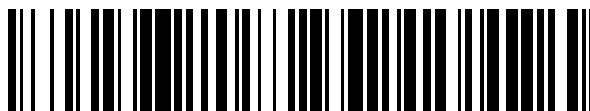


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 535 513**

51 Int. Cl.:

F01K 13/02 (2006.01)

F01K 23/10 (2006.01)

H02P 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.08.2012 E 12181719 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.02.2015 EP 2568127**

54 Título: **Método para el funcionamiento de una central eléctrica**

30 Prioridad:

07.09.2011 EP 11180459

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

12.05.2015

73 Titular/es:

**ALSTOM TECHNOLOGY LTD (100.0%)
Brown Boveri Strasse 7
5400 Baden, CH**

72 Inventor/es:

**OLIA, HAMID y
SCHLESIER, JAN**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 535 513 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método para el funcionamiento de una central eléctrica

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un método para el funcionamiento de una central eléctrica. En particular, a continuación, se hace referencia a centrales eléctricas combinadas.

Antecedentes

Tradicionalmente, centrales eléctricas tales como centrales eléctricas combinadas (es decir, centrales eléctricas que incluyen turbinas de gas y vapor) producen la potencia eléctrica de base que se alimenta a la red.

10 Con la liberalización del mercado energético, el aumento de los precios del combustible y la difusión de las energías renovables, las centrales eléctricas combinadas son cada vez más utilizadas para cumplir los requisitos de potencia pico.

15 Con el fin de cumplir los requisitos de potencia pico, se requiere que las centrales eléctricas combinadas adapten su funcionamiento (en particular la potencia alimentada a la red) muy rápidamente; es decir, deben ser capaces de funcionar con gran flexibilidad. Por ejemplo, cuando la potencia requerida por la red es baja, deben ser capaces de reducir a cero la potencia alimentada a la red y cuando la red requiere de nuevo potencia, deben ser capaces de proporcionarla muy rápidamente (en algunos casos deben ser capaces de proporcionar decenas de megavatios en segundos).

El documento EP 2 056 421 describe un método para conectar una central eléctrica combinada (con una turbina de gas y una turbina de vapor) a una red; este método incluye los pasos siguientes:

- 20 - en un primer paso, la turbina de gas tiene velocidad máxima pero no alimenta potencia a la red (además el interruptor está abierto). Durante este paso, la turbina de vapor se carga;
- en un segundo paso, el interruptor está cerrado. Durante este paso, la turbina de vapor también se carga;
- en un tercer paso, la central eléctrica energiza la red. También durante este paso, la turbina de vapor se carga;
- 25 - en un cuarto paso, la central eléctrica alimenta potencia a la red. Durante este paso, la turbina de vapor también se carga.

Por tanto, es evidente que del primer paso al cuarto, la turbina de vapor no alimenta potencia a la red, a saber, la turbina de vapor está en un funcionamiento de carga transitorio.

Por esta razón, el método anterior podría tener algunos inconvenientes.

30 De hecho, cuando la turbina de vapor está en funcionamiento transitorio, no es capaz de alimentar potencia a la red; la central eléctrica podría de ese modo no ser capaz de satisfacer un requisito de potencia repentino de la red. Por ejemplo, en algunos casos, requisitos de potencia repentinos de la red pueden ser de hasta 50 MW/s o más.

El documento US 2006 / 232071 describe un método de puesta en marcha de una turbina de gas con la ayuda de vapor generado por un generador de vapor.

35 El documento EP 2 056 421 A2 describe un método de puesta en marcha de una central eléctrica de ciclo combinado en la que la turbina de gas produce primero una potencia de salida. La potencia de salida de turbinas de gas se reduce más tarde cuando la turbina de vapor comienza a producir potencia mientras mantiene la salida total de la central en un nivel constante.

40 El documento DE 30 16 7777 A1 describe un método para descargar una central eléctrica de ciclo combinado en la que durante una primera fase, se descargan la turbina de gas y la turbina de vapor. En una segunda fase, la turbina de gas se mantiene a una carga constante y durante una tercera fase, la turbina de gas se descarga completamente.

Resumen

Un aspecto de la presente invención es por tanto proporcionar un método mediante el cual una central eléctrica combinada es capaz de cumplir grandes requisitos de potencia repentinos de la red.

45 Este y otros aspectos se logran de acuerdo con la invención mediante la provisión de métodos de acuerdo con las reivindicaciones que se acompañan.

Breve descripción de los dibujos

Otras características y ventajas de la invención quedarán más claras a partir de la descripción de una realización preferida, aunque no exclusiva, del método, ilustrada a modo de ejemplo no limitativo en los dibujos adjuntos, en los que:

5 Las figuras 1 y 2 son vistas esquemáticas de centrales eléctricas combinadas que se pueden utilizar para aplicar el método;

Las figuras 3 y 4 muestran un método útil para entender la invención (figura 3) y una realización (figura 4) del método;

10 Las figuras 5 y 6 muestran un método útil para entender la invención (figura 5) y una realización (figura 6) de una puesta en marcha de la central eléctrica, para llevarla a una condición en la que se conecta a la red (ya sea con un interruptor abierto o no), aunque sin alimentación de potencia a la misma;

Las figuras 7 y 8 muestran un método útil para entender la invención (figura 7) y una realización (figura 8) de una descarga de la central eléctrica, para llevarla a una condición en la que se conecta a la red (ya sea con un interruptor abierto o no), aunque sin alimentación de potencia a la misma.

15 Descripción detallada de realizaciones de la invención

El método puede ser aplicado en una central eléctrica descrita esquemáticamente en la figura 1.

20 La central eléctrica 1 incluye una turbina de gas 2 que tiene un compresor 3, una cámara de combustión 4 y una turbina 5. La cámara de combustión 4 se alimenta con combustible 6 y oxidante 7 (normalmente aire comprimido en el compresor 3); el combustible 6 y el oxidante 7 se queman para generar gases calientes que se expanden en la turbina 5 para recoger potencia mecánica.

25 La turbina 5 descarga gases de combustión de escape 8 que luego son alimentados a un sistema de generación de potencia de vapor 10; el sistema de generación de potencia de vapor 10 tiene una caldera 11 (también denominada Caldera de Recuperación de Calor HRSG) que recibe los gases de combustión 8 de la turbina de gas 2 y produce vapor que se expande en una turbina de vapor 12. Como es habitual, también se proporcionan un condensador 13 y una bomba 14.

La turbina de gas 2 y el sistema de generación de potencia de vapor 10 activan un generador eléctrico 20 conectado a una red eléctrica 21 a través de una línea 22.

La figura 2 muestra un ejemplo de una central eléctrica diferente; en esta figura los números que son iguales indican componentes iguales o similares a los ya descritos.

30 En la central eléctrica de la figura 2, cada uno de la turbina de gas 2 y el sistema de generación de potencia de vapor 10 activa un generador eléctrico 20a, 20b; los generadores 20a y 20b son a su vez conectados a la red eléctrica 21 a través de las líneas 22 y se conectan entre sí a través de una línea 23.

En cualquier caso, otros esquemas diferentes son posibles.

El método para el funcionamiento de una central eléctrica se describe con referencia a las figuras 1 y 3.

35 De acuerdo con un método útil para entender la invención, en un funcionamiento de régimen permanente de la central eléctrica 1, la turbina de gas 2 genera una primera potencia de salida 30 mayor de cero, el sistema de generación de potencia de vapor 10 genera una segunda potencia de salida 31 mayor de cero y la potencia total generada 32 (la potencia total generada 32 corresponde a la suma de las potencias de salida primera y segunda 30, 31) es sustancialmente igual a una carga eléctrica interna 33 de la central eléctrica 1.

40 La carga eléctrica interna 33 corresponde a esa potencia que debe ser alimentada a o producida por la central eléctrica 1 para alimentar los auxiliares y para su uso interno. Por tanto, cuando funciona con la carga eléctrica interna 33, la central eléctrica produce potencia para su uso interno, pero no es capaz de alimentar sustancialmente ninguna potencia a la red 21. En este sentido, la referencia 32 indica que la potencia alimentada a la red es cero.

45 Preferiblemente, durante este funcionamiento en estado de régimen permanente, el generador eléctrico 20 se conecta a la red 21 (es decir, el interruptor está cerrado); por tanto, el generador 20 energiza la red 21 pero no proporciona ninguna potencia a la misma. Alternativamente, el generador eléctrico 20 puede también no conectarse a la red 21 (es decir, el interruptor está abierto).

En el ejemplo mostrado en la figura 3, la potencia de salida 31 es casi dos veces tan grande como la potencia de salida 30; de todos modos queda claro que esto es sólo una de las numerosas posibilidades y en general la potencia de salida 30 y 31 puede ser igual o diferente.

5 En un método de acuerdo con la invención (figura 4), la turbina de gas 2 produce una potencia negativa o, dicho de otro modo, puede requerir potencia para funcionar (principalmente para hacer funcionar el compresor); en este caso, la potencia necesaria para el funcionamiento de la turbina de gas es proporcionada por el sistema de generación de potencia de vapor 10.

10 En este sentido, la figura 4 muestra que el sistema de generación de potencia de vapor 10 genera una potencia de salida 31 mayor que la carga eléctrica interna 33 y la turbina de gas 2 requiere potencia (debido a que la potencia de salida 30 es negativa). Dado que la potencia de salida positiva 31 compensa la potencia de salida negativa 30, la potencia total generada 32 (que alimenta la red 21) es cero.

15 Cuando funciona en estas condiciones, la central eléctrica 1 está lista para suministrar una gran potencia a la red 21 en periodos de tiempo muy cortos, ya que tanto la turbina de gas 2 como el sistema de generación de potencia de vapor 10 están ya en condiciones de funcionamiento (ya sea conectados a la red 21 o no). Además, estas condiciones pueden mantenerse durante largos periodos de tiempo de modo que la central eléctrica 1 puede estar continuamente conectada a la red sin alimentar potencia a la red, para únicamente suministrar potencia a la red cuando se le solicite. La central eléctrica 1 puede funcionar así para cumplir los requisitos de potencia pico, por ejemplo, junto con las centrales eléctricas renovables.

20 El funcionamiento de régimen permanente descrito anteriormente puede lograrse desde una condición de apagado (por tanto la central eléctrica se debe poner en marcha) o desde un modo de funcionamiento normal durante el cual la central eléctrica alimenta potencia eléctrica a la red 21 (por tanto la central eléctrica debe ser descargada).

Puesta en marcha

25 La puesta en marcha se describe con referencia a la figura 5, que no representa una realización de la invención, que muestra la potencia de salida 30 de la turbina de gas 2, la potencia de salida 31 del sistema de generación de potencia de vapor 10 y la potencia total generada 32 (que corresponde a la suma de las potencias de salida 30 y 31).

Con el fin de poner en marcha la central eléctrica 1, la turbina de gas 2 se pone en marcha y se carga en un paso 45 hasta la carga eléctrica interna 33 y se mantiene después en la carga eléctrica interna 33 (paso 46).

30 Además, durante el paso 46, el sistema de generación de potencia de vapor 10 se pone en marcha (es decir, se acelera hasta la velocidad de sincronismo) y luego se carga en un paso 47; en estas condiciones, el sistema de generación de potencia de vapor 10 genera una segunda potencia de salida 31 mayor de cero.

Mientras el sistema de generación de potencia de vapor 10 se carga (es decir, durante el paso 47), disminuye la potencia de salida 30 de la turbina de gas 2.

35 La potencia total generada 32 (que corresponde a la suma de las potencias de salida primera y segunda 30, 31) es sustancialmente igual a la carga eléctrica interna 33 de la central eléctrica 1.

40 La figura 6 muestra un método de acuerdo con la invención, en el que durante el paso 47 la potencia de salida 30 de la turbina de gas se reduce hasta por debajo de cero, es decir la turbina de gas 2 requiere potencia para funcionar; como ya se ha explicado, en este caso la potencia requerida por la turbina de gas 2 puede ser proporcionada por el sistema de generación de potencia de vapor 10 que puede generar una potencia de salida 31 mayor que la carga eléctrica interna 33, de manera que la potencia 31 compensa la potencia 30 y la potencia total generada 32 es sustancialmente cero.

La central eléctrica 1 se mantiene entonces en un funcionamiento de régimen permanente con la potencia total generada 32 siendo sustancialmente igual a la carga eléctrica interna 33 (es decir, no se alimenta potencia a la red 21).

45 De manera ventajosa, el generador eléctrico 20 se conecta a la red 21; en esta condición, ya que la central eléctrica 1 sólo produce una potencia igual a la carga eléctrica interna 33, la central eléctrica 1 no proporciona ninguna potencia a la red 21.

50 Dentro de la caldera 11 se genera vapor que a continuación se expande en la turbina de vapor 12; además, la turbina 12 tiene un estator 12a y un rotor 12b. De manera preferible, mientras que la potencia de salida 30 de la turbina de gas 2 disminuye durante el paso 47, la turbina de gas 2 se regula para conseguir una temperatura mínima de vapor compatible con el rotor 12b. Es decir, ya que el vapor intercambia calor con el rotor 12b, la temperatura del

vapor no puede ser demasiado diferente de la temperatura del mismo rotor 12b, ya que puede causar un esfuerzo elevado. Por esta razón, la temperatura del vapor debe estar preferiblemente próxima a la temperatura del rotor 12b.

Descarga

5 La reducción de la potencia de salida para llevar una central eléctrica 1 de una condición en la que alimenta potencia a la red 21 a una condición en la que se conecta a la red 21, pero no alimenta potencia a la misma, se describe con referencia a las figuras 7 y 8.

Las figuras 7 y 8 muestran la primera potencia de salida 30 de la turbina de gas 2, la segunda potencia de salida 31 del sistema de generación de potencia de vapor 10, la potencia total generada 32 (correspondiente a la potencia alimentada a la red 21) y la carga eléctrica interna 33.

10 Desde un funcionamiento de régimen permanente 54 con la central eléctrica 1 que alimenta potencia a la red 21, el método comprende un paso 55 de disminución de la primera potencia de salida 30 de la turbina de gas 2. En una realización preferida del método, la primera potencia de salida disminuye hasta alcanzar una temperatura de vapor mínima compatible con el rotor 12b.

15 Durante esta fase, la segunda potencia de salida 31 del sistema de generación de potencia de vapor 10 también se reduce debido al menor calor proporcionado por los gases de escape de la turbina de gas a la caldera 11 que causa una menor generación de vapor en la caldera 11.

20 A continuación, en un paso 56, la segunda potencia de salida 31 del sistema de generación de potencia de vapor 10 se reduce a un funcionamiento estable (mientras que la primera potencia de salida 30 de la turbina de gas 2 se mantiene sustancialmente constante) y en un paso posterior 57, la primera potencia de salida 30 de la turbina de gas 2 se reduce aún más, de manera que la potencia total generada 32, es decir, la suma de las potencias de salida primera y segunda 30, 31 producidas por la turbina de gas 2 y el sistema de generación de potencia de vapor 10 es sustancialmente igual a la carga eléctrica interna 33 de la central eléctrica 1.

25 La figura 7 muestra un método útil para entender la invención, en el que tanto la turbina de gas 2 como el sistema de generación de potencia de vapor 10 generan una primera potencia de salida 30 y una segunda potencia de salida 31 positivas.

La figura 8 muestra un método de acuerdo con la invención, en el que la potencia de salida 30 de la turbina de gas 2 se reduce hasta por debajo de cero. En este caso, la turbina de gas 2 requiere potencia para funcionar, siendo esta potencia alimentada por el sistema de generación de potencia de vapor 10.

30 De este modo, la central eléctrica se mantiene en un funcionamiento de régimen permanente (paso 58), con la potencia total generada 32 siendo sustancialmente igual a una carga eléctrica interna 33 de la central eléctrica 1.

La central eléctrica 1 de la figura 1 tiene la turbina 5, la turbina de vapor 12 y el generador 20 conectados a través de un solo eje. Es evidente que el mismo método también se puede aplicar en una central eléctrica 1 que tenga más de un eje, por ejemplo la central eléctrica de la figura 2.

35 En este caso, la turbina de gas 2 (o cada turbina de gas 2 si se proporciona más de una turbina de gas) y el sistema de generación de potencia de vapor 10 (o cada sistema de generación de potencia de vapor 10 si se proporciona más de uno) se conectan a generadores 20a, 20b que están conectados a la red 21. La transferencia de potencia desde el sistema de generación de potencia de vapor 10 a la turbina de gas 2 (cuando se necesita) puede ocurrir a través de la red 21. Es decir, el sistema de generación de potencia de vapor 10 puede alimentar potencia a la red 21 y la turbina de gas 2 puede adsorber potencia de la red 21 (su generador 20b funciona como un motor) de manera
40 que la potencia total generada (que se alimenta a la red 21 y es la diferencia entre la potencia alimentada por el sistema de generación de potencia de vapor 10 y la potencia absorbida por la turbina de gas 2) es cero.

Además o alternativamente, la potencia puede ser transferida directamente entre los generadores 20a, 20b a través de la línea 23.

Además, también es posible desconectar la central eléctrica 1 de la red 21.

45 En la práctica, los materiales y las dimensiones pueden ser elegidos a voluntad de acuerdo con los requisitos y el estado de la técnica.

Números de referencia

1 central eléctrica

2 turbina de gas

- 3 compresor
- 4 cámara de combustión
- 5 turbina
- 6 combustible
- 5 7 oxidante
- 8 gases de combustión
- 10 sistema de generación de potencia de vapor
- 11 caldera
- 12 turbina
- 10 12a estator
- 12b rotor
- 13 condensador
- 14 bomba
- 20, 20a, 20b generador eléctrico
- 15 21 red
- 22 línea
- 23 línea
- 30 (30a) primera potencia de salida de 2
- 31 (31a) segunda potencia de salida de 12
- 20 32 potencia total generada (30 + 31)
- 33 carga eléctrica interna
- 45, 46, 47 pasos
- 54, 55, 56, 57 pasos
- t tiempo
- 25

REIVINDICACIONES

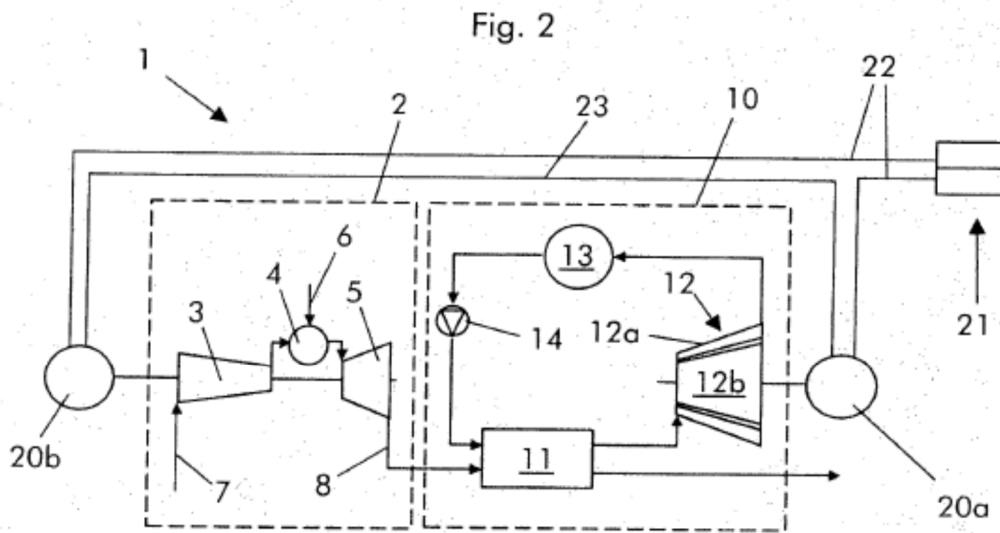
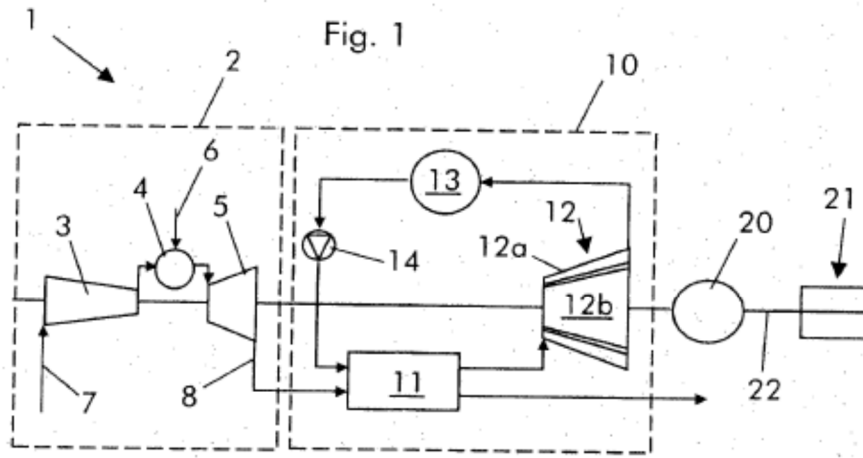
1. Método para el funcionamiento de una central eléctrica (1) que comprende una turbina de gas (2) y un sistema de generación de potencia de vapor (10) que activan al menos un generador eléctrico (20), en el que la turbina de gas (2) produce gases de combustión (8) que son alimentados a una caldera (11) del sistema de generación de potencia de vapor (10), y en el que la caldera (11) produce vapor que es expandido en una turbina de vapor (12), caracterizado por que en un funcionamiento de régimen permanente, la turbina de gas (2) genera una primera potencia de salida (30) menor de cero, el sistema de generación de potencia de vapor (10) genera una segunda potencia de salida (31) mayor de cero, y la potencia total generada (32), que corresponde a la suma de las potencias de salida primera y segunda (30, 31), es sustancialmente igual a una carga eléctrica interna (33) de la central eléctrica (1).
2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que el sistema de generación de potencia de vapor (10) genera una segunda potencia de salida (31) más grande que la carga eléctrica interna (33) y por que la potencia generada por el sistema de generación de potencia de vapor (10) que sobrepasa la carga eléctrica interna (33) se utiliza para accionar la turbina de gas (2).
3. Método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que el generador eléctrico (20) está conectado a una red (21).
4. Método de puesta en marcha de una central eléctrica (1) que comprende una turbina de gas (2) y un sistema de generación de potencia de vapor (10) que activan al menos un generador eléctrico (20), en el que la turbina de gas (2) produce gases de combustión (8) que son alimentados a una caldera (11) del sistema de generación de potencia de vapor (10), caracterizado por:
- la puesta en marcha y la carga de la turbina de gas (2) para que genere una primera potencia de salida (30) mayor de cero y sustancialmente igual a la carga eléctrica interna, a continuación
 - la puesta en marcha y la carga del sistema de generación de potencia de vapor (10) para que genere una segunda potencia de salida (31) mayor de cero,
 - durante la carga del sistema de generación de potencia de vapor (10), la disminución de la primera potencia de salida (30) por debajo de cero mientras que la potencia total generada (32), que corresponde a la suma de las potencias de salida primera y segunda (30, 31), es sustancialmente igual a una carga eléctrica interna (33) de la central eléctrica (1), a continuación,
 - mantener la central eléctrica (1) en un funcionamiento de régimen permanente con la potencia total generada (32) que es sustancialmente igual a una carga eléctrica interna (33) de la central eléctrica (1).
5. Método de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado por la conexión del generador eléctrico (20) a una red (21).
6. Método de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado por que:
- dentro de la caldera (11) se genera vapor que luego se expande en una o más turbinas (12) del sistema de generación de potencia de vapor (10),
 - la turbina (12) tiene un estator (12a) y un rotor (12b),
 - durante la disminución de la primera potencia de salida (30), la turbina de gas (2) se regula para conseguir una temperatura mínima de vapor compatible con el rotor (12b).
7. Método para reducir la potencia de la central eléctrica (1) que comprende una turbina de gas (2) y un sistema de generación de potencia de vapor (10) que activan al menos un generador eléctrico (20), en el que la turbina de gas (2) produce gases de combustión (8) que son alimentados a una caldera (11) del sistema de generación de potencia de vapor (10), en el que dentro de la caldera (11) se genera vapor que luego se expande en una turbina (12) del sistema de generación de potencia de vapor (10) y en el que la turbina (12) tiene un estator (12a) y un rotor (12b), comprendiendo el método:
- disminuir una primera potencia de salida (30) de la turbina de gas (2), a continuación,
 - disminuir una segunda potencia de salida (31) del sistema de generación de potencia de vapor (10), a continuación,

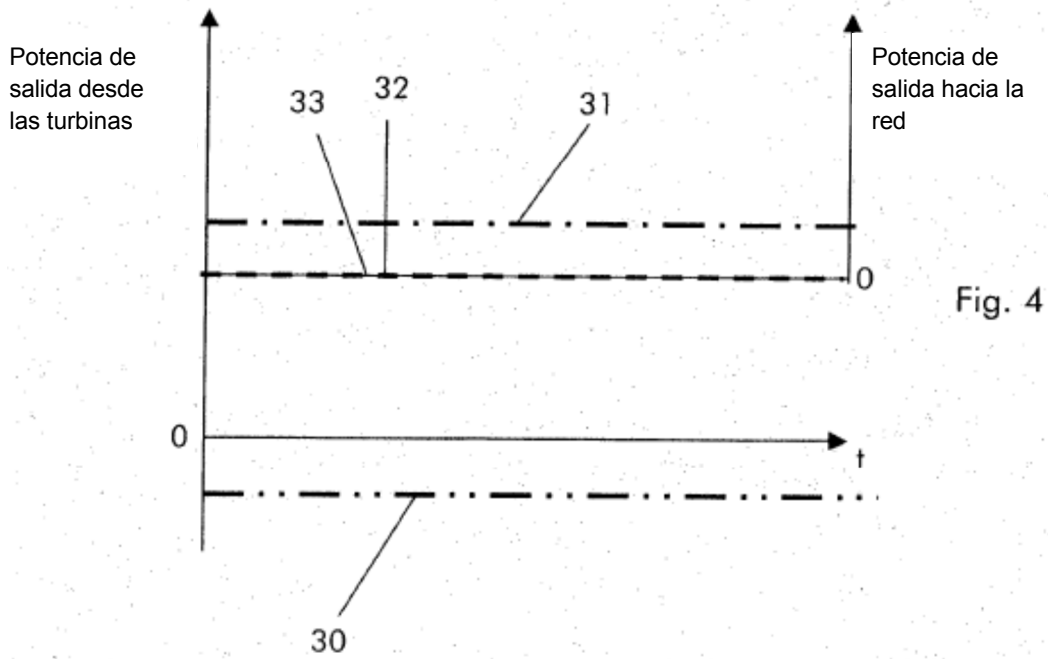
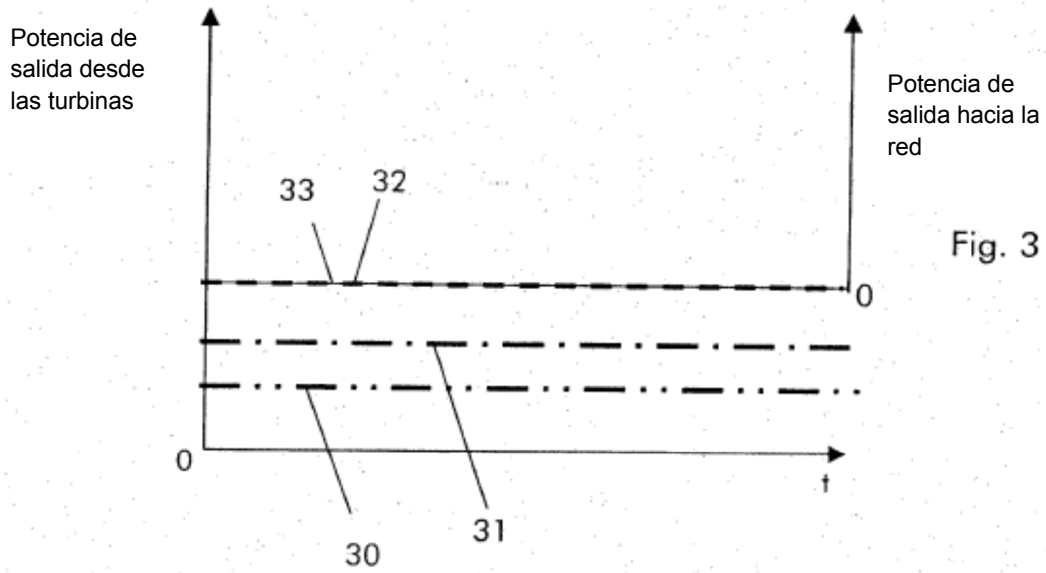
- disminuir aún más la primera potencia de salida (30) de la turbina de gas (2), de manera que la potencia total generada (32), que corresponde a la suma de las potencias de salida primera y segunda (30, 31), sea sustancialmente igual a una carga eléctrica interna (33) de la central eléctrica (1), a continuación,

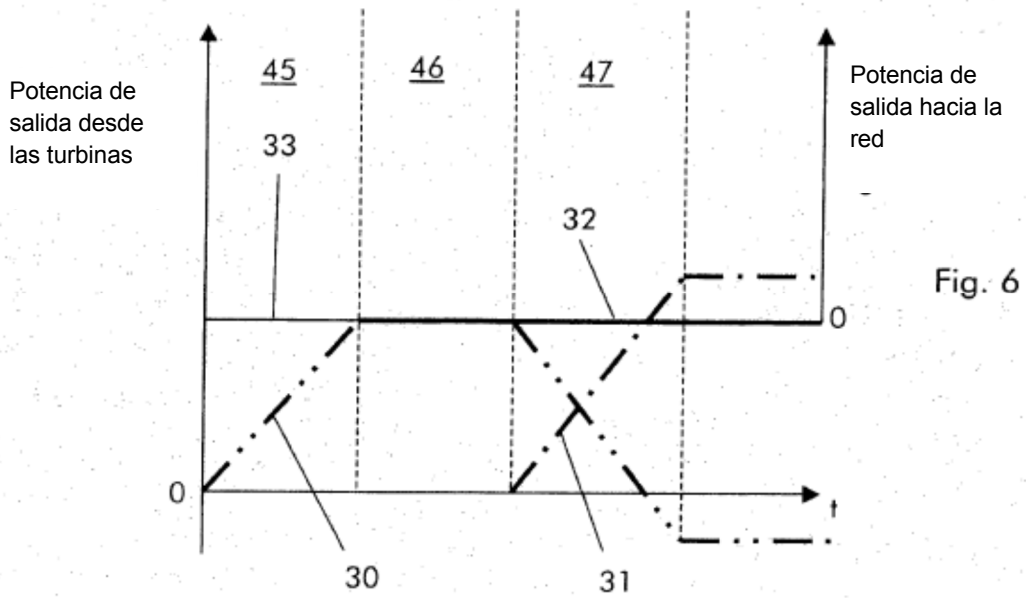
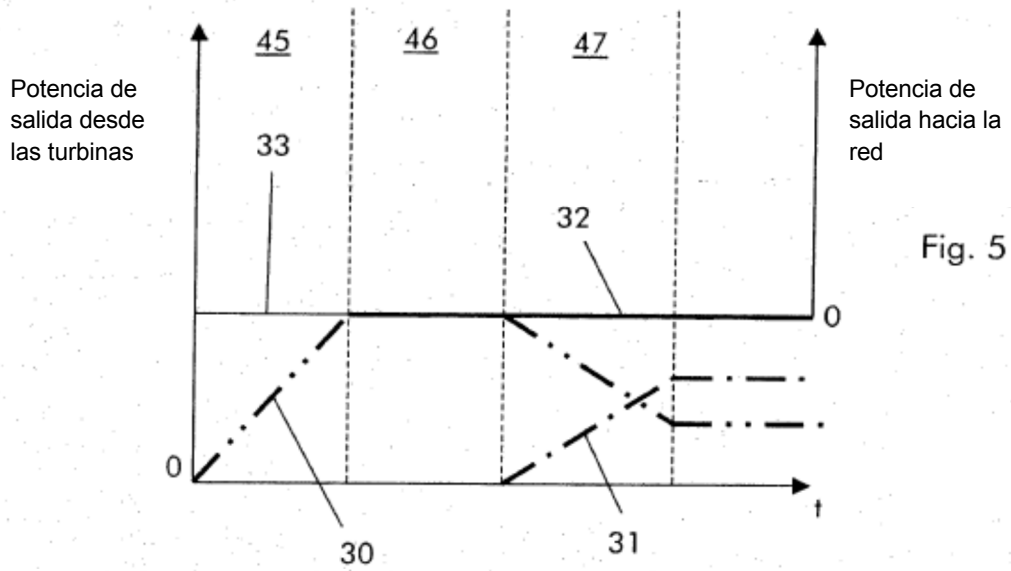
5 - mantener la central eléctrica (1) en un funcionamiento de régimen permanente con la potencia total generada (32) sustancialmente igual a una carga eléctrica interna (33) de la central eléctrica (1).

8. Método de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado por que durante la primera disminución de la primera potencia de salida (30), la primera potencia de salida (30) se reduce hasta alcanzar una temperatura de vapor mínima compatible con el rotor (12b).

10 9. Método de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado por la desconexión de la central eléctrica (1) de la red (21).







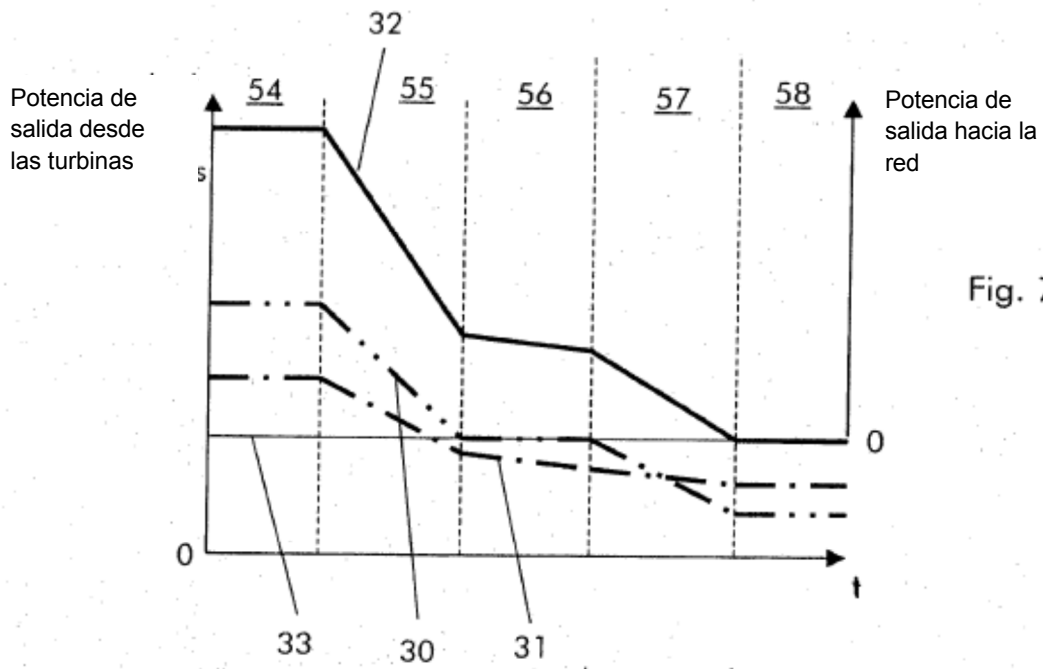


Fig. 7

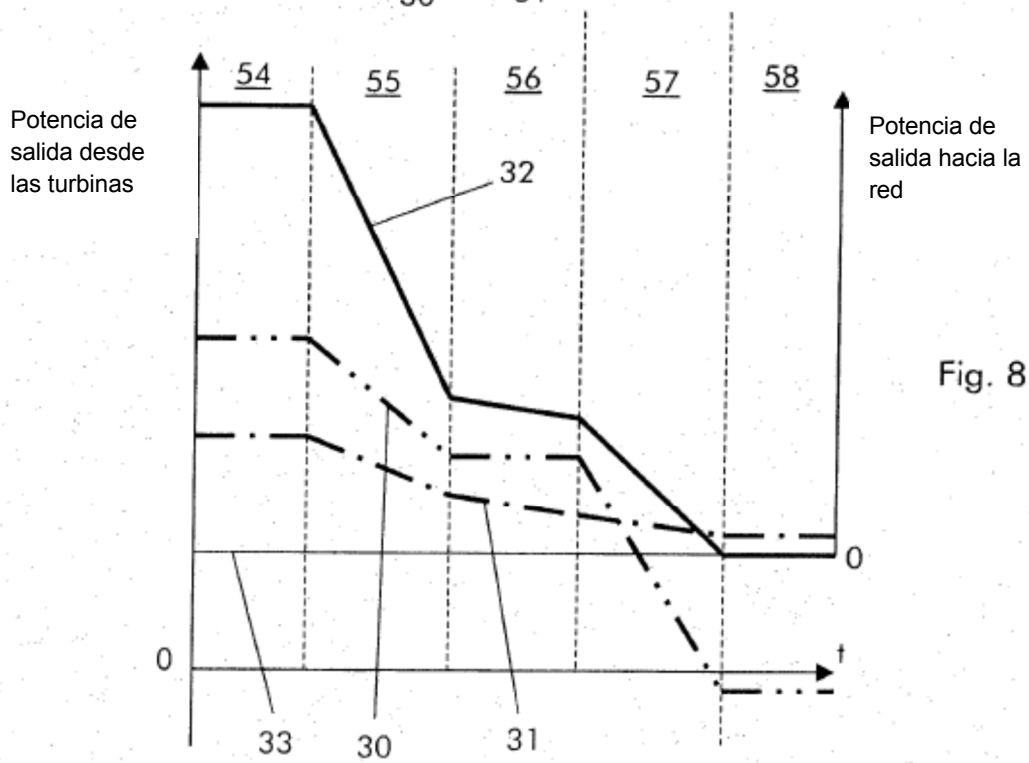


Fig. 8