



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 348 561**

(51) Int. Cl.:
H02P 9/04 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **07425295 .8**

(96) Fecha de presentación : **21.05.2007**

(97) Número de publicación de la solicitud: **1995867**

(97) Fecha de publicación de la solicitud: **26.11.2008**

(54) Título: **Dispositivo y método de control de una planta de producción de energía eléctrica de turbina de gas.**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
09.12.2010

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
09.12.2010

(73) Titular/es: **ANSALDO ENERGIA S.p.A.**
Via Nicola Lorenzi 8
16152 Genova, IT

(72) Inventor/es: **Barisione, Mario y**
Ferrera, Flavio

(74) Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 348 561 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

La presente invención se refiere a un dispositivo y método de control de una planta de producción de energía eléctrica de turbina de gas.

Específicamente, la presente invención se refiere a un dispositivo y método de control de una planta de producción de energía eléctrica de turbina de gas conectada a una red que trabaja en condiciones de perturbación.

Como es conocido, las plantas de producción de energía eléctrica de turbina de gas incluyen normalmente un conjunto motor (conjunto turbo), al que pertenecen un compresor de etapa de geometría variable, una cámara de combustión, una turbina de gas y un generador, conectados mecánicamente al mismo eje de turbina y compresor y conectados a una red de distribución eléctrica a través de un interruptor principal.

Las plantas de turbogas también están equipadas con dispositivos de control, que implementan las varias operaciones necesarias para la correcta operación de la planta y para cumplir los requisitos estándar relacionados con las prestaciones de las plantas en términos de seguridad, estabilidad y capacidad de responder a variaciones de la demanda de potencia de la red de distribución.

Normalmente, cuando está conectada a la red eléctrica, la planta produce potencia eléctrica a una frecuencia que se mantiene estable por dispositivos de control alrededor de un valor de frecuencia dado, denominado frecuencia nominal (50-60 Hz).

De hecho, los dispositivos de control conocidos realizan la denominada regulación primaria, que estabiliza la frecuencia de la planta generando una variación en el suministro de carburante a la cámara de combustión según la diferencia entre la frecuencia nominal y la frecuencia

de la planta. La regulación primaria implementa generalmente un control lógico proporcional. Un ejemplo de este tipo de dispositivos de control se describe en EP-A-0858153. Sin embargo, la regulación primaria no siempre
5 es suficiente para garantizar la estabilidad de frecuencia de la potencia eléctrica distribuida.

La planta está conectada generalmente a una red incluyendo una pluralidad de plantas de producción de energía eléctrica y cargas, organizadas en una estructura
10 de red. En condiciones ordinarias, todas las plantas conectadas a la red participan en la regulación de frecuencia, que es estable y está sometida solamente a modestas fluctuaciones. Según las diversas necesidades operativas, las porciones de la red, incluyendo una o más plantas,
15 pueden estar selectivamente aisladas, por ejemplo, para evitar la propagación de posibles fallos.

Sin embargo, las principales variaciones de frecuencia que la regulación primaria no puede compensar, pueden tener lugar en una planta aislada, especialmente porque
20 el aislamiento de la planta implica intrínsecamente evidentes desequilibrios entre la potencia distribuida por la planta y la potencia consumida por las cargas. Específicamente, los dispositivos de control conocidos no siempre son capaces de restablecer una condición de equilibrio
25 (potencia distribuida = potencia consumida) y así llegar de nuevo al valor de frecuencia nominal, especialmente cuando se producen desequilibrios altos, rápidos, de potencia y frecuencia. De hecho, la dinámica de respuesta de los dispositivos de control conocidos no es
30 suficientemente rápida para evitar que llegue a los límites de funcionamiento de la planta, lo que da lugar a la desconexión automática de la red.

Un objeto de la presente invención es hacer un dispositivo de control que carezca de los inconvenientes de
35 la técnica conocida aquí descritos; específicamente, un

objeto de la invención es hacer un dispositivo de control capaz de responder a rápidas variaciones de frecuencia de la red y a los repentinos desequilibrios de potencia con el fin de evitar la desconexión de la planta de la red y
5 con el fin de restablecer una situación de equilibrio en la planta aislada.

Según tales objetos, la presente invención se refiere a un dispositivo y método de control de una planta de producción de energía eléctrica de turbina de gas como
10 los reivindicados en las reivindicaciones 1 y 11, respectivamente.

Otras características y ventajas de la presente invención serán evidentes en la descripción siguiente de un ejemplo no limitativo de realización de la misma, con referencia a las figuras de los dibujos acompañantes, en
15 los que:

La figura 1 es un diagrama de bloques simplificado de una planta de producción de energía eléctrica incluyendo un dispositivo de control según la presente invención.
20 ción.

La figura 2 es un diagrama de bloques de un detalle del dispositivo de control incorporado en la planta en la figura 1.

La figura 1 representa una planta de turbina de gas
25 1 para la producción de energía eléctrica. La planta 1 se puede conectar selectivamente a una red de distribución 2 a través de un interruptor principal 3 e incluye un conjunto turbo 5, un generador 6, un módulo de detección 7, un dispositivo de control 8 y un módulo de selección de
30 valor de referencia 9.

El conjunto turbo 5 es del tipo convencional e incluye un compresor 10, una cámara de combustión 11 y una turbina de gas 12. La cámara de combustión 11 recibe el carburante a través de una válvula de alimentación 13.

35 El generador 6 está conectado mecánicamente al mismo

eje que la turbina 12 y el compresor 10 y es movido rotacionalmente a la misma velocidad de rotación angular ω de la turbina 12 y el compresor 10. El generador 6 transforma la potencia mecánica suministrada por la turbina 12 en
5 potencia eléctrica activa, a continuación denominada simplemente potencia distribuida P y la pone a disposición de la red de distribución 2 a una frecuencia f_1 .

El módulo de detección 7 está en comunicación con una pluralidad de sensores (no representados) de la planta 1 y suministra una serie de parámetros relacionados
10 con la planta 1, tales como la frecuencia de la planta f_1 , la potencia distribuida P , la temperatura de los gases de escape de la turbina 12, etc, al dispositivo de control 8.

El módulo de selección de valor de referencia 9 genera señales de referencia a suministrar al dispositivo de control 8. Específicamente, el módulo de selección de valor de referencia 9 suministra un valor de frecuencia nominal f_N (50-60 Hz) y un valor de potencia establecida
15 P_{SET} al dispositivo de control 8.

El dispositivo de control 8 usa los parámetros del módulo de detección 7 y del módulo de selección de valor de referencia 9 para generar señales de control adaptadas para regular el suministro de carburante a la cámara de
25 combustión 11 y la tasa de flujo del aire alimentado al compresor 10. Específicamente, el dispositivo de control 8 genera una señal de control U_{FV} que es enviada a la válvula 13 para regular el suministro de carburante a la cámara de combustión 11.

El dispositivo de control 8 incluye una pluralidad de módulos de control (no representados en la figura) por medio de los que se controlan las variables de la planta, tales como, por ejemplo, la frecuencia de la planta f_1 , la potencia distribuida P , temperatura de los gases de escape de la turbina 12, etc. Específicamente, el dispo-
35

sitivo de control 8 incluye un módulo de control de potencia 15 y un módulo de control de frecuencia 16 y un módulo limitador 17.

El módulo de control de potencia 15 controla la potencia P distribuida por la planta 1 según un valor de potencia de referencia P_{SETNEW} . Específicamente, el módulo de control de potencia 15 recibe como entrada un valor de potencia distribuida corriente P_{ACT} del módulo de detección 7, y un valor de potencia de referencia P_{SETNEW} , dado por la suma de valor de potencia establecida P_{SET} del módulo de selección de valor de referencia 9 y un valor de corrección de potencia PF_{SET} del módulo de control de frecuencia 16, y genera una señal de control $U_{\Delta P}$ para controlar el valor de alimentación de carburante 13 a la cámara de combustión 11. Preferiblemente, el módulo de control de potencia 15 implementa una lógica de control PID (Proporcional Integral Derivada) en base a un error de potencia, es decir, a la diferencia entre la potencia corriente P_{ACT} y el valor de potencia de referencia P_{SETNEW} ($P_{\text{ACT}} - P_{\text{SETNEW}}$).

El módulo de control de frecuencia 16 recibe como entradas el valor de frecuencia nominal f_N y el valor frecuencia de la planta f_1 , del módulo de detección 7, y genera, en base a un error de frecuencia e_F ($f_1 - f_N$), un valor de corrección de potencia (positivo o negativo) PF_{SET} que se añade al valor de potencia establecida P_{SET} para formar el valor de potencia de referencia P_{SETNEW} y una señal de control U_{STEP} para controlar la válvula de alimentación de carburante 13 a la cámara de combustión 11 que se añade a la señal de control $U_{\Delta P}$ del módulo de control de potencia 15.

El módulo limitador 17 incluye un módulo limitador de potencia 17a y un módulo limitador de gradiente 17b.

El módulo limitador de potencia 17a, considerando los límites físicos de la planta 1, por ejemplo, la tem-

peratura máxima de los gases de escape de la planta, o la tasa de flujo máxima de la turbina, limita el valor de potencia de referencia P_{SETNEW} introducido en el módulo de control de potencia 15. Específicamente, cuando el valor de potencia de referencia P_{SETNEW} excede de un valor umbral dado, el módulo limitador de potencia 17a desactiva el módulo de control de frecuencia 16 con el fin de evitar que el valor de corrección PF_{SETNEW} suba y ponga en peligro la operación de la planta 1.

El módulo limitador de gradiente 17b limita la velocidad de variación de potencia de referencia P_{SETNEW} . Específicamente, el módulo limitador de gradiente 17b calcula la derivada de potencia de referencia P_{SETNEW} ; si la derivada de potencia de referencia P_{SETNEW} excede de un umbral dado, el módulo limitador de gradiente 17b desactiva el módulo de control de frecuencia 16 con el fin de evitar que el valor de corrección PF_{SETNEW} de varíe más hasta que la derivada de potencia de referencia P_{SETNEW} vuelva dentro de los valores admitidos.

Con referencia a la figura 2, el módulo de control de frecuencia 16 incluye un módulo de cálculo de error de frecuencia 18, un módulo de activación 19, un módulo de control primario 20 y un módulo de control de paso 22.

El módulo de cálculo de error de frecuencia 18 calcula el error de frecuencia e_F como la diferencia entre la frecuencia de la planta f_1 y la frecuencia nominal f_N (50-60 Hz). El valor de error de frecuencia e_F es alimentado respectivamente al módulo de control primario 20 y al módulo de control integral 22.

El módulo de activación 19 recibe el valor de frecuencia f_1 de la planta 1 como entrada, lo guarda y calcula su derivada en base al último valor de frecuencia recibido f_1 y de los valores de frecuencia previamente almacenados. En esencia, la derivada de frecuencia f_1 proporciona una indicación de la velocidad de variación

de frecuencia f_1 de planta 1 y así una indicación de la velocidad de variación de frecuencia f_1 con respecto al valor de frecuencia nominal f_N .

El módulo de activación 19 activa el módulo de control de paso 22 si la derivada de frecuencia f_1 excede de un valor umbral dado S , por ejemplo fijada a aproximadamente $\pm 0,1$ Hz/s. Con el fin de evitar que el módulo de control de paso 22 sea activado varias veces en secuencia rápida, la activación del módulo de control de paso 22 por el módulo de activación 19 se inhibe durante intervalos predeterminados, por ejemplo menos de un minuto.

Al mismo tiempo, si la derivada de frecuencia f_1 excede de nuevo del valor umbral S , el módulo de activación 19 desactiva el módulo limitador de gradiente 17b durante un intervalo de tiempo predeterminado, por ejemplo aproximadamente 3-4 s. Como se muestra en detalle más adelante, esto evita que las rápidas variaciones del valor de corrección PF_{SET} determinadas por el módulo de control de paso 22 sean canceladas por la acción limitadora del módulo limitador de gradiente 17b.

El módulo de control primario 20 siempre está activo y proporciona un valor de corrección PF_{SETPR} según el error de frecuencia e_F que se añade al valor de potencia establecida P_{SET} , formando el valor de potencia de referencia P_{SETNEW} como entrada al módulo de control de potencia 15. Por ejemplo, el módulo de control primario 20 es del tipo proporcional. Naturalmente, el módulo de control primario 20 también puede ser implementado según una lógica de control integral o derivada, o su combinación.

El módulo de control de paso 22 envía una señal de control U_{STEP} , concurrente con la señal de control $U_{\Delta P}$ salida del módulo de control de potencia 15, y un valor de corrección de potencia (positivo o negativo) $PF_{SETSTEP}$ que se añade al valor de potencia establecida P_{SET} , formando el valor de potencia de referencia P_{SETNEW} como entrada al

módulo de control de potencia 15.

La acción de control del módulo de control de frecuencia 16 es determinada esencialmente por el módulo de control de paso 22, a pesar de que el módulo de control primario 20 siempre está activo, porque el módulo de control de paso 22 se caracteriza por una acción de control muy rápida que prevalece y cancela esencialmente la del módulo de control primario 20.

Por lo tanto, cuando el módulo de control de paso 22 es activado, es decir, cuando el umbral S es excedido por la derivada de frecuencia de la planta f_1 , el valor de corrección PF_{SET} , que se añade al valor de potencia de referencia P_{SET} , es esencialmente el valor de corrección $PF_{SETSTEP}$ salido del módulo de control de paso 22.

Específicamente, el valor de corrección $PF_{SETSTEP}$ salido del módulo de paso 22 siempre determina un aumento de paso con respecto al valor de corrección PF_{SETPR} enviado por el módulo de control primario 20 que suministró el módulo de control de potencia 15 hasta que se activó el módulo de control de paso 22. Dicho valor de corrección $PF_{SETSTEP}$ salido del módulo de paso 22 es calculado, a partir del error de frecuencia e_F , por medio de una función lineal con saturación, con el fin de limitar los valores positivo máximo y negativo mínimo del valor de corrección de potencia $PF_{SETSTEP}$. En la realización representada en las figuras acompañantes, los valores positivo máximo y negativo mínimo del valor de corrección de potencia $PF_{SETSTEP}$ son iguales a aproximadamente +15 MW y aproximadamente -45 MW.

La señal de control U_{STEP} es una señal de paso que controla la rápida apertura o cierre de la válvula de alimentación de carburante 13 durante un período de tiempo limitado, generalmente unos pocos segundos (por ejemplo aproximadamente 3-4 segundos) variable según la situación. La señal de control U_{STEP} preferiblemente depende

de valor de error de frecuencia e_F y queda afectada por los límites positivo máximo y negativo mínimo del valor de corrección de potencia $PF_{SETSTEP}$.

La señal de control U_{STEP} es concurrente con la señal de control $U_{\Delta P}$. Específicamente, la señal de control U_{STEP} se añade a la señal de control $U_{\Delta P}$ salida del módulo de control de potencia 15. Esencialmente, la señal de control U_{STEP} es prevalente con respecto a la señal de control $U_{\Delta P}$ del módulo de control de potencia 15, lo que significa, en el transitorio posterior a la generación de la señal de control U_{STEP} , que la acción de control en la válvula 13 es determinada principalmente por señal de control U_{STEP} .

La velocidad de variación del valor de corrección de potencia $PF_{SETSTEP}$ salida del módulo de control de paso 22 excede generalmente del límite definido por el gradiente limitador 17b, porque la acción de control del módulo de control de paso 22 debe ser necesariamente suficientemente rápida para actualizar el valor de potencia de referencia P_{SETNEW} introducido en el módulo de control de potencia 15 con el valor de corrección de potencia $PF_{SETSTEP}$ del módulo de control de paso 22.

Sin embargo, como se ha mencionado previamente, el módulo limitador de gradiente 17b es desactivado temporalmente cuando el módulo de control de paso 22 es activado con el fin de permitir que el módulo de control de potencia 15 alinee casi de forma instantánea el valor de potencia de referencia P_{SETNEW} y el valor de potencia P_{ACT} generado en virtud de la señal de control U_{STEP} del módulo de control de paso 22.

En la práctica, el módulo de control de paso 22 maximiza los potenciales de la planta 1 imponiendo, por medio de la señal de control U_{STEP} , un aumento repentino alto (o disminución) de la potencia distribuida con el fin de compensar la variación rápida de la frecuencia de

la planta f_1 para evitar la desconexión de la planta 1 de la red 2.

Sin embargo, el dispositivo de control 8 asegura la desconexión inmediata, por razones de seguridad, de la
5 planta 1 de la red 2 en condiciones especialmente críticas.

Específicamente, el dispositivo de control 8 garantiza la desconexión inmediata de la red 2 si se superan los límites de seguridad máximo y mínimo del valor de
10 frecuencia de planta f_1 (generalmente aproximadamente +1,5 Hz y -2,5 Hz con respecto al valor de frecuencia nominal f_N). En esta situación, la planta 1 se desconecta de la red 2 y alimenta las denominadas plantas auxiliares, es decir, las cargas dentro de la planta 1 propiamente dicha.
15

Tiene lugar una segunda situación de desconexión inmediata de la planta 1 de la red 2 en condiciones de derivada de potencia distribuida alta ($d(P_{ACT})/dt > \text{threshold}$) y potencia distribuida baja ($P_{ACT} < \text{threshold}$ igual a
20 aproximadamente 10MW). Tales condiciones son comparables a un rechazo total de potencia, es decir, a una desconexión en algún punto de la red 2 no detectable por el módulo detector 7 y por ello no visible para el sistema de control 8 de la planta 1.

25 La alta variación de la potencia distribuida y el valor de potencia distribuida relativamente bajo, generalmente del orden de decenas de MW, son de hecho un síntoma de una desconexión entre la red 2 y la planta 1 porque las cargas de la planta 1 solamente pueden ser
30 auxiliares de planta, que a su vez consumen al menos una potencia del orden de 6-7 MW. El dispositivo de control 8 según la presente invención presenta las ventajas siguientes.

En primer lugar, el dispositivo de control 8 permite
35 que la planta 1 evite la desconexión de la red 2 durante

los eventos transitorios que inducen un rápido desequilibrio entre la frecuencia de la red (f_N) y la frecuencia f_1 de la planta 1. La planta 1, en virtud del dispositivo de control 8, es capaz de afrontar las rápidas variaciones de frecuencia con una variación rápida de la potencia en el máximo de sus potenciales. De esta manera, la planta contribuye a superar mejor estos eventos transitorios de modo que la regulación primaria pueda restablecer posteriormente un valor de frecuencia f_1 en la planta próximo al valor nominal f_N .

Además, el dispositivo de control 8 se puede instalar tanto en plantas nuevas como en plantas que ya están funcionando, porque su instalación no requiere ninguna intervención estructural.

Finalmente, es evidente que se pueden hacer cambios y variaciones en el dispositivo de control aquí descrito sin apartarse del alcance de protección de las reivindicaciones acompañantes.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de control de una planta de producción de energía eléctrica de turbina de gas (1), que suministra una potencia (P) a una frecuencia (f_1); incluyendo el dispositivo de control (8) medios de control de potencia (15), para controlar la potencia (P) distribuida por la planta (1) por medio de una primera señal de control ($U_{\Delta P}$) que determina el suministro de carburante a una porción (11) de la planta (1) según un valor de potencia de referencia (P_{SETNEW}), y medios de control de frecuencia (16), para determinar los valores de corrección ($PF_{SETSTEP}$; PF_{SETPR}) del valor de potencia de referencia (P_{SETNEW}) según un error de frecuencia (e_F), dado por la diferencia entre la frecuencia de la planta (f_1) y una frecuencia nominal (f_N); caracterizándose el dispositivo (8) porque los medios de control de frecuencia (16) incluyen medios de control de paso (22) configurados para regular el suministro de carburante a la porción (11) de la planta (1) por medio de una segunda señal de control (U_{STEP}) concurrente con la primera señal de control ($U_{\Delta P}$), cuando la derivada de la frecuencia (f_1) de la planta (1) asume valores más altos que un valor umbral (S).

2. Un dispositivo de control según la reivindicación 1, caracterizado porque los medios de control de paso (22) están configurados para determinar primeros valores de corrección ($PF_{SETSTEP}$) del valor de potencia de referencia (P_{SETNEW}) cuando la derivada de la frecuencia (f_1) de la planta (1) asume valores más altos que el valor umbral (S).

3. Un dispositivo según la reivindicación 2, caracterizado porque los medios de control de paso (22) están configurados para generar primeros valores de corrección ($PF_{SETSTEP}$) con el fin de determinar una variación de paso del valor de potencia de referencia (P_{SETNEW}).

4. Un dispositivo según la reivindicación 3, carac-

terizado porque los medios de control de paso (22) están configurados para generar primeros valores de corrección ($PF_{SETSTEP}$) según una función lineal del error de frecuencia (e_F).

5 5. Un dispositivo según la reivindicación 4, caracterizado porque la función lineal del error de frecuencia (e_F) presenta límites de saturación máximo y mínimo del primer valor de corrección ($PF_{SETSTEP}$).

10 6. Un dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la segunda señal de control (U_{STEP}) es una señal de paso.

15 7. Un dispositivo de control según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6, caracterizado porque los medios de control de frecuencia (16) incluyen medios de control primarios (20) configurados para calcular segundos valores de corrección (PF_{SETPR}) del valor de potencia de referencia (P_{SETNEW}) cuando la derivada de la frecuencia (f_1) de la planta (1) asume valores más bajos que el valor umbral (S).

20 8. Un dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 7, caracterizado porque incluye medios limitadores de potencia (17a) configurados para limitar el valor de potencia de referencia (P_{SETNEW}).

25 9. Un dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 8, caracterizado porque incluye medios limitadores de gradiente de potencia (17b) configurados para limitar el valor de la derivada de la potencia de referencia (P_{SETNEW}).

30 10. Un dispositivo según la reivindicación 9, caracterizado porque los medios limitadores de gradiente son desactivados durante un período de tiempo cuando la derivada de la frecuencia (f_1) de la planta (1) asume valores más altos que el valor umbral (S).

35 11. Un método de control de una planta de producción de energía eléctrica de turbina de gas (1), que suminis-

tra una potencia (P) a una frecuencia (f_1); incluyendo el método los pasos de:

5 controlar la potencia (P) suministrada por la planta (1) según un valor de potencia de referencia (P_{SETNEW}) por medio de una primera señal de control ($U_{\Delta P}$) que determina el suministro de carburante a una porción (11) de la planta (1);

10 controlar la frecuencia (16), para determinar valores de corrección (PF_{SETSTEP} ; F_{SETPR}) del valor de potencia de referencia (P_{SETNEW}) según un error de frecuencia (e_F), dado por la diferencia entre la frecuencia de la planta (f_1) y una frecuencia nominal (f_N); caracterizándose el método porque el paso de controlar la frecuencia incluye ajustar el suministro de carburante a la porción (11) de la planta (1) por medio de una segunda señal de control (U_{STEP}), concurrente con la primera señal de control ($U_{\Delta P}$), cuando la derivada de la frecuencia (f_1) de la planta (1) asume valores más altos que un valor umbral (S).

20

12. Un método según la reivindicación 11, caracterizado porque el paso de controlar la frecuencia incluye determinar primeros valores de corrección (PF_{SETSTEP}) del valor de potencia de referencia (P_{SETNEW}) cuando la derivada de la frecuencia (f_1) de la planta (1) asume valores más altos que el valor umbral (S).

25

13. Un método según la reivindicación 12, caracterizado porque los primeros valores de corrección (PF_{SETSTEP}) son tales que determinan una variación de paso del valor de potencia de referencia (P_{SETNEW}).

30

14. Un método según la reivindicación 12 o 13, caracterizado porque el paso de controlar la frecuencia incluye determinar primeros valores de corrección (PF_{SETSTEP}) según una función lineal del error de frecuencia (e_F).

35 15. Un método según la reivindicación 14, caracteri-

zado porque la función lineal del error de frecuencia (e_F) presenta límites de saturación máximo y mínimo del primer valor de corrección ($PF_{SETSTEP}$).

5 16. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 15, caracterizado porque la segunda señal de control (U_{STEP}) es una señal de paso.

10 17. Un método de control según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 16, caracterizado porque el paso de controlar la frecuencia incluye calcular segundos valores de corrección (PF_{SETPR}) del valor de potencia de referencia (P_{SETNEW}) cuando la derivada de la frecuencia (f_1) de la planta (1) asume valores más bajos que el valor umbral (S).

15 18. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 17, caracterizado porque limita el valor de potencia de referencia (P_{SETNEW}).

19. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 18, caracterizado porque limita el valor de la derivada de la potencia de referencia (P_{SETNEW}).

20 20. Un método según la reivindicación 19, caracterizado porque no limita el valor de la derivada de la potencia de referencia (P_{SETNEW}) durante un período de tiempo dado cuando la derivada de la frecuencia (f_1) de la planta (1) asume valores más altos que el valor umbral (S).

25

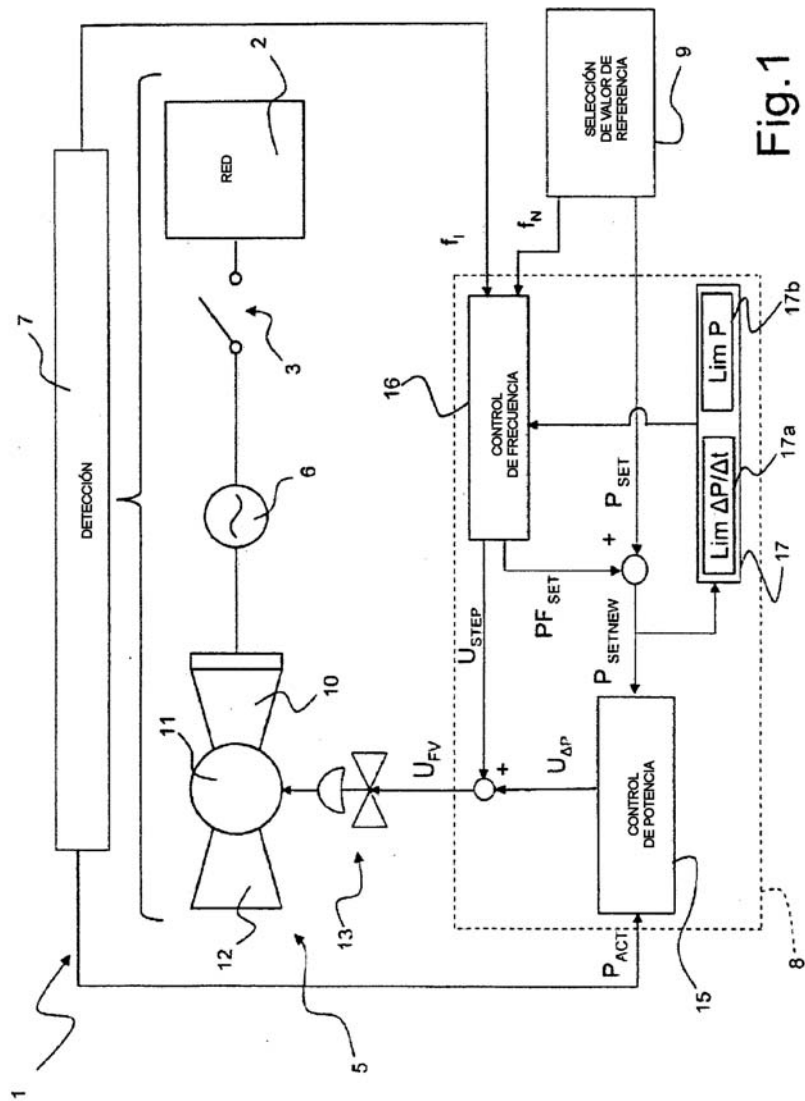


Fig.1

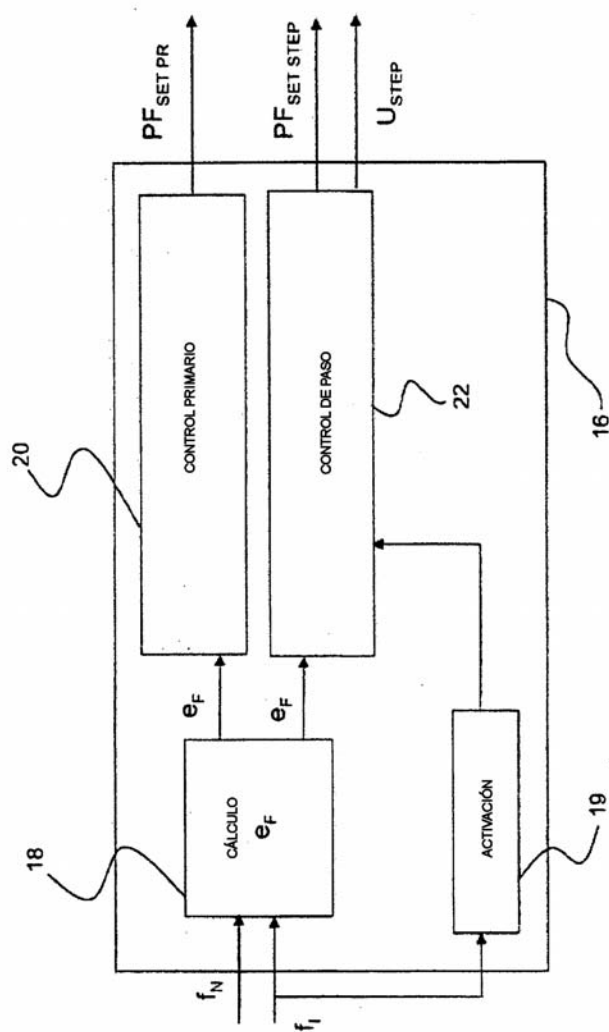


Fig. 2