plazo, lo cual debe ser cumplido por los dispositivos de almacenamiento auxiliares.

Refiriéndonos ahora a la Figura 7a, se muestra un diagrama de bloques más detallado de una realización de la invención. Esta realización utiliza un motor/generador como fuente de potencia eléctrica controlable 10. El motor 70 usado en el prototipo era un motor diesel con inyección de combustible, mientras el generador 72 era un generador trifásico de imán permanente AC. El motor es controlado por un controlador de inyección de combustible 74 que responde a las señales de control eléctricas desde un circuito controlador de velocidad del motor 76. La salida AC del ge-

nerador 72 es aplicada a un circuito rectificador trifásico 78 y desde allí a un filtro LC 80 antes de ser aplicado a la entrada de un convertidor DC a DC 82 (correspondiente al convertidor de desacople 12 de las figuras previas). El convertidor funciona como un interruptor elevador. La salida del generador 72 variará tanto en voltaje como en frecuencia según la velocidad del motor 70, y el convertidor DC a DC 82 convierte esta salida de voltaje variable a la salida DC intermedia que se usa para potenciar la carga interna 14 (típicamente, un inversor) que, alternativamente, potencia una carga externa 84. Como se ha descrito anteriormente, el convertidor DC a DC 82 desacopla o aísla eficazmente la salida del generador/rectificador, la cuál varía substancialmente con la velocidad del motor 70, desde la salida DC intermedia.

El circuito de control del aparato incluye un circuito de control del voltaje 86 que se alimenta con un voltaje de entrada de referencia principal V_{r10v} desde un generador de función de voltaje de referencia 88 y un segundo voltaje de entrada V_{a8} desde un sensor de voltaje 90 que corresponde al valor de VDC (es decir, el voltaje en la salida DC intermedia). El valor de V_{a8} refleja variaciones en el valor de VDC debido a variaciones en la magnitud de la carga aplicada. El circuito de control del voltaje 86 funciona esencialmente como un regulador, comparando el valor medido de VDC con el voltaje de referencia principal V_{r10v} . En el caso de condiciones de funcionamiento de carga baja, correspondiente a funcionamiento a baja velocidad del motor/generador, la caída de voltaje en el convertidor de carga 14 es más baja y el voltaje de entrada de referencia principal V_{r10v} es reducido por el generador de función 88, con lo que se mejora la eficiencia de la carga parcial del aparato.

El convertidor DC a DC 82 tiene un circuito de control convertidor de corriente/voltaje 92 que también recibe la salida V_{a8} del sensor de voltaje 90 así como una señal de corriente de referencia V_{r9i} desde un generador de función de corriente de referencia 94 y una señal de referencia de voltaje V_{r9v} . Además, el controlador de corriente/voltaje 92 se alimenta con una señal de entrada V_{a5} que se deriva de la magnitud de la corriente suministrada desde el rectificador 80 al convertidor DC a DC 82. El circuito de control de voltaje 86 genera una señal de velocidad de referencia V_{r11} en respuesta a la variación medida en VDC, que es aplicada al controlador de velocidad del motor 76 junto con una señal de salida V_{a2} desde el sensor de velocidad 96. El controlador de velocidad 76 genera una señal de salida V_{r12} que es aplicada al controlador de inyección de combustible 74 para variar la velocidad del motor 70.

La señal de velocidad V_{a2} es también aplicada al generador de función de corriente de referencia 94 que modifica la señal de corriente de referencia V_{r9i} como una función de la velocidad que corresponde a la característica par del motor/velocidad. En generadores de imán permanente, cuando el voltaje de salida varía linealmente con la velocidad, la corriente del generador corresponde al par del motor. Consecuentemente, el controlador de corriente/voltaje 92 controla el convertidor 82 de

manera que adapta la carga en el motor 70 según su característica de par/velocidad y de este modo, optimiza su comportamiento sobre un amplio intervalo de cargas variables.

Cuando la magnitud de la carga 84 aumenta y, como resultado, la señal de voltaje Va8 tiene un valor que es menor que el del voltaje de referencia Vr10v, el umbral de control de la velocidad, el circuito de control del voltaje 86 aumenta el valor de la señal de salida Vr11 de manera que la velocidad del motor aumenta. El controlador de corriente/voltaje 92 ajusta el funcionamiento del convertidor DC a DC 82 de manera que la corriente de salida del generador es igual al valor puesto por la señal de corriente de referencia Vr9i. Pero, a medida que el voltaje del generador y, en consecuencia, la potencia de entrada al convertidor 82 aumenta con la velocidad, el correspondiente aumento en potencia entregado a la salida DC intermedia causará un aumento en el valor de VDC. La estabilidad se producirá cuando el valor de Va8 se iguale al de Vr10v. A la inversa, cuando la señal de voltaje Va8 (correspondiente a la variación en el valor de VDC) sea mayor que el voltaje de referencia Vr10v, la velocidad del motor disminuye. Si el motor alcanza su velocidad de funcionamiento mínima y el valor de VDC permanece mayor que la señal del voltaje de referencia Vr9v (que es marginalmente mayor en magnitud que Vr10v), el controlador de corriente/voltaje 92 funcionará el convertidor DC a DC 82 para reducir su salida, de manera que la señal de corriente Va5 se reduce hasta que el valor de VDC es igual al voltaje de referencia Vr9v.

Además del dispositivo (condensador) primario 28 de almacenamiento de energía, el aparato incluye dispositivos auxiliares de almacenamiento de energía que comprenden un condensador C3 y una batería BAT. La batería se aísla del condensador mediante un diodo D6 y forma eficazmente una batería híbrida en paralelo con el condensador. El voltaje de la batería Vbat es substancialmente más bajo que el voltaje del condensador Vc3, de manera que el condensador C3 puede entregar una substancial cantidad de potencia hacia la carga a medida que se descarga, con su voltaje terminal cayendo desde un voltaje relativamente alto y completamente cargado a un valor que alcanza con el tiempo el voltaje terminal Vbat de la batería. Cuando el voltaje terminal del condensador es igual al valor de Vbat, la batería toma el control de la función de entrega de potencia a medida que suministra energía a través del diodo D6, mediante un convertidor de carga/descarga 98, y la salida DC intermedia.

El convertidor de carga/descarga 98 comprende un par de transistores T2 y T3, junto con los diodos D2 y D3 y un transformador reductor L3. El transistor T3 y el diodo D3 son controlados por un controlador de carga 100 y funcionan junto con el transformador reductor L3 como un interruptor periódico reductor que carga el condensador C3 desde la salida DC intermedia. El transistor T2 y el diodo D2 son controlados por un controlador de descarga 102 y funcionan como interruptor periódico elevador junto con el transformador reductor L3 que controla la descarga del condensador C3 hacia la salida DC intermedia.

La batería de reserva BAT también descarga hacia la salida DC intermedia mediante el interruptor periódico elevador que comprende el transistor T2, el diodo D2 y el transformador reductor L3.

El controlador de descarga 102 funciona según el valor de los umbrales de voltaje predeterminados de la salida DC intermedia y la señal de retroalimentación de la corriente de descarga Ises proporcionada por un sensor de corriente 118, como se describe más adelante.

El controlador de carga 100 funciona en respuesta a la señal permitida de carga V21 desde un comparador 119 cuando la señal de voltaje de la salida DC intermedia Va8 supera la referencia de voltaje permitida de carga Vr19vb, marginalmente más alta que Vr18v. Funciona, entre otros, según la salida de un condensador de un circuito generador de función de corriente de referencia 104 que modifica la señal de corriente de referencia como una función de la señal de retroalimentación de la velocidad Va2 desde el sensor de velocidad 92 para optimizar la carga del condensador C3 según la velocidad del motor y la potencia disponible.

Debido a la presencia del diodo de bloqueo D5, la batería de reserva BAT sólo puede ser descargada (y no cargada) mediante el convertidor de carga/descarga 98. Por lo tanto, se proporciona de un convertidor de carga adicional 106 que comprende un transistor T4, un diodo D4 y un transformador reductor L4 para el propósito de cargar la batería. El convertidor 106 es controlado por un controlador de carga 108 y funciona como un interruptor periódico reductor que carga la batería según una señal de voltaje de la batería de retroalimentación Vbat desde un monitor de voltaje de la batería 110, una señal de corriente de la batería de retroalimentación Ibat, una señal de referencia del voltaje de la batería Vbat.ref y una señal de referencia de la corriente de carga Ibat.ref. Las señales de referencia posteriores son generadas por el voltaje de referencia de la batería y los generadores de función de la corriente de referencia de la batería 112 y 114, respectivamente. Un filtro que comprende un condensador C5 y un reactor L5 suaviza la salida del convertidor de carga 106 para impedir daños a la batería como resultado de un voltaje/corriente de gran fluctuación.

El generador de función del voltaje de referencia de la batería 112 modifica la señal del voltaje de referencia de la batería Vbat.ref según la temperatura de la batería para impedir desprendimiento de gases durante la carga. El generador de función de la corriente de referencia de la batería modifica la señal de corriente de referencia de la batería Ibat.ref según la señal de retroalimentación de la velocidad Va2 para optimizar la carga de la batería con respecto a la potencia disponible.

En el ejemplo ilustrado, la energía para el convertidor de carga de la batería 106 se deriva desde la salida DC intermedia, pero se apreciará que pueda utilizarse una fuente de potencia independiente para cargar la batería BAT, por ejemplo, paneles solares.

Ya que la circuitería de control del convertidor de carga/descarga 98 puede funcionar casi

instantáneamente para detectar una caída en el valor de VDC debido a un aumento repentino en la magnitud de la carga (es decir, una condición de sobrecarga temporal), no es necesario que el motor 70 esté funcionando a una velocidad ineficazmente alta que haga frente a tales demandas. En su lugar, las fuentes de energía auxiliares pueden proporcionar energía suficiente para cumplir con la demanda de carga pico hasta que la velocidad del motor pueda aumentar lo bastante como para suministrar la carga completamente. Así, la realización descrita de la invención comprende eficazmente una rápida fuente de energía que actúa a corto plazo funcionando en paralelo con el conjunto generador de salida variable a velocidad variable.

La Figura 7b muestra la relación entre varios voltajes de referencia y voltajes umbrales de funcionamiento en el circuito de la Figura 7a. Cuando el voltaje VDC de la salida DC intermedia, según la señal Va8 del sensor de voltaje 90, cae por debajo del segundo voltaje umbral Vr18v, el convertidor 98 bombeará corriente desde el condensador C3 hacia la salida DC intermedia para mantener su valor en el segundo voltaje umbral Vr18v, independientemente de la caída de voltaje terminal del condensador C3. Este voltaje terminal Vses es el voltaje de entrada de un monitor de voltaje 116, que proporciona una salida al controlador de carga 100. La corriente de descarga del condensador Ises se obtiene de un sensor de corriente 118 y alimenta, también, al controlador de carga 110 así como al controlador de descarga 102.

El controlador de descarga 102 limita la corriente de descarga según el valor de la corriente de referencia Vr18i para proteger el convertidor 98 contra una sobrecarga y al condensador C3 y a la batería BAT contra unas proporciones de descarga excesivas.

Descargar mediante el convertidor 98 es imposibilitado por el controlador de descarga 102 cuando el voltaje Vses del condensador C3 cae por debajo de un tercer umbral hasta un nivel indicativo de un mal estado de la carga de la batería. El medio de protección de la batería es omitido para simplificar la Figura 7a. Sin embargo, no hay un control directo de la descarga de la batería BAT. Cuando el voltaje terminal del condensador C3 y cae por debajo del de la batería de reserva BAT, la corriente es alimentada desde la batería mediante el diodo D5 al condensador C3 y desde allí mediante el convertidor 98 a la salida intermedia DC. Debido a la caída de voltaje a través del diodo D5, el voltaje a través del condensador C3 se estabilizará en el tercer umbral, por debajo del segundo umbral. Este nivel de voltaje dependerá de la característica descarga-voltaje de la batería de reserva a medida que toma el control la función de distribución de potencia desde el condensador C3.

Aunque la sabiduría convencional podía sugerir que poniendo un convertidor DC a DC entre la salida de un generador y una carga se reduciría la eficacia del aparato, debido a la eficiencia menor del 100 % del convertidor, de hecho, se obtiene un resultado ventajoso. El efecto de colocar un convertidor DC a DC entre el genera-

dor/rectificador y la carga sirve para desacoplar o aislar la salida del generador de la salida DC intermedia del sistema, permitiendo al sistema hacer frente a un intervalo mucho más amplio de las velocidades del motor/generador mientras todavía funcionan de forma eficaz. Así, el aparato de la invención puede funcionar eficazmente incluso cuando esté ligeramente cargado, si se compara con sistemas de la técnica anterior que no pueden suministrar una carga ligera eficazmente a partir del motor/generador y, en su lugar, deben usar una batería para este propósito. La penalización de coste que aumenta a partir de las pérdidas en el convertidor es insignificante si se compara con la ganancia en eficacia del combustible y, sobre todo, en eficacia de salida eléctrica del aparato de la invención.

Las Figuras 8a a 8c y 9a a 9c son gráficos que ilustran el principio de funcionamiento del sistema de control velocidad/potencia de la Figura 7.

En la Figura 8a, se muestra la potencia de salida del generador como una función de la velocidad del motor. "A" es el punto de funcionamiento de velocidad mínima y "B", el punto de funcionamiento de velocidad máxima. Ambos, A y B son puntos de funcionamiento de velocidad constante. Entre los puntos A y B, el motor funciona en un modo de velocidad variable. La línea superior (punteada) muestra la máxima característica potencia del motor/velocidad y la línea inferior muestra la curva de potencia de carga deseada que está siempre por debajo de la curva de potencia máxima del motor, de manera que hay potencia de reserva para acelerar en cualquier momento dado.

En el punto de funcionamiento de velocidad mínima (A), se permite que la potencia de carga aumente hasta el punto 1 (véase la Figura 8a). A medida que la carga aumenta, el motor se acelera hasta que alcanza su punto 2 de máxima velocidad de funcionamiento. En este modo de funcionamiento de velocidad constante, se permite entonces que la potencia de carga aumente hasta que se alcanza el régimen máximo de potencia del motor.

El uso del convertidor de desacople controlable entre el generador y la salida DC intermedia del sistema proporciona la oportunidad de controlar la carga en el motor en la región de velocidad variable entre los puntos 1 y 2 según la curva deseada, incluyendo los límites en los puntos de funcionamiento de velocidad mínima y máxima A y B. El control se efectúa controlando la corriente que fluye desde el generador según una curva característica de la corriente de referencia deseada. La Figura 8c muestra la característica voltaje/velocidad, substancialmente lineal, de un generador de imán permanente. Dado que la potencia de carga del generador se representada mediante el producto del voltaje DC rectificado del generador y de la salida de corriente DC, resulta que con la característica de voltaje como un dato, puede calcularse la curva de corriente de referencia para producir una potencia de carga que igualaría la curva de potencia deseada entre los puntos 1 y 2 en la Figura 8a.

En la Figura 8b, la línea superior representa la

corriente que, cuando se multiplica por el voltaje que se muestra en la Figura 8c, produce la curva característica de potencia máxima del motor que se muestra mediante la línea superior en la Figura 8a. La corriente es proporcional al par del motor. De forma similar, la línea inferior en la Figura 8b representa la corriente requerida para producir la característica potencia de carga representada por la línea inferior en la Figura 8a. Puede señalarse como, en el modo de mínima velocidad de funcionamiento, se permite que la corriente del generador aumente hasta el punto 1. Entre los puntos 1 y 2, la corriente del generador es controlada de manera que se produce la característica de potencia deseada. En el modo de máxima velocidad de funcionamiento constante en el punto B, de nuevo se permite que la corriente aumente hasta el punto 3, representando la corriente que junto con el voltaje correspondiente en la Figura 8c produce el régimen de potencia máxima del motor (correspondiente al punto 3 en la Figura 8a).

Las Figuras 9a a 9c muestran el voltaje, corriente y velocidad, respectivamente, del generador como una función de la potencia de carga. Las curvas de las Figuras 9a y 9c son similares debido a las características lineales voltaje/velocidad del generador de imán permanente. En el modo de velocidad constante, el voltaje permanece constante. A medida que la carga aumenta y supera el valor en el punto A, la velocidad del motor es obligada a aumentar entre los puntos 1 y 2 de manera que el motor puede hacer frente a la carga aumentada. El punto B representa la velocidad constante máxima, de manera que la velocidad y el voltaje permanecen constante entre los puntos 2 y 3.

En la Figura 9b, se muestra la corriente de salida del generador que se requiere para producir las características requeridas de velocidad/potencia de carga. Se deja que la corriente de carga aumente linealmente hasta el punto 1. Entre los puntos 1 y 2, la corriente se controla como se muestra de manera que se obtiene la deseada característica velocidad/potencia. Cuando la carga aumenta adicionalmente, una vez más se deja que la corriente de carga aumente en el modo de funcionamiento de velocidad constante hasta que se alcanza en el punto 3 el régimen de potencia máxima del motor.

Las anteriores figuras muestran un esquema de control relativamente sencillo para optimizar el funcionamiento de un motor según sus características de comportamiento tales como potencia frente a velocidad, factores de reducción de la potencia, etc. La velocidad del motor varía entre una velocidad de funcionamiento mínimo y una velocidad de funcionamiento máximo de manera que su carga seguirá una curva óptima de potencia/velocidad que es determinada a partir de curvas de comportamiento del motor, permitiendo siempre alguna reserva de capacidad para acelerar cuando la carga es aumentada.

Con la característica potencia/velocidad del motor como un dato y teniendo en cuenta el hecho de que el voltaje de salida de un generador de imán permanente varía linealmente con la velocidad, un control relativamente sencillo de la co-

rriente según la curva característica (Figuras 8b y 9b) asegurará que el motor funciona en condiciones óptimas a medida que la carga varía con el tiempo y la velocidad del motor es obligada a variar según la relación potencia/velocidad mostrada en las Figuras 8a y 9a.

En un simplificado esquema de control, la corriente se puede regular, simplemente, quedando constante mientras el motor funciona en su región de funcionamiento de velocidad variable. En este caso, la curva corriente/velocidad en la Figura 8b será una línea horizontal sencilla entre los puntos uno y dos, mientras que la curva potencia/velocidad en la Figura 9a seguirá la curva de voltaje en la Figura 9c. Si la característica potencia/velocidad del motor se desvía sustancialmente de la línea recta, se apreciará que el motor funcionará, a veces, en un estado de carga por debajo de lo óptimo, aunque la velocidad varíe como una función de la carga. Sin embargo, en muchos casos un esquema de control simplificado de este tipo puede ser perfectamente aceptable.

La Figura 10 muestra una variación del bucle de control usado en la disposición de la Figura 1, lo cual se requiere en casos en que la característica voltaje de la fuente de potencia no sea lineal como se muestra en las Figuras 8 y 9. Un sensor de velocidad 120 genera una señal de salida de la velocidad Va2 que es suministrada a un generador de función de potencia 122 que genera una señal de salida correspondiente a la señal de salida P representativa de la potencia de salida de la fuente 10 (es decir, la característica potencia frente a velocidad del motor que acciona un generador). Esta señal, junto con la señal V_2 del sensor de voltaje 20, se aplica a un circuito divisor 124 que genera la señal de corriente de referencia Iref2 que se suministra al circuito de medida y control 16. El divisor 124 divide eficazmente la curva característica de potencia/velocidad P por la señal de voltaje V_2 en tiempo real para proporcionar el convertidor DC a DC con una señal de referencia de corriente modificada que producirá una curva de potencia de referencia deseada correspondiente a la Figura 9a.

De forma similar, en la Figura 11, el esquema de control de la corriente de la Figura 2 es modificado alimentando la salida Va2 del sensor de velocidad 120 en un generador de función de potencia 122, cuya salida P es dividida por la señal de voltaje V_2 en el circuito divisor 124 para generar una señal de referencia de corriente modificada Iref2x para producir la curva de potencia de referencia deseada.

Las Figuras 12, 13 y 14 muestran circuitos que pueden ser usados para realzar el funcionamiento del aparato descrito. En la Figura 12, se proporcionan un sensor de temperatura atmosférico 128 y un sensor de presión atmosférico 130, cuyas salidas son alimentadas a circuitos generadores de función respectivos 132 y 134. El sensor de temperatura 128 controla la temperatura del aire a medida que entra en el motor, y la señal de salida Kderl del generador de función 132 es proporcional a la característica de reducción de potencia del motor para funcionamiento a alta temperatura ambiente. De forma similar, el sensor de presión 130 controla la presión de aire en

la entrada de aire del motor y proporciona una señal de presión al generador de función de la presión ambiental 134 que produce una señal de salida Ader1 proporcional a la característica reducción de potencia del motor para funcionar a gran altitud. Se produce una señal de referencia de par T mediante un generador de función de par 136 desde una señal de velocidad del motor Va2 proporcionada por un sensor de velocidad del motor 120, y las tres señales se suman en un bloque integrador 138 para producir una referencia de corriente de salida Lref2 proporcional a la característica par/velocidad del motor que se ha reducido en potencia para las condiciones del sitio que se desvían de las condiciones de referencia estándares.

En la Figura 13, se usa un sensor de temperatura 148 para proporcionar una señal de temperatura de escape Kex1 que se compara en un controlador de carga de temperatura de escape 140 con una señal característica temperatura/velocidad-carga de escape del motor Kex2 generada por un generador de función de temperatura de escape 142 a partir de la señal de la velocidad del motor Va2. El controlador de temperatura de escape 140 genera una señal de salida Kex3 relacionada con la desviación de la temperatura real de escape de la señal de referencia. Esta señal error Kex3 se suma con la salida T del generador de función de par/velocidad del motor 136 en el bloque integrador 138 para generar una señal de referencia de corriente corregida Lref2.

La temperatura de escape es un parámetro que es proporcional a la temperatura ambiente, presión en toneladas (una medida de la altitud) y el estado general de puesta a punto del motor y de la calidad del combustible utilizado. Por lo tanto, simplemente controlando la temperatura de escape del motor y corrigiendo las variaciones que haya respecto a la señal de referencia de la temperatura de escape, puede reducirse convenientemente la potencia del motor aumentando su velocidad para una demanda de potencia de carga determinada para compensar condiciones tales como mala calidad del combustible, alta temperatura ambiente, gran altitud, o mala puesta a punto del motor.

En la Figura 14, la disposición de la Figura 13 es extendida para generar una segunda salida Kex4 en el generador de función 142 que se compara con la temperatura de escape real Kex1 en un segundo controlador de temperatura de escape 144, que genera una señal de error Kex5. Una señal de referencia de velocidad máxima se suma con la señal de error Kex5 en un segundo bloque integrador 146 para producir una señal de referencia de velocidad de salida para el circuito de control de velocidad del motor. Esto añade un bucle de control adicional, que controla la velocidad del motor según el error de temperatura de escape.

La señal de referencia de par motor mos-

trada en las Figuras 12, 13 y 14 puede ser reemplazada con la señal de corriente modificada Lref2 representativa de la característica potencia/velocidad del motor de la Figura 10. También puede señalarse que las técnicas de reducción de potencia descritas anteriormente con referencia a las Figuras 12, 13 y 14 son aplicables a ambos esquemas de control de voltaje y corriente anteriormente descritos de funcionamiento del aparato.

Con referencia ahora a la Figura 15, se muestra una fuente eléctrica alternativa, que comprende un apilamiento de pilas de combustible 150 en lugar del motor/generador anteriormente descrito. Donde se precise, se usan similares números de referencia a los usados en la Figura 1. Conceptualmente, la disposición de la Figura 15 es muy similar a la de un motor diesel que acciona un generador bajo el esquema de control de voltaje de la Figura 1. El convertidor 12 de DC a DC de desacople es controlado por su circuito de control dedicado 16, que utiliza dos entradas de referencia, a saber, una referencia de voltaje V_{1xref} que establece el valor de VDC de la salida DC intermedia y una señal de referencia de corriente I_{2ref}, una señal de referencia de corriente que es modificada para equiparar la característica de comportamiento de la pila de combustible. Hay dos señales de retroalimentación, a saber, I₂ (representativa de la salida de corriente de la pila de combustible o de la corriente de entrada al convertidor) y V₁ (voltaje en la salida DC intermedia).

El convertidor 12 de DC a DC funciona de una manera similar a la disposición de la Figura 1. Un controlador de potencia principal 152 controla el voltaje VDC de la salida DC intermedia. Cuando este voltaje cae por debajo del voltaje de referencia V_{1xref}, el controlador 152 genera una señal de referencia de potencia P que activa el controlador de la pila de combustible principal 24. Éste es un controlador más complejo, con el mapa de comportamiento de la pila de combustible programado en su software de control. Controla el voltaje V₂ y corriente I₂ de salida de la pila de combustible y genera una señal I_{2ref} de referencia de corriente que, mediante el convertidor DC a DC y su controlador, regula el suministro de potencia de la salida DC intermedia según su característica de comportamiento optimizada y la señal de demanda de potencia pref. Del controlador principal de transmisión de potencia 152. Simultáneamente, el principal controlador de pila de combustible 24 genera dos adicionales señales de salida, a saber, las señales Vol_{ref} de Oxígeno y Presión_{ref} de combustible. El caudal de oxígeno/aire y la presión de combustible de los parámetros que regulan las entradas no eléctricas de la pila de combustible y, en consecuencia, la potencia de salida. La regulación de la presión de combustible y del caudal de oxígeno permite a la pila de combustible funcionar eficazmente con cargas parciales o cargas que varían con el tiempo.

REIVINDICACIONES

1. Aparato de suministro de energía que comprende:

al menos una fuente controlable dispuesta para proporcionar un voltaje y/o salida de corriente eléctrica variables;

medio convertidor de desacople para generar una salida DC intermedia a partir del voltaje y/o salida de corriente eléctrica variables de dicha, al menos una, fuente controlable que sea sustancialmente independiente de las variaciones en la salida eléctrica de la fuente;

medio de salida para generar una salida AC o DC para suministrar una carga que varía con el tiempo a partir de la salida DC intermedia;

medio sensor para controlar el voltaje y/o corriente de dicha, al menos una, fuente controlable, para variar dinámicamente la salida de la potencia de la fuente y suministrar, de ese modo, la potencia requerida por la carga que varía con el tiempo.

2. Aparato de suministro de energía según la reivindicación 1, en donde la fuente controlable comprende una pila de combustible, un generador hidroeléctrico, una turbina de viento, una turbina/generador de gas o cualquier otro dispositivo que genere una salida eléctrica desde una entrada no eléctrica.

3. Aparato de suministro de energía según la reivindicación 1, en donde la fuente controlable comprende un motor y un generador que proporciona una salida de voltaje variable al medio convertidor de desacople.

4. Aparato de suministro de energía según la reivindicación 3, en donde el generador es un generador AC que proporciona un voltaje variable, salida AC de frecuencia variable para el medio convertidor de desacople, incluyendo el aparato un medio rectificador para rectificar la salida AC del generador y comprendiendo el medio convertidor de desacople un convertidor DC a DC para convertir la salida AC rectificada a una salida DC intermedia que tiene un voltaje que es controlado con respecto a un voltaje de referencia.

5. Aparato de suministro de energía según la reivindicación 4, en donde el medio de control incluye un medio sensor dispuesto para controlar la carga de la salida DC intermedia del medio convertidor y/o fuente controlable, y aumentar la velocidad del motor cuando la carga supera un valor predeterminado.

6. Aparato de suministro de energía según la reivindicación 5, en donde el medio de control funciona para mantener la corriente que fluye de la fuente controlable a un nivel predeterminado o dentro de un intervalo predeterminado, comprendiendo el medio sensor un sensor de voltaje dispuesto para controlar el voltaje de salida en la salida DC intermedia del medio convertidor, y aumentar la velocidad del motor para aumentar la potencia suministrada al medio convertidor

cuando el voltaje de la salida DC intermedia cae por debajo de un primer umbral de voltaje.

7. Aparato de suministro de energía según la reivindicación 5, en donde el medio de control funciona para mantener el voltaje de la salida DC intermedia sustancialmente constante, comprendiendo el medio sensor un sensor de corriente dispuesto para controlar la corriente que fluye de la fuente controlable y aumentar la velocidad del motor para aumentar la potencia suministrada al medio convertidor cuando la corriente que fluye desde la fuente controlable supera un primer umbral de corriente.

8. Aparato de suministro de energía según la reivindicación 6 o la reivindicación 7, que incluye al menos un primer medio de almacenamiento de energía dispuesto para ser cargado desde la salida DC intermedia y descargar energía en la salida DC intermedia cuando el voltaje de la salida DC intermedia cae por debajo de un valor nominal.

9. Aparato de suministro de energía según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que incluye medio de control de carga auxiliares dispuestos para detectar la conexión de una carga auxiliar onerosa al medio de salida y controlar el suministro de energía a la carga auxiliar, para impedir de ese modo la excesiva carga del medio de salida.

10. Aparato de suministro de energía según la reivindicación 8, que incluye al menos segundo medio de almacenamiento de energía, un circuito de carga dispuesto para cargar el segundo medio de almacenamiento de energía a partir de la salida DC intermedia en paralelo con el primer medio de almacenamiento de energía cuando el voltaje de salida DC intermedia cae por debajo de un segundo umbral de voltaje por debajo del primer umbral de voltaje.

11. Aparato de suministro de energía según la reivindicación 10, que incluye tercer medio de almacenamiento de energía, un circuito de carga dispuesto para cargar el tercer medio de almacenamiento de energía desde una fuente eléctrica, y medio convertidor auxiliar dispuesto para descargar el tercer medio de almacenamiento de energía en paralelo con el primero y segundo medio de almacenamiento de energía después de que el segundo medio de almacenamiento de energía se ha descargado al menos parcialmente.

12. Aparato de suministro de energía según la reivindicación 11, en donde el primero y el segundo dispositivos de almacenamiento de energía son condensadores y el tercer dispositivo de almacenamiento de energía es una batería.

13. Aparato de suministro de energía según una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, que incluye un sensor de velocidad para controlar la velocidad del motor/generador y para generar una señal de salida de velocidad relacionada con ella, y un medio generador de función para generar una señal de energía de la señal de salida de la velocidad, siendo la señal de energía representativa de una característica potencia/velocidad del motor y siendo utilizada por el medio de control para optimizar el funcionamiento del motor.

14. Aparato de suministro de energía según la reivindicación 13, que incluye sensores de presión y de temperatura ambientes para controlar la

presión y temperatura ambientes y para generar señales de salida respectivas de presión y temperatura y que incluye adicionalmente respectivos generadores de función de presión y temperatura para generar salidas que comprenden características de reducción de la potencia del motor para compensar las variaciones en presión y temperatura de funcionamiento ambiente.

15. Aparato de suministro de energía según la reivindicación 13, que incluye un sensor de temperatura de escape dispuesto para controlar la tem-

peratura de escape del motor y generar una señal de salida de la temperatura de escape, un generador de función de temperatura de escape para generar una señal característica de temperatura de escape/velocidad-carga a partir de la señal de salida de la velocidad y un controlador para generar una señal de error de la diferencia entre la señal de salida de la temperatura de escape y la señal característica temperatura de escape/velocidad-carga para compensar, de ese modo, los factores que afectan a la temperatura de escape del motor.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

NOTA INFORMATIVA: Conforme a la reserva del art. 167.2 del Convenio de Patentes Europeas (CPE) y a la Disposición Transitoria del RD 2424/1986, de 10 de octubre, relativo a la aplicación del Convenio de Patente Europea, las patentes europeas que designen a España y solicitadas antes del 7-10-1992, no producirán ningún efecto en España en la medida en que confieran protección a productos químicos y farmacéuticos como tales.

Esta información no prejuzga que la patente esté o no incluida en la mencionada reserva.

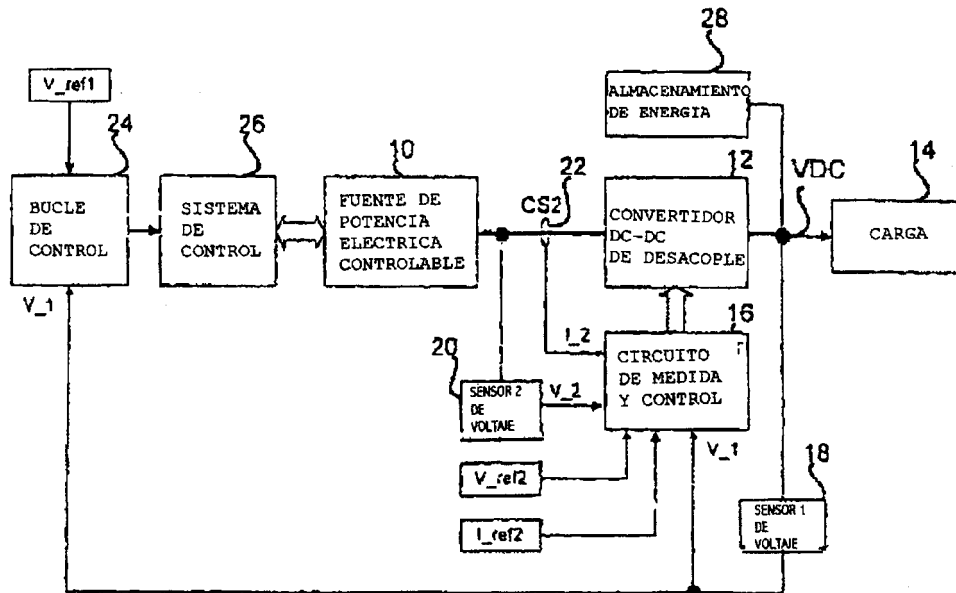


Fig. 1

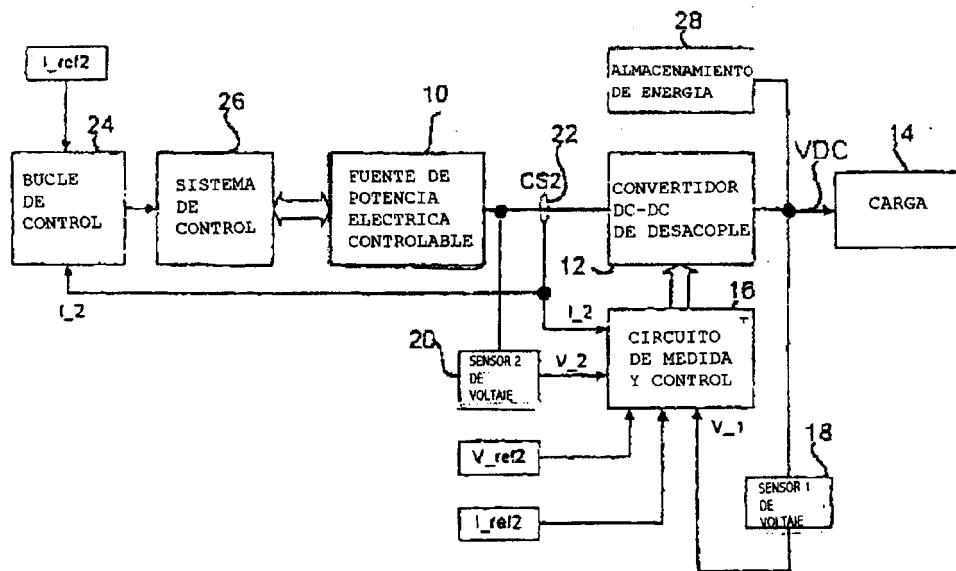


Fig. 2

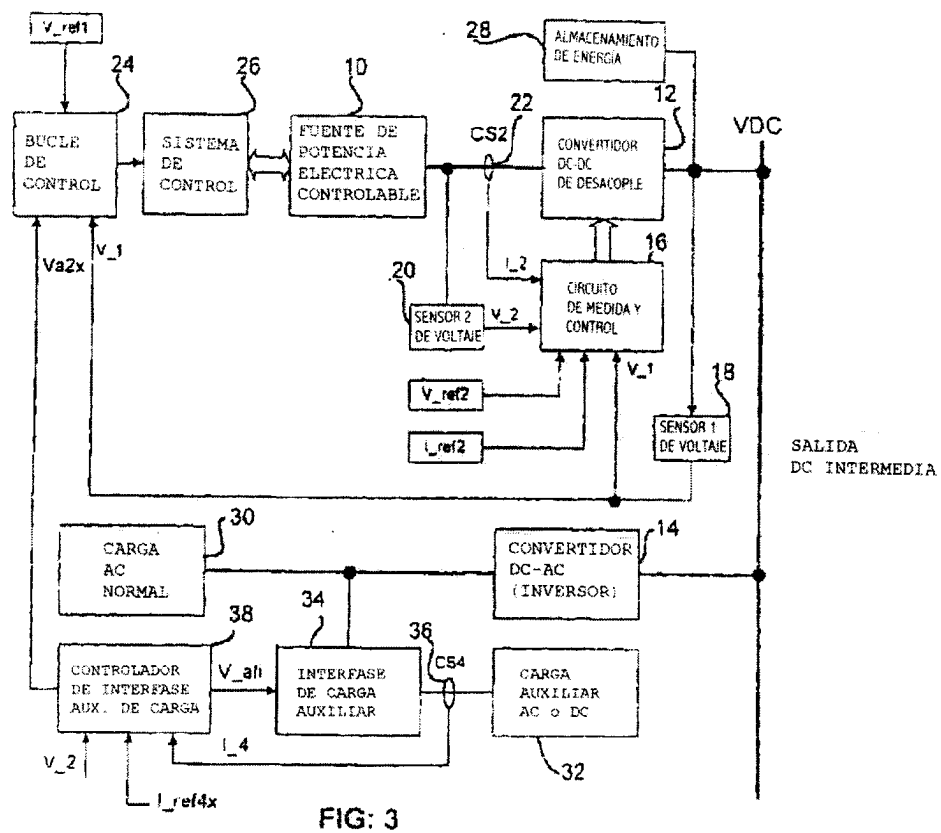


FIG: 3

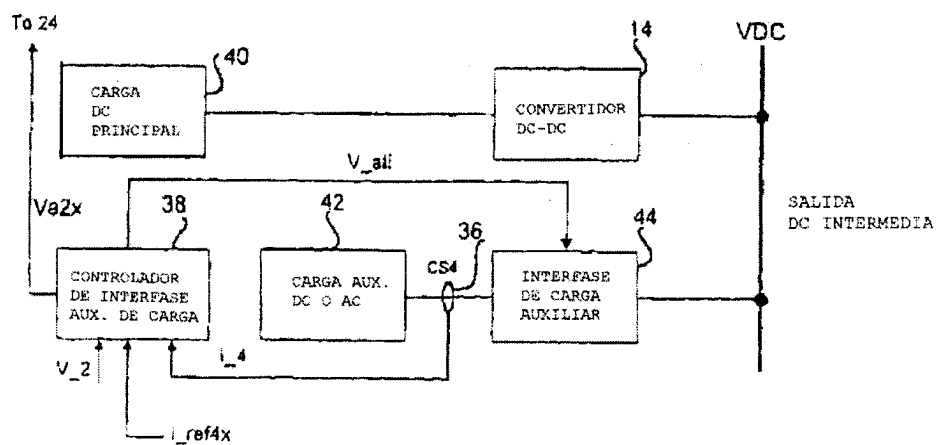


FIG: 4

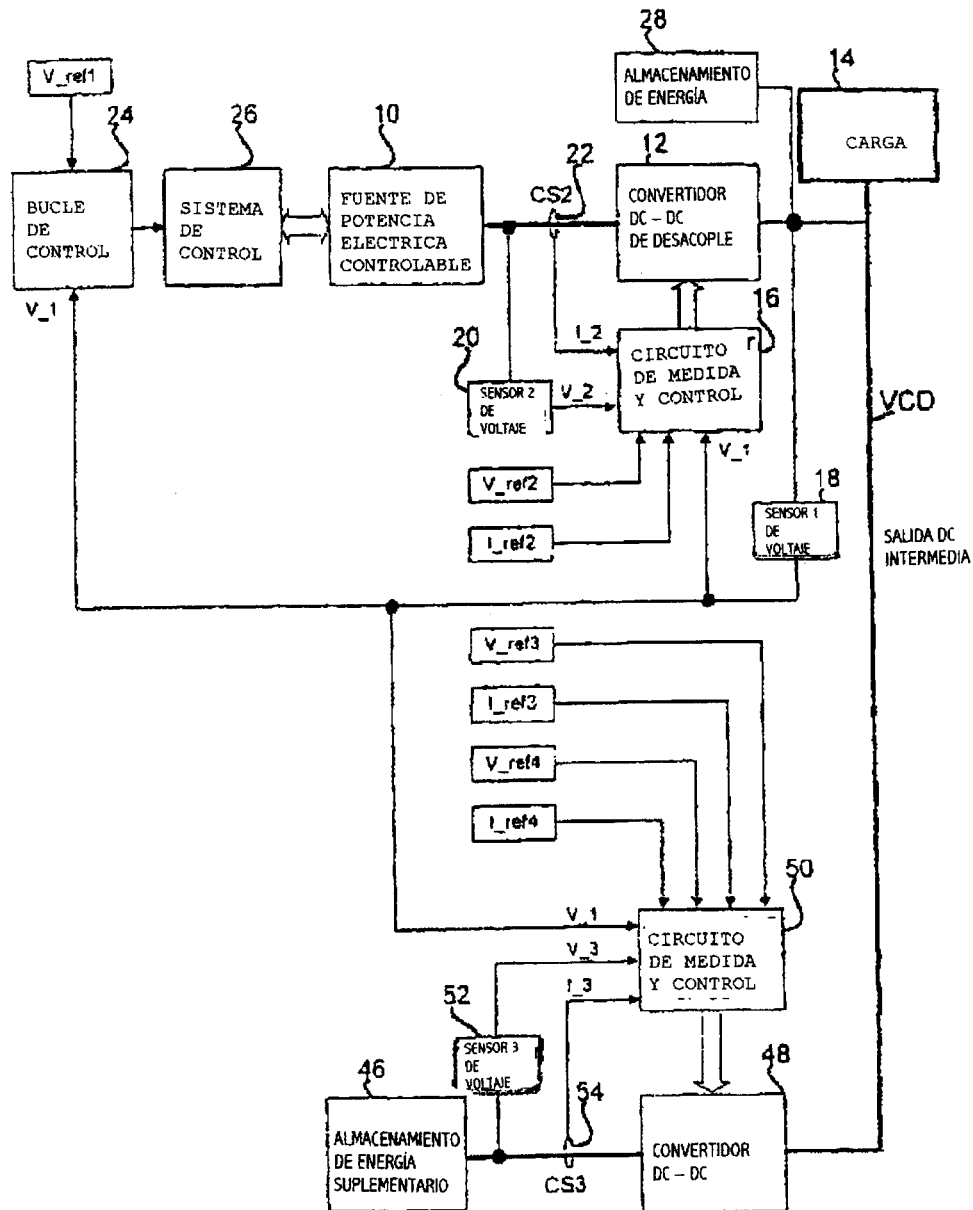


Fig. 5

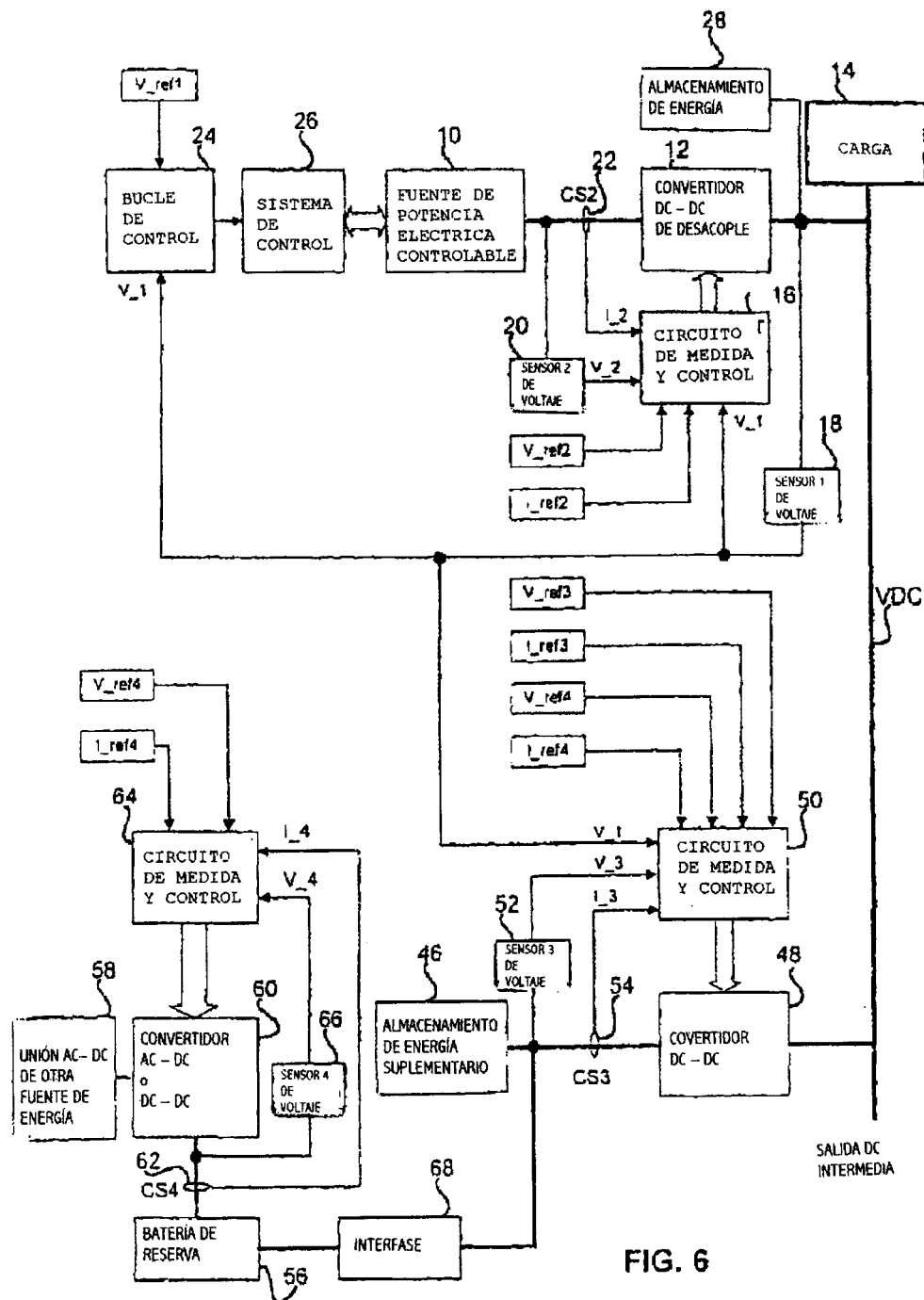


FIG. 6

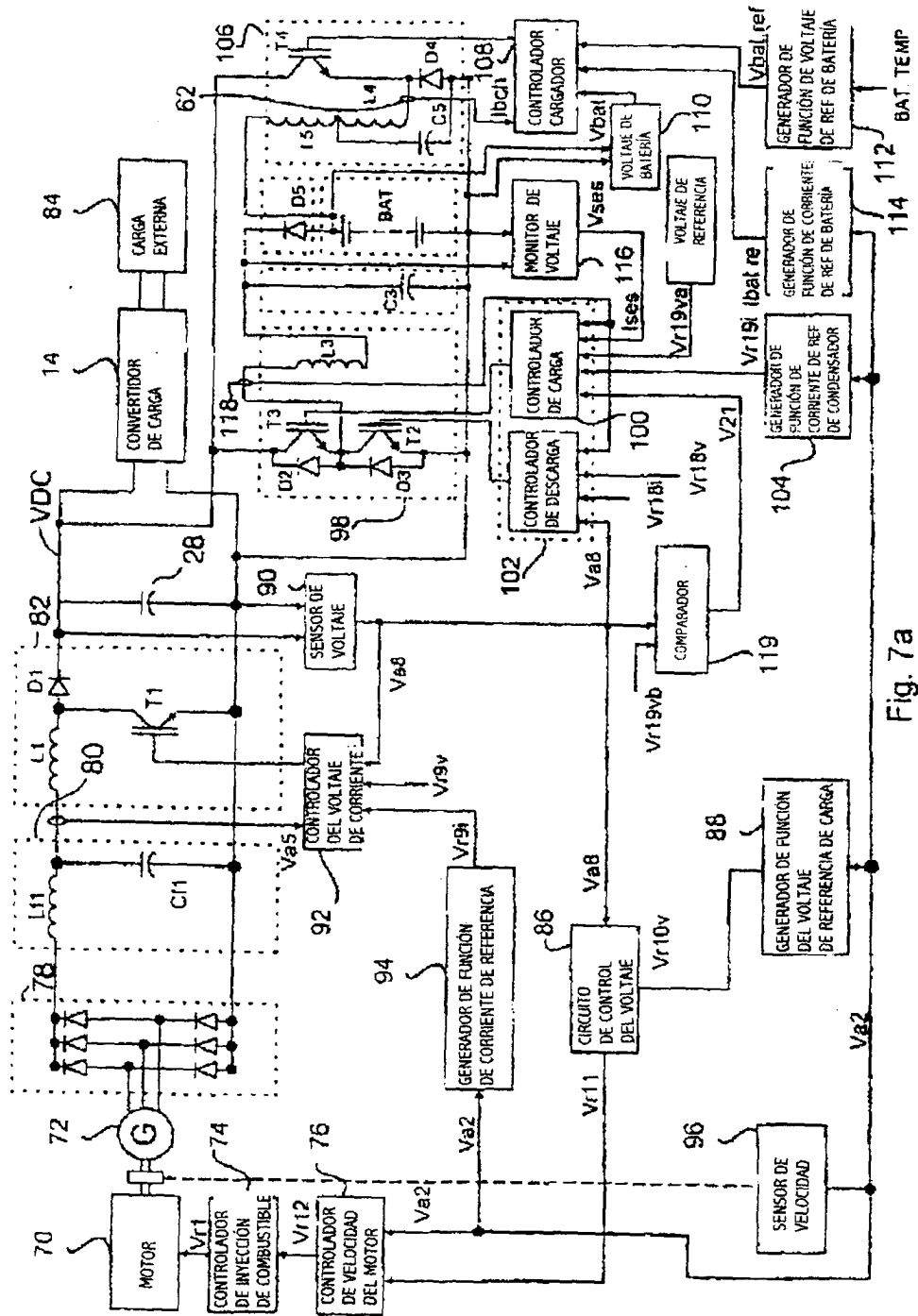


Fig. 7a

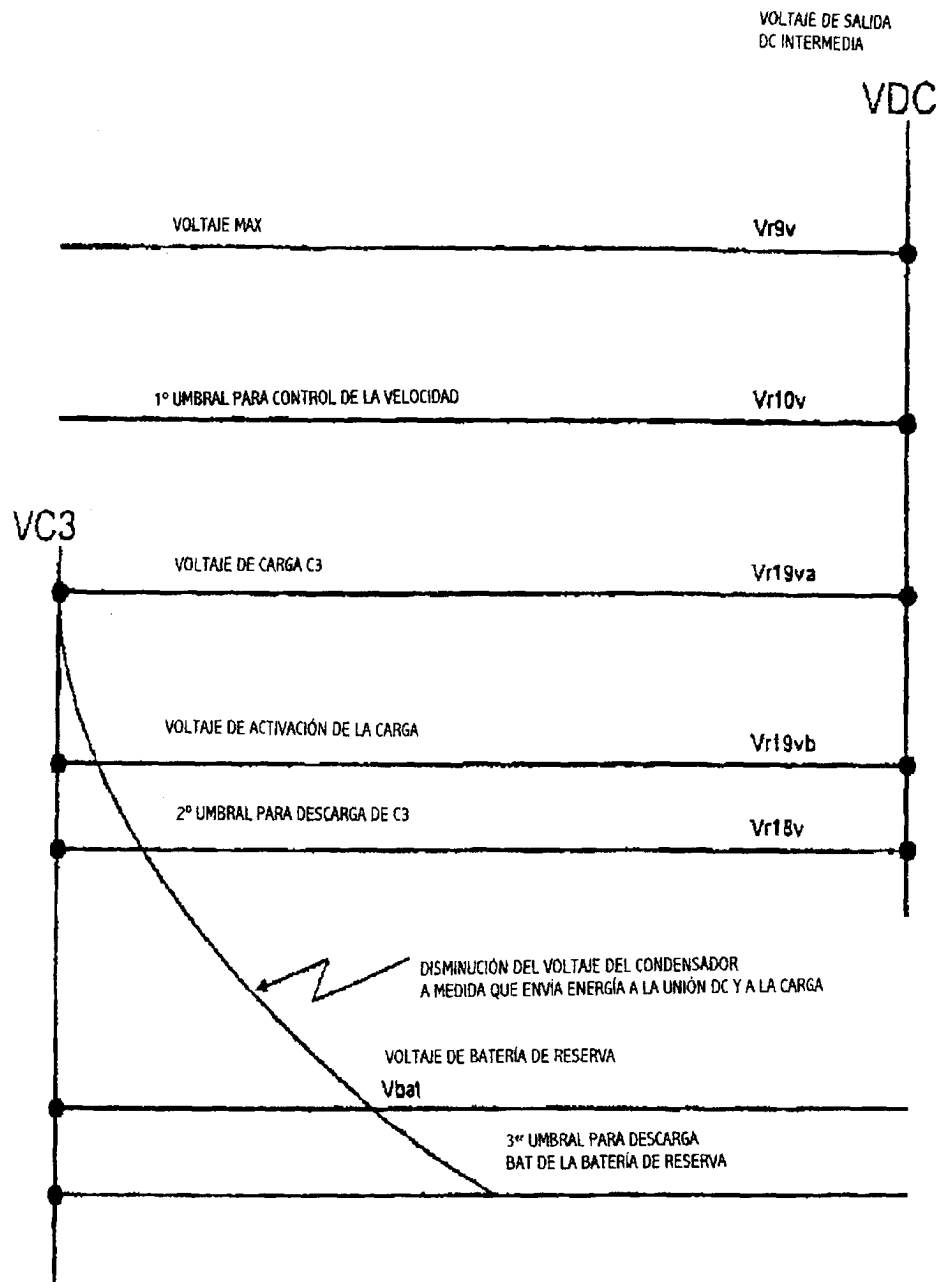


FIG. 7b

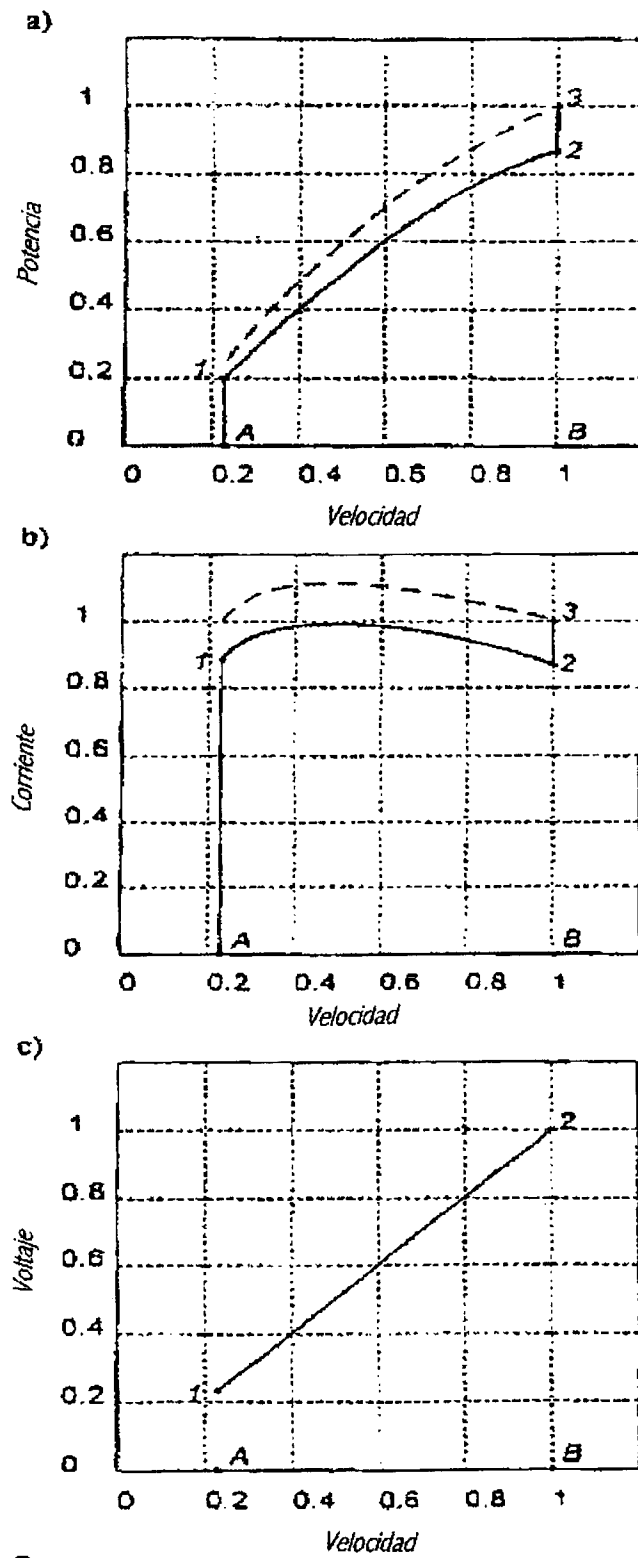


Figura 8.

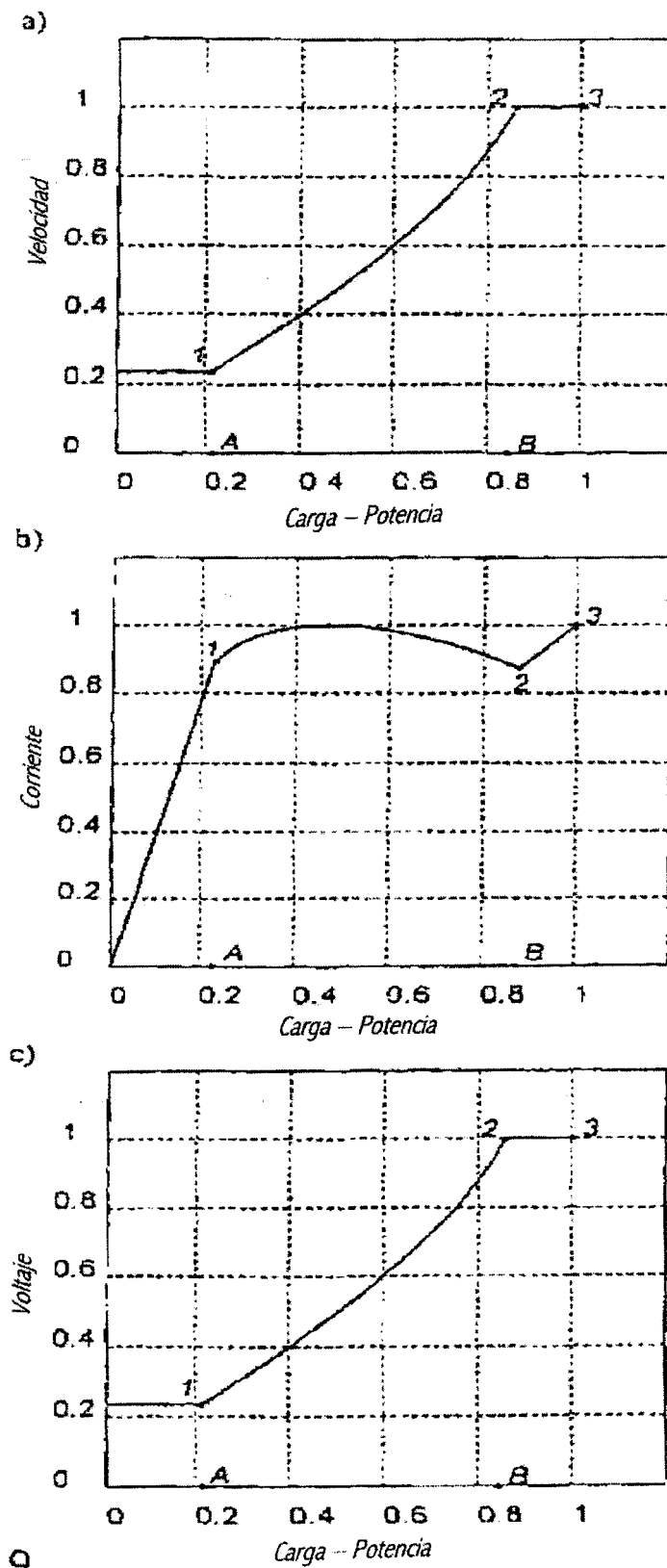


Figura 9.

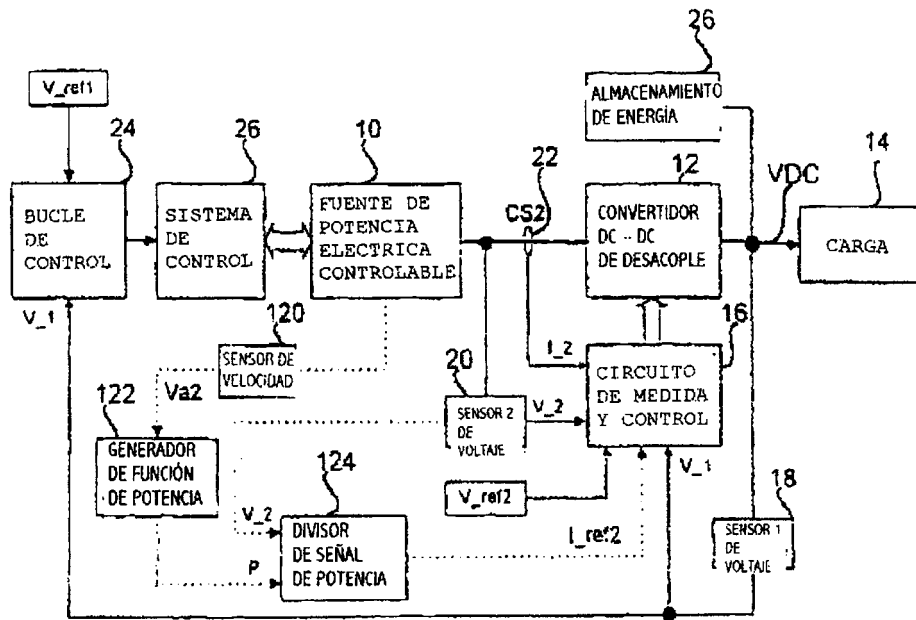


Fig. 10

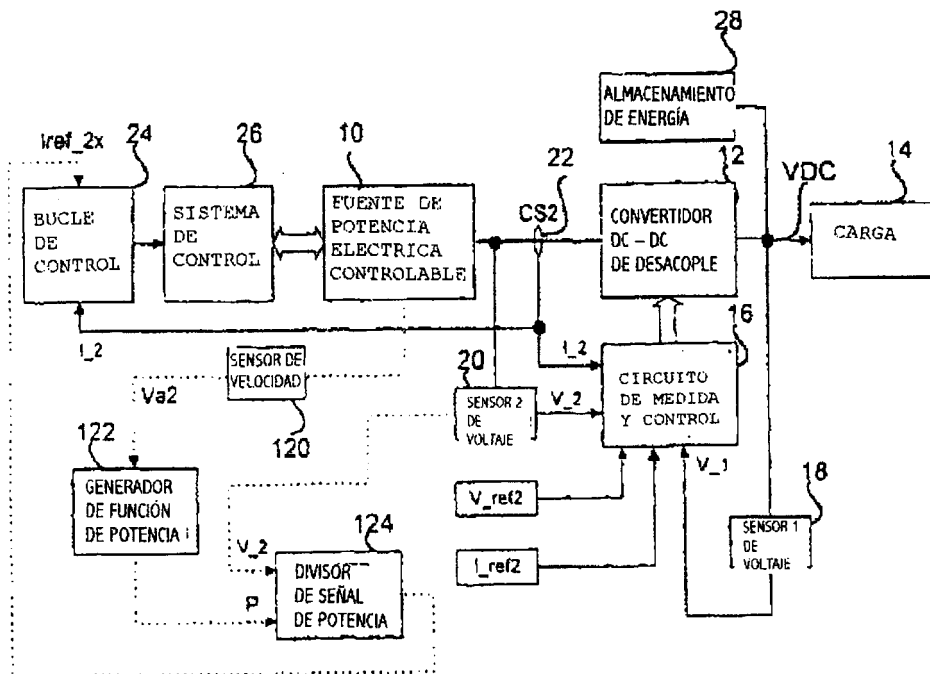
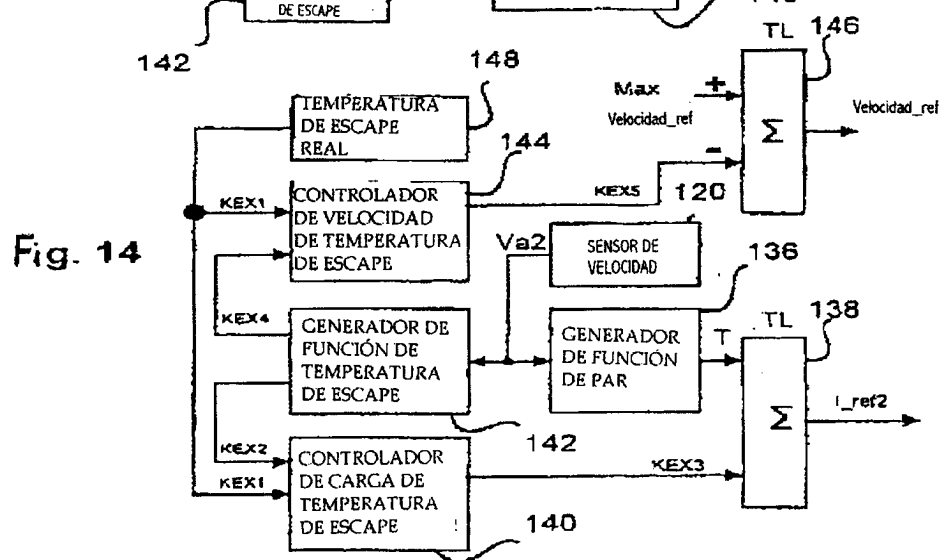
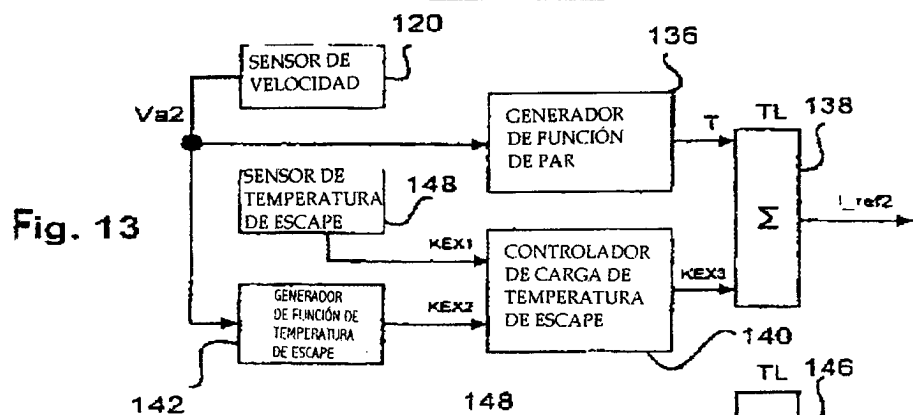
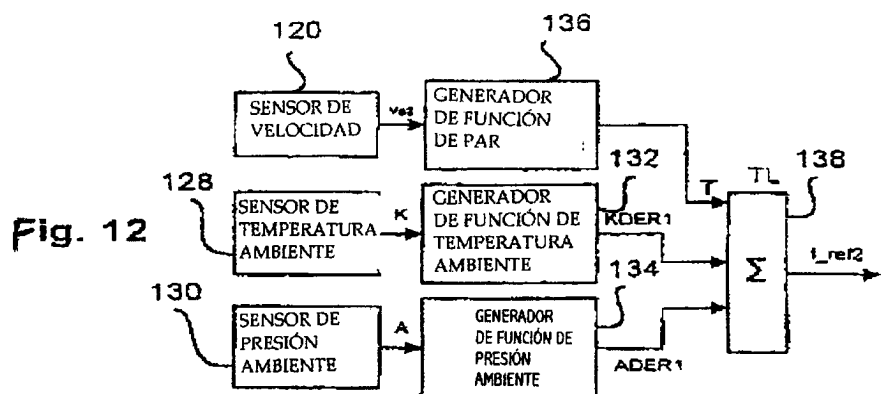


Fig. 11



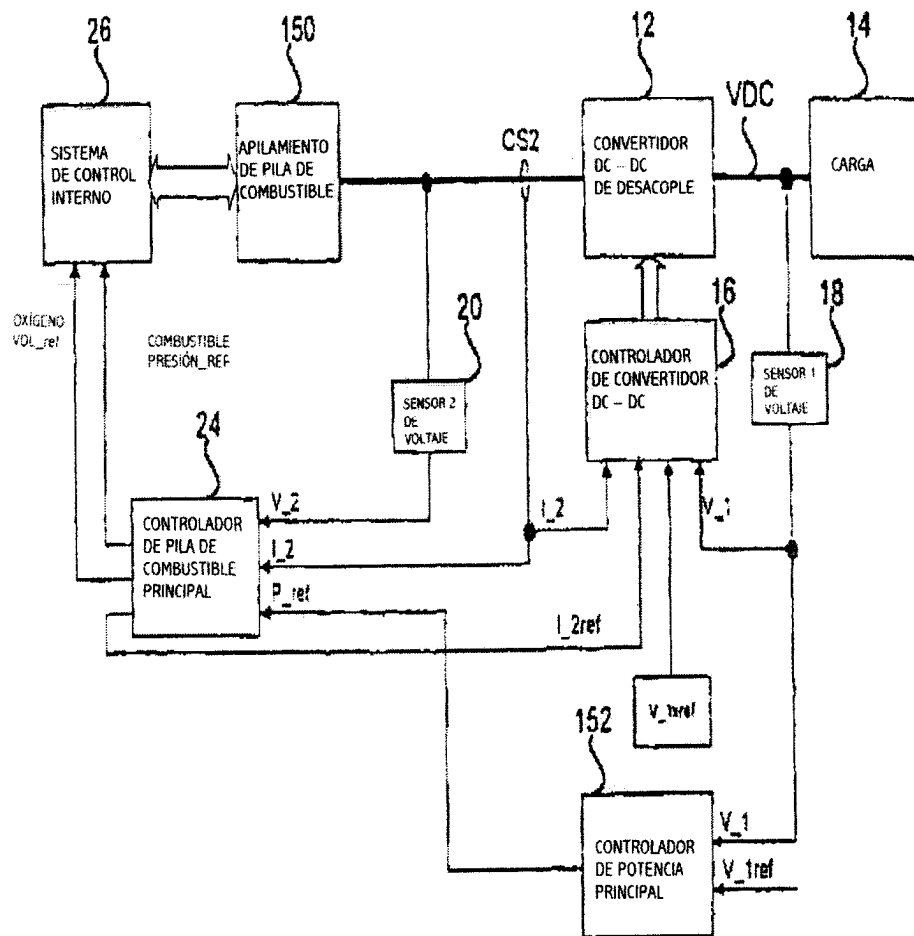


FIG. 15