

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 547 641**

51 Int. Cl.:

F02C 7/143 (2006.01)

F02C 9/54 (2006.01)

F02C 7/057 (2006.01)

F02C 9/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.02.2004 E 04708365 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.06.2015 EP 1592870**

54 Título: **Procedimiento para hacer funcionar un grupo de turbinas de gas**

30 Prioridad:

11.02.2003 CH 2072003

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

07.10.2015

73 Titular/es:

**ALSTOM TECHNOLOGY LTD (100.0%)
BROWN BOVERI STRASSE 7
5400 BADEN, CH**

72 Inventor/es:

**HOFFMANN, JÜRGEN;
MCKAY, TOM, ALEXANDER, ODIN;
KURZ, NIKOLAUS, HERBERT y
SPITZMUELLER, TOBIAS**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 547 641 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

Procedimiento para hacer funcionar un grupo de turbinas de gas

Campo técnico

5 El presente invento se refiere a un procedimiento para hacer funcionar un grupo de turbinas de gas de acuerdo con el concepto de prefacio de la reivindicación 1.

Estado de la técnica

10 A partir del documento de patente de los EE.UU. US 5.353.585 se ha conocido un procedimiento para incorporar dentro de la corriente de aire de aspiración el agua que ha sido nebulizada delante del compresor de un grupo de turbinas de gas. Mediante un enfriamiento por evaporación, aumentan la densidad del aire de aspiración y, por consiguiente, el caudal másico de los medios de trabajo así como la potencia conseguible como máximo del grupo de turbinas de gas.

15 En el documento US 6.216.443 se propone inyectar el agua de tal manera que entren en el compresor unas gotas de líquido. Las gotas se evaporan dentro del compresor, durante el proceso de compresión, lo cual conduce a un intenso enfriamiento interno del compresor. Junto al efecto elevador del caudal másico que presenta el enfriamiento por evaporación delante del compresor, se disminuye de esta manera también la absorción de potencia por el compresor y se disminuye la temperatura final del compresor, con lo que en una cámara de combustión subsiguiente se puede quemar más intensamente. En la suma resulta a partir de ello un aumento de la potencia máxima conseguible del grupo de turbinas de gas, que está limitado ciertamente en primer término por el caudal másico del medio de trabajo y por la temperatura admisible de entrada en las turbinas.

20 A partir del documento US 6.012.279 es conocido por lo demás inyectar un líquido entre dos compresores parciales. Esto da lugar asimismo a un enfriamiento del medio de trabajo, por un lado, entre las etapas de compresión en los compresores parciales primero y segundo y, por otro lado, también durante la segunda etapa de compresión.

25 La inyección de un líquido en un compresor es ilustrada actualmente en el mundo técnico con diferentes conceptos tales como "High Fogging = alto empañamiento", "Overfogging = empañamiento superior", "Wet Compression = compresión en húmedo", "Overspray Cooling = enfriamiento por pulverización superior". Queda por comprobar que los efectos positivos son de por sí ya son conocidos desde hace mucho tiempo en cualquier caso, tal como lo muestra por ejemplo el documento de patente francesa FR 1.563.749. La evaporación de un líquido en el medio de trabajo durante la compresión ofrece, al mismo tiempo que un gasto en aparatos comparativamente pequeño, una aproximación muy buena a una compresión isotérmica.

30 Para efectuar el enfriamiento del medio de trabajo, se conoce por lo demás la utilización de unos intercambiadores de calor como dispositivos enfriadores intermedios, o también la utilización de unas máquinas frigoríficas para enfriar el aire de aspiración.

35 Los dispositivos enfriadores intermedios en compresores se hacen funcionar con frecuencia con pleno rendimiento de enfriamiento en toda la zona de funcionamiento. Los modernos grupos de turbinas de gas funcionan entonces en amplios intervalos de carga muy lejos del punto de dimensionamiento que de por sí es favorable.

40 El documento US 6.216.443 propone poner en funcionamiento la inyección de un líquido tan sólo cuando el grupo de turbinas de gas se hace funcionar ya a plena carga sin inyección de agua, y la potencia nominal siempre es todavía más alta que la potencia útil que se entrega en realidad. Esto quiere decir que el grupo de turbinas de gas propiamente dicho se hace funcionar con el máximo caudal volumétrico de entrada del compresor, y que la temperatura de entrada en la turbina está en el valor máximamente admisible. Para el aumento ulterior de la potencia, se utiliza el enfriamiento del medio de trabajo mediante la inyección de un líquido en el compresor. De acuerdo con el procedimiento que allí se propone, en primer lugar se determina y se inyecta el necesario caudal másico del agua para inyección en función de la potencia útil que se ha de aportar adicionalmente. Por consiguiente el grupo de turbinas de gas se aparta del punto a plena carga y la aportación del material combustible se aumenta sucesivamente hasta que el grupo de turbinas de gas trabaje nuevamente en funcionamiento a plena carga, es decir con una temperatura de entrada en la turbina máximamente admisible y eventualmente estando completamente abierta la fila de lamas dirigibles previamente.

50 Sin embargo, en la práctica se pone de manifiesto que pueden transcurrir alrededor de 0,5 a 2 segundos hasta que las gotas de agua hayan llegado desde el sitio de la inyección hasta la entrada en el compresor. Asimismo, al mismo tiempo, en el caso de los mecanismos de regulación y control que con frecuencia se usan en los grupos de turbinas de gas, los períodos de tiempo de circulación de los componentes retrasan a la determinación de las modificaciones de la temperatura que se ocasionan mediante la inyección de agua, y por consiguiente también el efecto de las

5 mismas sobre la aportación del material combustible. Se muestra, por lo tanto, que la inyección de agua es eficaz solamente de un modo retardado. Asimismo, no es realizable una conexión adicional arbitrariamente rápida ni tampoco un aumento de la cantidad de agua inyectada. A esto se añade el hecho de que los tiempos muertos y los tiempos de retardo de un tramo de regulación, que más arriba se han descrito, disminuyen la estabilidad de un circuito de regulación, de tal manera que se disminuye grandemente la velocidad de reacción que es posible. En resumen, por lo tanto, la utilización de unas medidas técnicas para el enfriamiento del medio de trabajo durante la compresión, y en especial la inyección de agua delante del compresor, no son utilizables ilimitadamente para obtener rápidos aumentos de la potencia.

10 A partir del documento US-B1-6.357.236 se conocen una turbina de gas, una central energética combinada y un compresor, en cuyos casos corriente arriba del compresor está previsto un dispositivo para la inyección de gotitas de un líquido, que se utiliza para el enfriamiento del aire de aspiración. Con el fin de elevar la potencia siempre en primer lugar se aumenta el enfriamiento del aire de aspiración y tan sólo a continuación se aumenta la cantidad de material combustible. De esta manera, es limitada a su vez la velocidad de reacción al efectuar la adaptación de la potencia.

15 El documento de solicitud de patente de los EE.UU. US-A1-2002/0139105 describe en términos generales la elevación de la potencia (en inglés "power augmentation") de una turbina de gas mediante la inyección de agua en el canal de aspiración del compresor. También en este caso, la reacción de la instalación a unas demandas de potencia modificadas es determinada por medio del enfriamiento del aire de aspiración.

Exposición del invento

20 El invento desea proporcionar remedio a esto. El invento caracterizado en las reivindicaciones se basa en la misión de presentar un procedimiento del tipo mencionado al comienzo, que evite las desventajas del estado de la técnica. El procedimiento debe de hacer posible en particular reaccionar, desde muy rápidamente hasta de un modo prácticamente sin retraso, a las demandas de potencia que se establecen para un grupo de turbinas de gas, que propiamente están situadas por encima de su potencia a plena carga de base. Por el concepto de la "potencia a plena carga de base" del grupo de turbinas de gas hay que entender en este contexto la potencia útil, que es capaz de aportar el grupo de turbinas de gas en las respectivas condiciones del medio ambiente, teniendo una gran influencia precisamente la temperatura del medio ambiente y la presión del medio ambiente, sin la inyección de agua u otro modo de enfriamiento variable, que no se hace funcionar permanentemente.

30 Conforme al invento, el problema planteado por esta misión es resuelto mediante utilización de la totalidad de las características de la reivindicación 1.

35 El núcleo del invento es por consiguiente, en el caso de unas demandas de potencia que están situadas cercanas a la potencia a plena carga de base del grupo de turbinas de gas o por encima de ella, equilibrar la potencia a plena carga mediante el enfriamiento del medio de trabajo antes de la compresión y/o durante la compresión y/o entre dos etapas de compresión, de tal manera que el grupo de turbinas de gas se haga funcionar siempre por debajo de la potencia a plena carga. Por el concepto de "potencia a plena carga" hay que entender en el presente caso la potencia útil, que se establece cuando un parámetro de proceso, tal como por ejemplo la temperatura de entrada en las turbinas - y respectivamente, en el caso de un grupo de turbinas de gas con una combustión secuencial, todas las temperaturas de entrada en las turbinas - o también la temperatura final del compresor o la presión final del compresor, alcancen un valor máximamente admisible, siendo al mismo tiempo máximo el caudal volumétrico de aspiración del compresor. El caudal volumétrico de aspiración es determinado, en el caso de un grupo de turbinas de gas con una fila ajustable de lamas dirigibles previamente, en lo esencial mediante la posición de esta fila de lamas dirigibles previamente; el máximo caudal volumétrico de entrada es en este caso equivalente a una fila de lamas dirigibles previamente que está totalmente abierta. Se entiende por sí mismo que, en el caso de un grupo de turbinas de gas con una combustión secuencial, tal como es conocida a partir del documento de patente europea EP 620362 o del documento US 5.454.220, para la definición del funcionamiento a plena carga, las temperaturas de entrada en las turbinas de todas las turbinas estén situadas en el valor máximo que es admisible en cada caso. Tal como se ha expuesto al comienzo, aumenta la potencia entregada en el punto de funcionamiento que se ha definido de esta manera, cuando se efectúa un enfriamiento del medio de trabajo antes de o durante el proceso de compresión, y ciertamente, por un lado, mediante un caudal másico creciente del medio de trabajo a causa del enfriamiento delante del compresor, y a causa de la decreciente absorción específica de potencia del compresor en el caso de un enfriamiento durante la compresión. Por lo demás, la temperatura final del compresor es disminuida de tal manera que se puede aportar más cantidad de calor, con lo cual aumenta la potencia a plena carga. En particular, cuando antes de la entrada en el compresor se inyecta una niebla de líquido en el medio de trabajo de tal manera que unas gotas de líquido penetran en el compresor, mediante el enfriamiento por evaporación se aprovechan ambos efectos. Por el recurso de que de esta manera se ajusta en cada caso la potencia a plena carga, de tal manera que el grupo de turbinas de gas se hace funcionar por debajo de la potencia a plena carga, se pone a disposición una reserva de potencia rápidamente activable. Esto hace posible reaccionar prácticamente sin retraso de una manera sencilla a unas rápidas demandas de potencia, puesto que el grupo de turbinas de gas propiamente dicho, mediante el equilibrado de la potencia a plena carga, siempre se hace funcionar de tal manera que él tiene

unas reservas de potencia, que pueden ser movilizadas inmediatamente mediante una elevación de la aportación de calor al medio de trabajo comprimido, en el caso de un grupo de turbinas de gas que trabaja en un proceso abierto, por lo tanto, por una elevación de la aportación de material combustible a una cámara de combustión. Esto quiere decir que en el caso de unas rápidas modificaciones de las demandas de potencia, tal como las que aparecen típicamente en el caso de una sobrefrecuencia o una subfrecuencia, no se debe de diferenciar entre el funcionamiento con y sin un enfriamiento.

Expresado de otro modo, se puede afirmar también que el enfriamiento del aire de aspiración o el enfriamiento intermedia del aire no se utiliza con el fin de ajustar primariamente la potencia del grupo de turbinas de gas a un valor nominal, que está situado por encima de la potencia a plena carga de base, o con el fin de modificar la entrega de potencia útil, sino que el enfriamiento de acuerdo con el invento se utiliza para equilibrar el punto a plena carga es decir es decir enganchar realmente el proceso de turbinas de gas en otro sistema de referencia.

Para el enfriamiento del medio de trabajo, en una variante preferida del procedimiento conforme al invento, se inyecta corriente arriba de la entrada en el compresor un líquido, en particular agua. Éste da lugar mediante la evaporación a un enfriamiento de la corriente de masa del medio de trabajo antes de la compresión. Cuando un líquido penetra en el compresor - ya sea puesto que el sitio de inyección está situado muy cercano a la entrada en el compresor, o, puesto que la cantidad inyectada es tan grande que el medio de trabajo está sobresaturado a la entrada en el compresor - el líquido entrante da lugar por lo demás a un enfriamiento durante la compresión. La cantidad introducida de líquido es en el presente caso una medida de la potencia de enfriamiento.

En una forma de realización del invento, la potencia a plena carga se determina calculando una potencia a plena carga de referencia, que es especificada por ejemplo para unas condiciones del medio ambiente según la norma ISO, es decir para una temperatura del aire de 15°C, una presión de 1.013 hPa, y una humedad relativa del aire de 60 %, con unos correspondientes términos de corrección, que toman en consideración unas desviaciones de la presión, de la temperatura y de la humedad del medio ambiente desde las condiciones normalizadas. Tales cálculos son habituales para un experto en la especialidad y los fabricantes de turbinas de gas especifican los correspondientes términos de corrección para sus diferentes tipos de máquinas. Por lo demás, al realizar el cálculo se toma en consideración la potencia de enfriamiento. También en el presente caso es habitual para un experto en la especialidad la determinación de unas correspondientes fórmulas de corrección específicas para una máquina.

En una forma de realización del invento, la potencia de enfriamiento es ajustada de tal manera que la temperatura de entrada en las turbinas esté situada en torno a un valor determinado que se encuentra por debajo de la máxima temperatura admisible de entrada en las turbinas. Se efectúa por lo tanto una regulación de la potencia de enfriamiento a un valor nominal de la temperatura de entrada en las turbinas, que está situado por debajo de la temperatura máximamente admisible de entrada en las turbinas.

Otra forma de realización del invento pasa a usarse de manera preferente cuando el grupo de turbinas de gas tiene por lo menos una fila ajustable de lamas dirigibles previamente, y el concepto de funcionamiento del grupo de turbinas de gas prevé regular la posición de la fila de lamas dirigibles previamente de tal manera que la temperatura de entrada en las turbinas permanece en el valor máximo también por debajo de la potencia a plena carga. La potencia de enfriamiento se puede regular entonces de tal manera que se aplique como valor objetivo una posición determinada de la fila de lamas dirigibles previamente. Se efectúa una regulación de la potencia de enfriamiento a un valor nominal de la posición de la fila de lamas dirigibles previamente en cuyo caso el caudal volumétrico de entrada del compresor es más pequeño que el máximo posible en el caso de estar plenamente abierta la fila de lamas dirigibles previamente.

En otra forma de realización adicional, a partir de la potencia útil real del grupo de turbinas de gas y de la potencia a plena carga que se ha determinado como más arriba se ha descrito, se determina una potencia relativa real. La potencia de enfriamiento se ajusta, y con ello se modifica la potencia a plena carga, de tal manera que se regula a un valor nominal el valor real de la potencia relativa en el caso de una potencia útil real constante. Se efectúa por lo tanto una regulación de la potencia de enfriamiento a una potencia a plena carga, en cuyo caso la potencia útil real está situada en un determinado porcentaje por debajo de la potencia a plena carga. El valor real de la potencia relativa es regulado mediante una equilibración de la potencia a plena carga a un valor nominal de la potencia relativa que está situado por debajo de 100 %, en particular en el intervalo de 90 % a 95 %. En otra variante adicional del procedimiento, mediante el enfriamiento la potencia a plena carga es ajustada a un determinado valor absoluto, por ejemplo de 10 MW, que es mayor que el valor nominal de la potencia útil.

Es muy especialmente ventajoso definir una banda muerta situada en torno al valor nominal, dentro de la cual no se pueden llevar a cabo intervenciones de ningún tipo sobre la potencia de enfriamiento. Se podría imaginar, por ejemplo, un procedimiento en el que el valor nominal de la potencia relativa sea de 90 %, con una banda muerta de ± 5 %. Una intervención de regulación se efectúa tan sólo cuando la potencia relativa real descienda por debajo de 85 % o suba por encima de 95 %. Esto garantiza fundamentalmente una reserva de potencia rápidamente movilizable de por lo menos un 5 % de la potencia a plena carga. La ancha banda muerta aporta una garantía de que la regulación no reaccione de una manera excesivamente nerviosa, y que el número de las intervenciones de

regulación permanezca restringido a un mínimo, lo cual está absolutamente en el interés de un funcionamiento estable. Por supuesto, que el procedimiento de funcionamiento puede prever también el recurso de mantener a la potencia relativa en general dentro de un intervalo objetivo previamente determinado. Cuando el concepto de funcionamiento del grupo de turbinas de gas prevé mantener al grupo de turbinas de gas, mediante la regulación de una fila ajustable de lamas dirigibles previamente - y eventualmente también mediante otras filas ajustables de lamas dirigibles del compresor - a la temperatura de entrada en las turbinas o a las temperaturas de entrada en las turbinas en un valor determinado, por ejemplo en el valor máximo admisible, se puede aprovechar, como otro criterio para una intervención de regulación, que la fila de lamas dirigibles previamente se encuentre en la posición completamente cerrada, y que la temperatura de entrada en las turbinas descienda por debajo del valor máximamente admisible. Bajo esta premisa, es conveniente llevar a cabo una intervención también en el caso de que la potencia esté situada todavía dentro de la banda muerta, y disminuir la potencia de enfriamiento. De esta manera se mantienen alto el grado de quemado y baja la emisión de monóxido de carbono y de hidrocarburos no quemados.

En una forma de realización del procedimiento conforme al invento, en el caso de una modificación de la potencia útil nominal se modifica la potencia en el caso de una potencia de enfriamiento al principio esencialmente constante, cuya modificación puede efectuarse muy rápidamente. En tal caso se modifican por supuesto también la potencia relativa y la potencia de reserva previamente mantenida frente a la potencia a plena carga. En el caso de una desviación desde el valor objetivo previamente establecido en cada caso según las explicaciones que se han dado más arriba, o en el caso de que se abandone un intervalo objetivo, por ejemplo en el caso de una desviación desde un valor objetivo previamente establecido de la potencia relativa o en el caso de quedarse por debajo de una distancia mínima de la potencia real a la potencia a plena carga, es activa la regulación de la potencia de enfriamiento. Cuando, por ejemplo, la potencia relativa se desvía hacia valores superiores desde el valor objetivo y está situada por ejemplo dentro de un intervalo admisible, se aumenta por ejemplo la cantidad de agua que se ha inyectado delante del compresor. A causa de la potencia de enfriamiento que ha sido elevada de esta manera, sube la potencia a plena carga; de esta manera disminuye la potencia relativa real en el caso de una potencia útil constante, y el punto de funcionamiento del grupo de turbinas de gas puede ser regulado de nuevo a la potencia relativa nominal. Con frecuencia, los procesos no se desarrollan en una secuencia cronológica, sino que la regulación de la potencia de enfriamiento ya comienza a iniciarse mientras que la potencia útil todavía se está ajustando y regulando a un valor nominal. La modificación de la potencia a plena carga se efectúa entonces al mismo tiempo, pero con un gradiente más pequeño, de tal manera que el valor de la potencia relativa, que se ha aprovechado por ejemplo como magnitud de guía, sube al principio y tan sólo de una manera complementaria se regula de nuevo estacionariamente a un valor nominal. El proceso descrito se usa conforme al invento por supuesto de una manera análoga a una desviación desde otros valores nominales previamente establecidos, tales como los de la temperatura de entrada en las turbinas, la posición de la fila de lamas dirigibles previamente y así sucesivamente. Algo análogo es válido naturalmente también en el caso de una disminución de la potencia útil nominal; en este caso se disminuye la potencia de enfriamiento, con el fin de restablecer el estado de funcionamiento nominal. La modificación de la potencia a plena carga puede efectuarse en tal caso de un modo esencialmente más lento que la modificación de la potencia real, puesto que ésta, ciertamente, en el caso del funcionamiento de acuerdo con el procedimiento conforme al invento, siempre tiene, en el caso de una potencia a plena carga de partida, libertades tanto para una potencia más baja como también para una potencia más alta. La potencia real puede ser modificada en tal caso con suficiente rapidez con el fin de satisfacer unas demandas de potencia transitorias tales como las que aparecen en el caso de una sobrefrecuencia o una subfrecuencia. La potencia de enfriamiento variable se utiliza con el fin de establecer de nuevo el estado de funcionamiento de partida. Esto puede efectuarse de una manera comparativamente lenta; por ejemplo, si la potencia real es modificada en el intervalo de unos segundos, la potencia nominal lo es en el intervalo de unos minutos. Por consiguiente, se toma en consideración la reacción comparativamente retardada que más arriba se ha descrito y los períodos de tiempo de reacción del tramo de regulación.

Resumiendo, hay que atenerse de nuevo al hecho de que el núcleo del invento consiste en hacer funcionar un grupo de turbinas de gas con enfriamiento variable del medio de trabajo aspirado o parcialmente comprimido; de manera preferida mediante la inyección de un líquido, en particular agua, delante del compresor, dentro del compresor o entre dos escalones del compresor, y en tal caso ajustar la potencia de enfriamiento de tal manera que el estado de funcionamiento, en el caso de una respectiva entrega de potencia real del grupo de turbinas de gas, esté situado en cada caso ciertamente cerca del punto de funcionamiento a plena carga del grupo de turbinas de gas, lo cual garantiza por ejemplo unos favorables valores de las emisiones y un buen grado de rendimiento, pero también siempre por debajo de la potencia a plena carga, con lo cual se pone a disposición una reserva de potencia movilizable con rapidez, que se puede movilizar de un modo manifiestamente más rápido que si ella se tuviese que poner a disposición tan sólo mediante el enfriamiento variable. En tal caso se pueden aprovechar como magnitudes de guía de la regulación unas diferentes magnitudes de funcionamiento del grupo de turbinas de gas, que caracterizan al punto de funcionamiento del grupo de turbinas de gas, con relación al punto de funcionamiento a plena carga. En particular se han de mencionar como magnitudes de guía apropiadas la potencia relativa, que es definida en cada caso como la potencia útil actual referida a la potencia útil con la carga previa actual, que es dependiente de la potencia de enfriamiento, por lo demás una reserva de potencia de la potencia útil para la respectiva potencia a plena carga, una temperatura de entrada en las turbinas o una posición de una fila ajustable

de lamas dirigibles del compresor, en particular una fila ajustable de lamas dirigibles previamente. La potencia de enfriamiento es regulada en tal caso de tal manera que la magnitud de día se ajuste a un valor nominal o dentro de un intervalo objetivo. En el caso de la regulación a un valor objetivo, se define ventajosamente una banda muerta situada en torno al valor nominal, dentro de la cual es desactivada la regulación, con el fin de impedir una intervención excesivamente nerviosa de la regulación en el caso de unas pequeñísimas desviaciones.

Otras formas de realización ventajosas del invento se descubren por un experto en la especialidad a la luz de las reivindicaciones secundarias y de los ejemplos de realización que se van a describir seguidamente.

Breve descripción de los dibujos

El invento se explicará con mayor detalle a continuación con ayuda de unos ejemplos de realización que se ilustran en los dibujos. En particular la Figura 1 muestra un primer ejemplo para un grupo de turbinas de gas que se hace funcionar conforme al invento; la Figura 2 muestra un ejemplo para la evolución de unos parámetros decisivos de funcionamiento del grupo de turbinas de gas de la Figura 1 en el caso del uso del procedimiento conforme al invento; y la Figura 3 muestra otro grupo de turbinas de gas que se hace funcionar conforme al invento.

Para la comprensión del invento se suprimen los elementos que no son directamente necesarios. Los ejemplos de realización han de entenderse como puramente instructivos y no deben de ser usados para una restricción del invento que se caracterizará en las reivindicaciones.

Modo de realización del invento

En el caso del grupo de turbinas de gas que se representa en la Figura 1, una corriente de medio de trabajo, en el caso presente una corriente de aire de aspiración 11, es comprimida en un compresor 1 a una presión p_k , y en tal caso es calentada a la temperatura T_k . El aire comprimido 13 circula hacia dentro de la cámara de combustión 2. Allí, el aire comprimido 13 se mezcla con una cantidad de material combustible 14 dosificada por un órgano de ajuste de la cantidad de material combustible y se quema en el aire. El gas de humos 15 caliente presurizado circula con la presión p_1 y la temperatura de entrada en las turbinas T_1 entrando en la turbina 3. La presión p_1 corresponde de una manera esencial a la presión final p_k del compresor, de la que se restan las pérdidas de presión en la cámara de combustión. En la turbina 3 el gas de humos 15 presurizado es despresurizado hasta una presión p_{ex} . Ésta corresponde en lo esencial a la presión del medio ambiente. Al realizar la despresurización se produce trabajo en la turbina. El gas de salida 16 sale circulando con una temperatura T_{ex} , y puede ser usado de una manera de por sí conocida en un generador de vapor con aprovechamiento del calor. La turbina 3 propulsa al compresor 1 que está dispuesto en un árbol y a un generador 5. El generador 5 produce una potencia eléctrica útil P_{ACT} . Ésta se compara en un dispositivo regulador 23 con un valor nominal de la potencia P_{SET} , y a partir de la desviación de regulación se forma una magnitud de ajuste Y_1 para el órgano de ajuste 20 del material combustible, de tal manera que en dependencia de la desviación de regulación de la potencia se aumenta o disminuye la cantidad de material combustible. La temperatura de entrada en la turbina no se mide por lo general inmediatamente, sino que se calculará de un modo que sea habitual para un experto en la especialidad, por ejemplo en función de la temperatura a la salida de la turbina y de la presión final del compresor. Esto se efectúa en el ejemplo dado en un dispositivo regulador 18 que limita la temperatura de entrada en la turbina T_1 a un valor máximo. Cuando la temperatura de entrada en la turbina ha alcanzado un valor máximo admisible, el dispositivo regulador 18 interviene sobre la magnitud de ajuste Y_2 a la posición IGV de una fila ajustable de lamas dirigibles previamente 22, que determina en lo esencial el caudal volumétrico de aire que es aspirado por el compresor 1. En el caso de alcanzarse la temperatura admisible de entrada en la turbina, el dispositivo regulador 18 abre aún más a la fila de lamas dirigibles previamente 22 ajustable. Por consiguiente, aumentan el caudal volumétrico de aspiración y por consiguiente, en el caso de mantenerse constante la densidad del aire de aspiración, el caudal másico. Por lo tanto, en el caso de mantenerse constante la temperatura de entrada en la turbina se puede quemar más cantidad de combustible 14 y sube la potencia útil. Cuando se ha abierto completamente la fila de lamas dirigibles previamente, el dispositivo regulador 18 limita la cantidad del material combustible. Entonces, la fila de lamas dirigibles previamente está máximamente abierta y la temperatura de entrada en la turbina es máxima; esto constituye el punto de funcionamiento a plena carga del grupo de turbinas de gas, la potencia entregada en el caso de este funcionamiento es designada en este contexto como la potencia a plena carga de base. Por lo demás, en un dispositivo de inyección 4 se puede inyectar un líquido 17 en la corriente de aire 11 de aspiración. Mediante la evaporación del líquido delante del compresor sube el caudal másico del medio de trabajo en el caso de mantenerse constante el caudal volumétrico de aspiración. Cuando unas gotas penetran en el compresor 1, éstas se evaporan durante la compresión; esto reduce la absorción de potencia del compresor 1 y disminuye la temperatura final del compresor T_k . En virtud del caudal másico aumentado y de la temperatura final descendida en el compresor se puede ahora quemar más intensamente en el caso de mantenerse constante la temperatura de entrada de la turbina. En unión con la más pequeña absorción de potencia del compresor sube significativamente la potencia que está a disposición para la propulsión del generador. La potencia a plena carga sube por lo tanto significativamente en relación con la potencia a plena carga de base. A la inversa, en el caso de permanecer constante la potencia útil real P_{ACT} , es más pequeña la potencia relativa real como una relación de la potencia útil real a la potencia a plena carga. Esto quiere decir que en el caso de una

cantidad de material combustible que permanece esencialmente constante o incluso desciende ligeramente, al principio disminuye la temperatura de entrada en la turbina. De acuerdo con el concepto de regulación que más arriba se ha descrito, en este caso interviene el dispositivo regulador 18 y cierra algo a la fila de lamas dirigibles previamente 22, siendo mantenida en el valor máximo la temperatura de entrada en la turbina. El grupo de turbinas de gas reacciona de una manera comparativamente lenta a la inyección del líquido delante del compresor. Unas rápidas modificaciones de la potencia, tal como las que son necesarias para la captación de sobrefrecuencias o de subfrecuencias, se pueden realizar solo de una manera restringida mediante unas modificaciones de la potencia de enfriamiento. Un enfriamiento variable mediante unos intercambiadores de calor, por ejemplo como un enfriamiento intermedio en el compresor, reacciona en tal caso de un modo tendencialmente más lento que las intervenciones sobre la cantidad inyectada de líquido. De acuerdo con el invento, por lo tanto, el grupo de turbinas de gas no funcionará inmediatamente en condiciones de plena carga, por lo menos mientras tanto que el enfriamiento del medio de trabajo delante o dentro del compresor mantenga todavía a disposición unas reservas, sino que en el caso de una potencia útil previamente establecida, que por ejemplo es mayor que la potencia a plena carga de base, el enfriamiento se hará funcionar de tal manera que la potencia a plena carga actual con enfriamiento sea mayor que la potencia útil real. De esta manera existe una reserva con el fin de aumentar rápidamente aún más la potencia real. En el ejemplo representado se inyecta delante del compresor tanta cantidad de agua 17 que la potencia a plena carga sea mayor que la potencia útil real P_{ACT} y que la potencia útil nominal P_{SET} , de tal manera que el dispositivo regulador 18 no trabaje en la limitación de la magnitud de ajuste de la cantidad de material combustible. En el presente ejemplo la posición IGV de la fila de lamas dirigibles previamente se aprovecha como magnitud de guía de la cantidad de agua \dot{m}_K . Mediante una modificación de la cantidad de agua inyectada y por consiguiente de la potencia de enfriamiento, la posición IGV de la fila de lamas dirigibles previamente 22 se regula a un valor nominal IGV_S , en cuyo caso la fila de lamas dirigibles previamente no está completamente abierta. El dispositivo regulador 19 forma, a partir de la desviación desde el valor real al nominal de la posición de la fila de lamas dirigibles previamente, una magnitud de ajuste Y_3 para la cantidad inyectada \dot{m}_K , que es ajustada mediante el órgano de ajuste 21. Por supuesto que se pueden aprovechar como magnitudes de guía también otras magnitudes características de funcionamiento, pero la posición de la fila de lamas dirigibles previamente es accesible de una manera especialmente fácil, y en el intervalo de potencias relevantes existe una alta correlación entre la posición de la fila de lamas dirigibles previamente y la potencia relativa.

La Figura 2 representa esquemáticamente unas evoluciones dadas a modo de ejemplo de algunas magnitudes del grupo de turbinas de gas de la Figura 1. Se representa la evolución de la potencia a plena carga P_{VL} , de la potencia real P_{ACT} , de la potencia relativa real P_{REL} , de la posición IGV de la fila de lamas dirigibles previamente, así como de la cantidad de líquido inyectado \dot{m}_K a lo largo del tiempo. En el eje vertical se caracteriza la potencia a plena carga de base $P_{VL,G}$, la potencia relativa de 100 % así como el valor nominal de la magnitud de guía para la potencia de enfriamiento y la posición nominal IGV_S de la fila de lamas dirigibles previamente. Al comienzo, la potencia real está muy alejada por debajo de la potencia a plena carga. La posición de la fila de lamas dirigibles previamente está situada todavía por debajo del valor nominal, la fila de lamas dirigibles previamente está como hace poco ampliamente cerrada y el caudal másico de agua \dot{m}_K es todavía de cero; por lo tanto el circuito de regulación para la potencia de enfriamiento por lo tanto para el caudal másico de agua inyectada, todavía no es activo. La potencia a plena carga P_{VL} es igual a la potencia a plena carga de base $P_{VL,G}$. En el caso de una elevación de la potencia real se abre la fila de lamas dirigibles previamente; el caudal másico de inyección permanece al principio en el valor de cero y la potencia a plena carga permanece correspondientemente constante. Cuando la apertura de la fila de lamas dirigibles previamente sobrepasa el valor nominal, se hace activa la regulación de la inyección de agua, y el caudal másico de agua \dot{m}_K sube. Tal como más arriba se ha descrito, éste repercute sobre la temperatura de entrada en la turbina, y la fila de lamas dirigibles previamente se abre, con una potencia que va subiendo aún más, con un gradiente comparativamente más pequeño. Cuando la potencia real permanece constante, el caudal másico de agua se aumenta adicionalmente hasta que la posición de la fila de lamas dirigibles previamente haya sido regulada al valor nominal. Mediante el enfriamiento del aire corriente arriba del compresor y en el compresor, al crecer el caudal másico de agua sube la potencia a plena carga del grupo de turbinas de gas. De un modo correspondiente al principio sube la potencia relativa en consonancia con la potencia real, en el caso de una activación de la inyección de agua sube más lentamente, y luego disminuye. Aun cuando la potencia real es casi igual a la potencia a plena carga de base, la potencia relativa, después de una estabilización de la cantidad inyectada, está manifiestamente por debajo de 100 %. A causa del enfriamiento, mediante el agua inyectada la potencia a plena carga es ajustada por encima de la potencia real. La diferencia está a disposición como una reserva de potencia movilizable con rapidez. A causa de una rápida demanda de potencia en el momento t_4 , que es provocada por ejemplo por una subfrecuencia, la potencia real sube rápidamente, casi hasta llegar a la potencia a plena carga. De un modo correspondiente la potencia relativa sube casi repentinamente hasta casi un 100 %. La fila de lamas dirigibles previamente debe ser abierta casi completamente, para que la temperatura de entrada en la turbina no suba por encima del valor máximamente admisible. Como consecuencia, el dispositivo regulador 19 que se representa en la Figura 1 aumenta la cantidad de agua con un gradiente previamente establecido. En el caso de que permanezca constante la potencia real, sube la potencia a plena carga y desciende la potencia relativa. La fila de lamas dirigibles previamente es cerrada de nuevo. Cuando la posición de la fila de lamas dirigibles previamente alcanza de nuevo el valor nominal, la cantidad inyectada se mantiene de nuevo constante y el grupo de turbinas de gas trabaja de nuevo en el punto de funcionamiento nominal con una reserva de potencia. Cuando en el momento t_6 la potencia disminuye repentinamente, también se cierra rápidamente la fila de lamas dirigibles previamente; la potencia relativa disminuye con el valor real de la potencia. De una manera correspondiente, el dispositivo regulador 19 reacciona con una

disminución del caudal másico de agua. La potencia a plena carga desciende, la potencia relativa sube y la fila de lamas dirigibles previamente se abre de nuevo. La cantidad de agua se hace disminuir durante tanto tiempo hasta que o bien la desviación desde el valor nominal al real de la posición de la fila de lamas dirigibles previamente sea regulada de nuevo o hasta que la inyección de agua sea desactivada completamente y el dispositivo regulador 19 trabaje por lo tanto de nuevo en una limitación. De acuerdo con el concepto de regulación del grupo de turbinas de gas que más arriba se ha expuesto, la temperatura de entrada en la turbina permanece constante en el intervalo de potencias relativas que se representa, puesto que éste es mantenido constante mediante el dispositivo regulador 18 en sintonía con la posición de la fila de lamas dirigibles previamente.

Así y todo, una forma de realización especialmente preferida del invento, consiste en activar el enfriamiento variable, que de acuerdo con el ejemplo de realización se realiza mediante la inyección de agua, tan sólo en el caso de una temperatura de entrada en la turbina lo más alta que sea posible. En el caso de un grupo de turbinas de gas, en cuyo caso la temperatura de entrada en la turbina es ajustable mediante unas filas ajustables de lamas previamente ajustables, el enfriamiento de manera ventajosa es activado tan sólo cuando la temperatura de entrada en la turbina, y eventualmente todas las temperaturas de entrada en la turbina, haya(n) alcanzado el valor máximo, es decir el valor a plena carga. A la inversa, la potencia de enfriamiento es disminuida cuando la temperatura de entrada en la turbina haya descendido por debajo del valor a plena carga. Este modo de funcionamiento asegura que el grupo de turbinas de gas sea hecho funcionar siempre lo más cercanamente que sea posible a su punto de dimensionamiento y en particular cuando sea bueno el grado de quemado, con lo cual se aseguren unas pequeñas emisiones de hidrocarburos no quemados y de monóxido de carbono.

La Figura 3 muestra un ejemplo para la realización del invento en un grupo de turbinas de gas en las que se quema secuencialmente del tipo conocido a partir del documento EP 620 362. En trazos esenciales, su función se descubre a la luz de las precedentes explicaciones dadas acerca de la Figura 1, por lo cual se prescinde en este lugar de una descripción detallada. La particularidad del grupo de turbinas de gas que se representa en la Figura 3 consiste en que al medio de trabajo se le aporta calor por lo menos una vez más entre dos etapas de despresurización. En el caso del grupo de turbinas de gas que se representa, en el aire comprimido 13a se quema al principio en una cámara de combustión a alta presión 2a una cierta cantidad 14a de material combustible. El gas de humos caliente 15a es despresurizado parcialmente en una turbina de alta presión 3a, por ejemplo con una relación 2 de presiones. El gas caliente parcialmente despresurizado circula con un contenido restante de oxígeno de alrededor de 15 % hasta 17 % dentro de una cámara de combustión a baja presión 2b. La cámara de combustión a baja presión es en particular una cámara de combustión que se enciende automáticamente del tipo conocido a partir del documento EP 669 500. Allí se aporta y se quema una segunda cantidad 14b de combustible, y el medio de trabajo que siempre está todavía presurizado es calentado posteriormente, y finalmente es despresurizado en la turbina a baja presión 3b aproximadamente a la presión del medio ambiente. Por lo demás, el compresor está subdividido en dos compresores parciales 1a y 1b dispuestos en fila, entre los cuales está dispuesto un dispositivo enfriador por inyección 4b, a través del cual se puede inyectar un líquido en el medio de trabajo parcialmente comprimido 12. Mediante la evaporación del líquido se llega a una disminución de la temperatura del medio de trabajo parcialmente comprimido 12; por lo demás, unas gotas de líquido penetran en el compresor a alta presión 1b y enfrían al medio de trabajo durante la compresión ulterior. La aportación variable del líquido a los dispositivos de inyección 4a y 4b es aprovechada conforme al invento para regular a la potencia a plena carga siempre por encima de la potencia real, como se explicará seguidamente. Tal como se explicó en conexión con la Figura 1, un dispositivo regulador 23, a partir de una desviación de regulación $P_{SET-PACT}$ de la potencia, forma una magnitud de ajuste de las cantidades de material combustible que, de acuerdo con unos criterios que se describen en otros lugares y que en este contexto no son esenciales primariamente, se subdivide en unas magnitudes de ajuste Y_5 e Y_6 para los dos órganos de ajuste 20a y 20b de las cantidades de material combustible de las dos cámaras de combustión. Por lo demás, a partir de las relaciones de presión a lo largo de una turbina y de la temperatura detrás de la turbina, se calcula la respectiva temperatura de entrada en la turbina, puesto que ésta última en la práctica es accesible solamente con dificultades según la técnica de medición. Se presupone en este caso que la caída de presión a lo largo de las cámaras de combustión es en lo esencial constante, de tal manera que en el dispositivo regulador 18a a partir de la presión final del compresor p_k , así como de la presión y la temperatura detrás de la turbina a alta presión p_2 y T_2 , se determina la temperatura de entrada en la turbina T_1 de la turbina a alta presión 3a; de un modo análogo y que se describe detalladamente en otros lugares se determina en el dispositivo regulador 18b la temperatura de entrada en la turbina T_3 de la turbina de baja presión. En los dos dispositivos reguladores, en virtud de las temperaturas de entrada en la turbina que se han determinado, se determinan unas magnitudes de ajuste Y_2 para el miembro de ajuste de la fila ajustable de lamas dirigibles previamente 22. Las dos magnitudes de ajuste que se han determinado de este modo se comparan entre sí en un miembro lógico 25c, y en particular la mayor de ambas se transmite al miembro de ajuste. Por lo demás, a partir de las temperaturas de entrada en la turbina se determinan unos criterios de limitación para las magnitudes de ajuste Y_5 y Y_6 de las cantidades de material combustible, que intervienen cuando la respectiva temperatura de entrada es máxima y la fila de lamas dirigibles previamente ya está completamente abierta. Estas magnitudes se comparan en los miembros lógicos 25a y 25 b con las magnitudes de ajuste de las cantidades de material combustible, y limitan eventualmente la magnitud de ajuste transmitida al respectivo miembro de ajuste. En un circuito de cálculo 24, a partir de la potencia a plena carga de base en el caso de unas condiciones normalizadas del medio ambiente del grupo de turbinas de gas P_{ISO} y de las condiciones del medio ambiente AMB, es decir en particular la temperatura, la presión y la humedad del aire del medio ambiente, se calcula la potencia a

plena carga de base actual $P_{VL,G}$. Ésta es corregida seguidamente para la potencia de enfriamiento, aprovechándose como medida de la potencia de enfriamiento los caudales máscicos de inyección $\dot{m}_{K,1}$ y $\dot{m}_{K,2}$. A partir de esto resulta la potencia a plena carga actual P_{VL} . Estos cálculos son habituales sin problemas para un experto en la especialidad mediante uso de las condiciones mecánicas de fluidos y termodinámicas y con el conocimiento de las magnitudes características especiales de los componentes del grupo de turbinas de gas. Finalmente, la potencia útil real P_{ACT} es referida a la potencia a plena carga actual P_{VL} , a partir de lo que se establece la potencia relativa P_{REL} . En el dispositivo regulador 19, finalmente, a partir de la desviación de regulación entre la potencia relativa real P_{REL} y la potencia relativa nominal $P_{REL,S}$, se determinan las magnitudes de ajuste Y_3 e Y_4 para los órganos de ajuste 21a y 21b del caudal máscico de líquido, que regulan el caudal máscico del agua que se ha aportado a un dispositivo de inyección 4a, 4b. Las magnitudes de ajuste se guían en tal caso todavía a lo largo un miembro de histéresis 26. que define una banda muerta en torno al valor nominal de la potencia relativa, dentro de la cual se reprimen las intervenciones de regulación, lo cual evita una reacción excesivamente nerviosa de la regulación de las cantidades de agua. Cuando, por lo tanto, la potencia relativa es mayor que el valor nominal de la potencia relativa, se aumenta el caudal máscico de inyección $\dot{m}_{K,1}$ y/o $\dot{m}_{K,2}$ de por lo menos uno de los dispositivos de inyección. Por consiguiente sube la potencia a plena carga actual P_{VL} y, en el caso de que permanezca constante la potencia útil real, disminuye la potencia relativa real, y por consiguiente se aproxima al valor nominal de la potencia relativa. A la inversa, se disminuye el caudal máscico de inyección cuando la potencia relativa real está situada por debajo de la potencia relativa nominal, con el fin de regular al valor nominal la potencia relativa real. De esta manera, la potencia relativa se regula en un funcionamiento estacionario a un valor situado dentro de una banda muerta en torno a un valor nominal de la potencia relativa que está situado preferiblemente en el intervalo de 90 % a 95 %, de tal manera que siempre está a disposición una reserva de potencia rápidamente movilizable. Por los motivos más arriba mencionados, es ventajoso que se disminuya la potencia de enfriamiento, aun cuando la potencia relativa esté situada todavía dentro de la banda muerta, cuando una temperatura de entrada en la turbina caiga por debajo del valor máximo. Tal como es manifiestamente reconocible, la regulación a un valor nominal de la potencia relativa, que aquí se describe, es más compleja que la regulación a un valor nominal de la posición de la fila de lamas dirigibles previamente, que se ha representado en conexión con la Figura 1, pero hace posible, en particular en conexión con unos grupos de turbinas de gas en las que se quema secuencialmente, una reserva de potencia más definida. El transcurso de la regulación se representa análogamente al ejemplo que se ha representado en la Figura 2.

Con ayuda de la presente descripción y de los precedentes ejemplos de realización, un experto en la especialidad obtiene una visión detallada del invento que es caracterizado en las reivindicaciones y se descubren sin problemas también las formas de realización del invento que no se han representado en los ejemplos de realización, pero que están abarcadas en las reivindicaciones.

Lista de signos de referencia

	1	compresor
	1a	primer compresor parcial, compresor a baja presión
5	1b	segundo compresor parcial, compresor a alta presión
	2	cámara de combustión
	2a	primera cámara de combustión, cámara de combustión a alta presión
	2b	segunda cámara de combustión, cámara de combustión a baja presión
	3	turbina
10	3a	primera turbina, turbina a alta presión
	3b	segunda turbina, turbina a baja presión
	4, 4a, 4b	dispositivo de enfriamiento, dispositivo de inyección
	5	generador
	11	medio de trabajo no comprimido, aire de aspiración
15	12	medio de trabajo parcialmente comprimido
	13, 13a	medio de trabajo comprimido
	13b	gas de humos parcialmente despresurizado
	14, 14a, 14b	material combustible
	15, 15a, 15b	gas de humos calentado
20	16	medio de trabajo despresurizado, gas de salida
	17, 17a, 17b	medio de enfriamiento
	18, 18a, 18b	dispositivo regulador de la temperatura
	19	dispositivo regulador
	20, 20a, 20b	miembro de ajuste de las cantidades de material combustible
25	21, 21a, 21b	miembro de ajuste del medio de enfriamiento
	22	fila ajustable de lamas dirigibles previamente
	23	dispositivo regulador de la potencia
	24	miembro de cálculo
	25, 25a, 25b, 25c	miembro lógico
30	26	miembro de histéresis
	AMB	condiciones del medio ambiente (presión, temperatura, humedad)
	IGV	posición de la fila ajustable de lamas dirigibles previamente
	IGV _s	posición nominal de la fila ajustable de lamas dirigibles previamente
35	$\dot{m}_K, \dot{m}_{K,1}, \dot{m}_{K,2}$	caudal másico de líquido para el enfriamiento
	P _{ACT}	potencia útil
	P _{SET}	potencia útil nominal
	P _{REL}	potencia relativa real
	P _{REL,S}	potencia relativa nominal
40	P _{ISO}	potencia a plena carga en condiciones normalizadas
	P _{VL,G}	potencia a plena carga de base
	P _{VL}	potencia a plena carga actual, potencia a plena carga real
	p _K	presión final del compresor
	p ₁	presión delante de la primera turbina
45	p ₂	presión detrás de la primera turbina
	P ₃	potencia delante de la segunda turbina
	P _{ex}	presión detrás de la última turbina
	T _K	temperatura final del compresor
	T ₁	temperatura delante de la primera turbina
50	T ₂	temperatura detrás de la primera turbina
	T ₃	temperatura delante de la segunda turbina
	T _{ex}	temperatura detrás de la última turbina
	Y ₁	magnitud de ajuste de las cantidades de material combustible
	Y ₂	magnitud de ajuste de la fila de lamas dirigibles previamente
55	Y ₃	magnitud de ajuste de la potencia de enfriamiento
	Y ₄	magnitud de ajuste de la potencia de enfriamiento
	Y ₅	magnitud de ajuste de las cantidades de material combustible para la cámara de combustión a alta presión
60	Y ₆	magnitud de ajuste de las cantidades de material combustible para la cámara de combustión a baja presión.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el funcionamiento de un grupo de turbinas de gas, en el que: se comprime un medio de trabajo (11) en por lo menos un compresor, (1, 1a, 1b); el medio de trabajo comprimido (13,13a) se calienta en por lo menos una pieza constructiva para la aportación de calor (2a) mediante aportación de una cantidad de calor a una temperatura de entrada en la turbina; el medio de trabajo (15,15a,15b) es despresurizado en por lo menos una turbina (3,3a, 3b); al efectuarse la despresurización del medio de trabajo se produce una potencia en el árbol; por lo menos una primera parte de la potencia en el árbol se utiliza para la propulsión del compresor; y una parte de la potencia del árbol que sobrepasa a la primera parte se utiliza como potencia útil (P_{ACT}) para la propulsión de un dispositivo consumidor de potencia (5) siendo ajustable la potencia a plena carga (P_{VL}) del grupo de turbinas de gas mediante el enfriamiento del medio de trabajo antes de o durante el proceso de compresión con una potencia de enfriamiento; y siendo regulada la potencia útil real (P_{ACT}) del grupo de turbinas de gas a una potencia útil nominal; caracterizado por que la potencia de enfriamiento es ajustada de tal manera que la potencia a plena carga actual (P_{VL}) es mayor que la potencia útil real (P_{ACT}), de tal manera que el grupo de turbinas de gas se hace funcionar con una potencia relativa real (P_{REL}), referida a la potencia a plena carga actual (P_{VL}), de menos que 100 % y porque a unas rápidas demandas de potencia se reacciona prácticamente sin retraso inmediatamente mediante una elevación de la aportación de calor al medio de trabajo comprimido.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que la potencia a plena carga es definida como la potencia útil, en cuyo caso por lo menos uno de los parámetros temperatura del proceso y presión del proceso, en el caso de un caudal volumétrico de entrada máximo del compresor, está en un valor máximo admisible.
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que la potencia a plena carga es definida como la potencia útil, en cuyo caso todas las temperaturas de entrada en la turbina, en el caso de un caudal volumétrico de entrada máximo del compresor, han alcanzado un valor límite máximamente admisible.
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 ó 3, caracterizado por que el caudal volumétrico de entrada es determinado mediante la posición (IGV) de una fila de lamas dirigibles rápidamente (22) del compresor.
5. Procedimiento de acuerdo con una de las precedentes reivindicaciones, caracterizado por que el compresor aspira aire del medio ambiente, y la potencia a plena carga se calcula a partir de una potencia de referencia (P_{ISO}), de la presión del aire del medio ambiente, de la temperatura del aire del medio ambiente, de la humedad del aire del medio ambiente y de la potencia de enfriamiento.
6. Procedimiento de acuerdo con una de las precedentes reivindicaciones, caracterizado por que el compresor aspira aire del medio ambiente, y la potencia a plena carga se calcula a partir de una potencia de referencia (P_{ISO}), de la presión del aire de aspiración, de la temperatura del aire de aspiración y de la potencia de enfriamiento.
7. Procedimiento de acuerdo con una de las precedentes reivindicaciones, caracterizado por que la potencia de enfriamiento se regula de tal manera que una magnitud característica de funcionamiento, que es apropiada para la descripción del punto de funcionamiento del grupo de turbinas de gas en relación con un punto de funcionamiento a plena carga, que se aprovecha como magnitud de guía de la regulación, se regula a un valor objetivo o dentro de un intervalo objetivo.
8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado por que la magnitud de guía se mantiene en torno al valor objetivo por variación de la potencia de enfriamiento en funcionamiento estacionario dentro de una banda muerta.
9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 u 8, caracterizado por que la potencia relativa se aprovecha como magnitud de guía de la regulación.
10. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 u 8, caracterizado por que una distancia de la potencia útil real con respecto de la potencia a plena carga actual se aprovecha como magnitud de guía de la regulación.
11. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 u 8, caracterizado por que la posición de una fila ajustable de lamas dirigibles previamente se aprovecha como magnitud de guía.
12. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 u 8, caracterizado por que una presión de entrada en la turbina se aprovecha como magnitud de guía para la regulación.
13. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 hasta 12, caracterizado por que, en el caso de una modificación de la potencia útil nominal, la potencia real se modifica con un primer gradiente de potencia desviándose la magnitud de guía desde su valor nominal o abandonando su intervalo objetivo, y mediante un ajuste

de la potencia de enfriamiento se modifica la potencia a plena carga con un segundo gradiente de potencia, de tal manera que la magnitud de guía se regula de nuevo al valor objetivo o en el intervalo nominal, siendo el segundo gradiente de potencia más pequeño que el primer gradiente de potencia.

5 14. Procedimiento de acuerdo con una de las precedentes reivindicaciones, caracterizado por que la potencia de enfriamiento se ajusta mediante la modificación de un caudal másico de líquido ($\dot{m}_K, \dot{m}_{K,1}, \dot{m}_{K,2}$) incorporado en el medio de trabajo antes de o durante el proceso de compresión.

15. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14, caracterizado por que se aprovecha, como medida para la potencia de enfriamiento, un caudal másico de líquido ($\dot{m}_K, \dot{m}_{K,1}, \dot{m}_{K,2}$) introducido en un dispositivo de inyección (4, 4a, 4b).

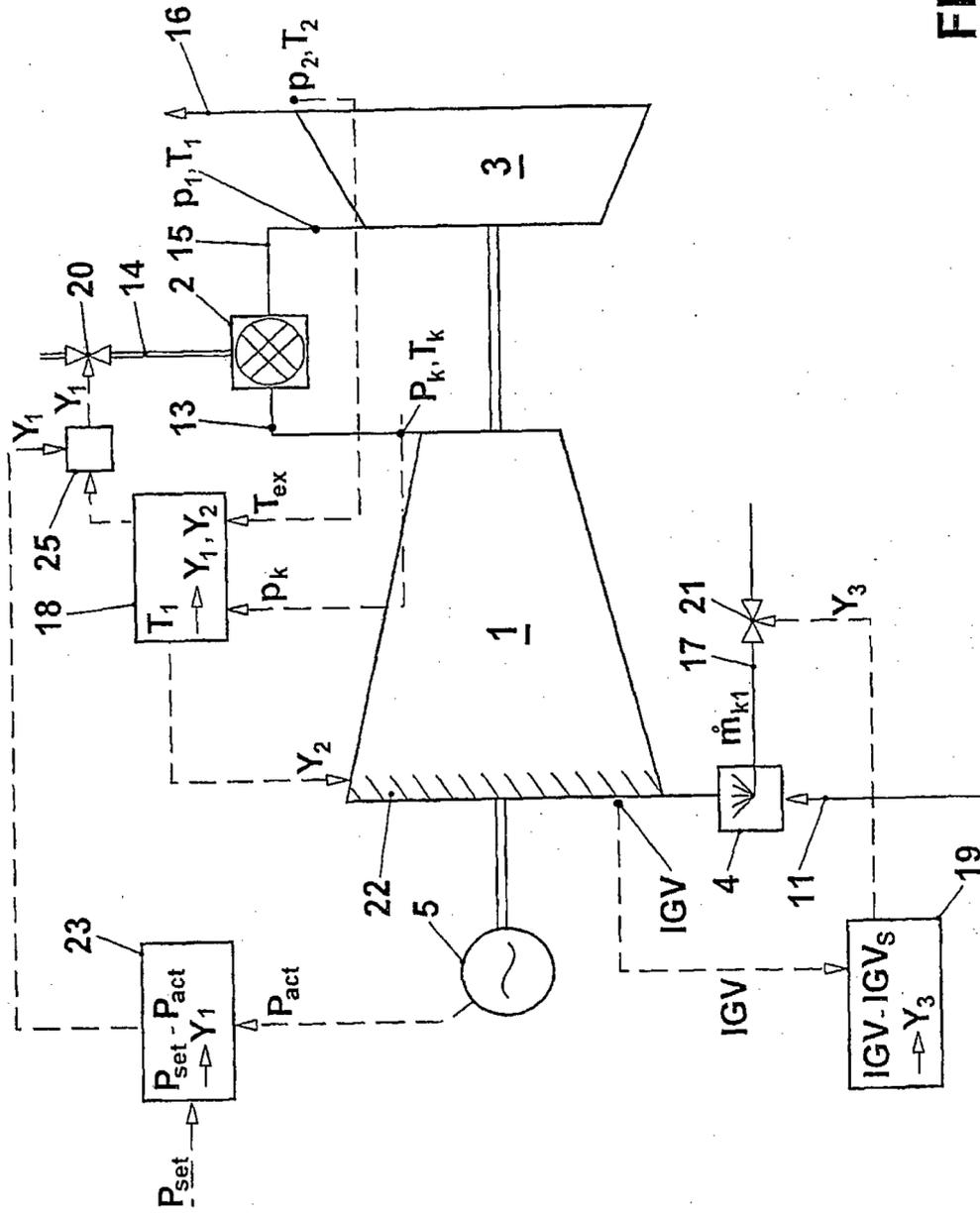


FIG. 1

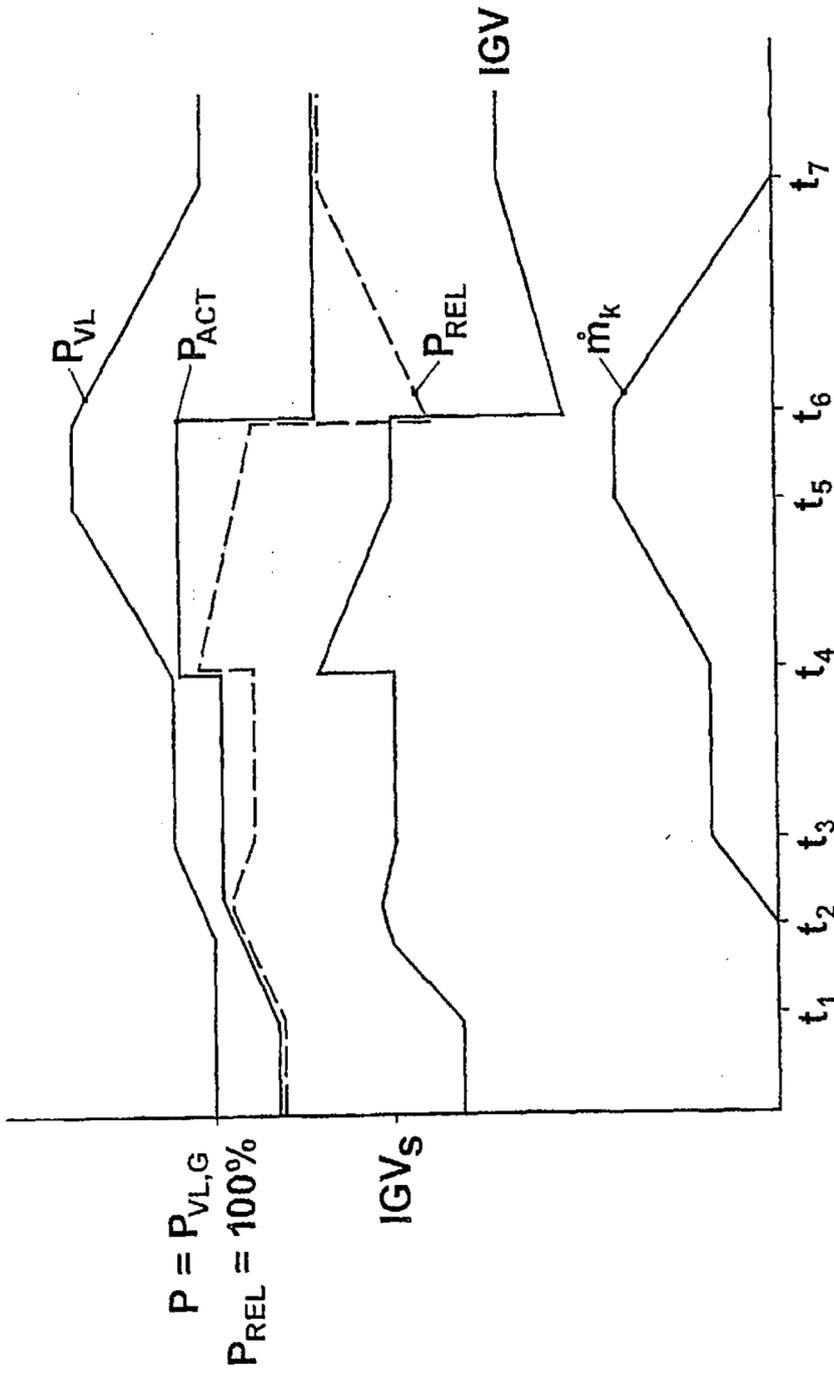


FIG. 2

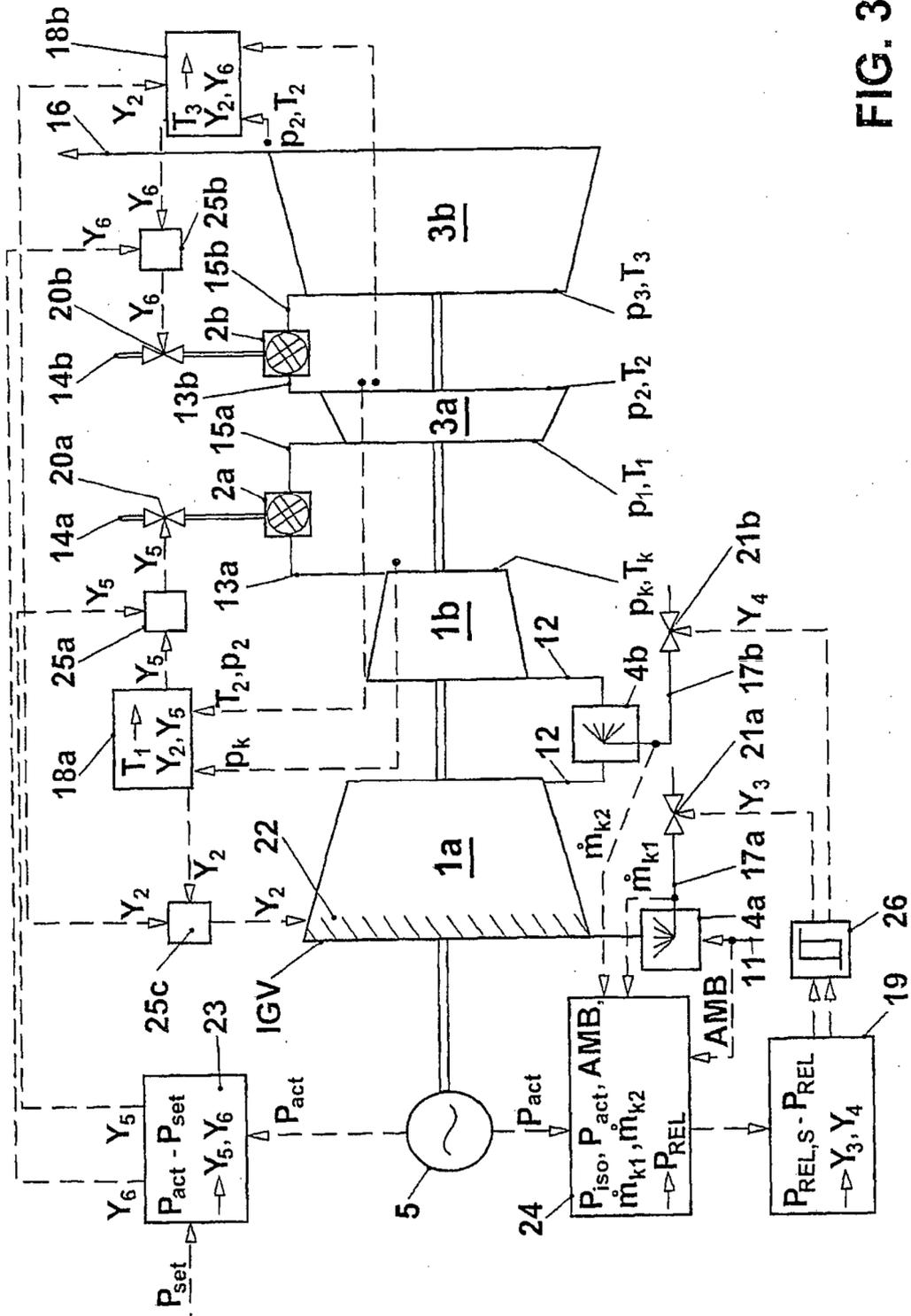


FIG. 3