

P - 37.993

B. 2390-3 AT/MD

352440

Memoria descriptiva



6 MAY 1968

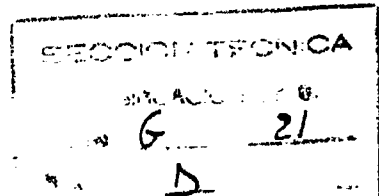
6 MAY 1968

para solicitar PATENTE DE INVENCION

por 20 años

a nombre de COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

entidad / ~~de nacionalidad~~ francesa



con domicilio en 29, rue de la Fédération, París, Francia

por: "PROCEDIMIENTO DE EXPLOTACION DE UNA CENTRAL TERMICA"

(Clase Internacional G21d F01k)

6 MAY.



El presente invento de Ennemond Maillet tiene por objeto un procedimiento de explotación de una central térmica. Este procedimiento está destinado más particularmente a ser utilizado en centrales en que el calor es proporcionado por un reactor nuclear. Sin embargo, se aplica igualmente a cualquier otra central que utilice combustibles clásicos.

El invento concierne más precisamente a la regulación de la potencia de una central con turbina de gas, en la cual se hace sufrir a un gas un ciclo termo-dinámico cerrado según el cual es sucesivamente calentado, expandido, refrigerado, comprimido y precalentado por recuperación por cambio con el gas expandido. Se aplica, en particular, a la regulación de las variaciones de potencia de una central nuclear con turbina de gas en ciclo directo, estando constituido entonces el gas del ciclo termo-dinámico por el refrigerante de un reactor nuclear con refrigerante gaseoso.

En una central térmica clásica, con turbina de gas bajo presión en circuito cerrado, se hace variar generalmente la potencia modificando proporcionalmente las presiones de todo el ciclo, es decir, la densidad del gas y su caudal másico.

Al permanecer las temperaturas iguales, el rendimiento es poco afectado por los cambios de densidad.

Este modo de regulación implica variaciones importantes y frecuentes de la presión en la fuente de calor que asegura el caldeo del gas. En consecuencia, es poco deseable en el caso de un reactor nuclear, por que estas variaciones de presión fatigarían las fundas que ro-



dean los elementos combustibles y los cajones, generalmente de hormigón pretensado, que sostienen la presión del gas.

5 El presente invento permite librarse de estos inconvenientes evitando variaciones de presión sistemáticas en el reactor nuclear. Permite igualmente asegurar un rendimiento óptimo del ciclo termodinámico, respetando a la vez las limitaciones de temperatura impuestas por los materiales utilizados en la construcción de los diferentes aparatos, concerniendo la primera de estas limitaciones a la temperatura máxima de las fundas de elementos combustibles.

15 El presente invento propone un procedimiento de explotación de una central térmica, especialmente nuclear, en el cual se hace sufrir a un gas un ciclo termodinámico cerrado según el cual es sucesivamente calentado en una fuente de calor tal como un reactor nuclear, expandido, refrigerado, comprimido y precalentado por recuperación por cambio con el gas expandido, procedimiento que se caracteriza esencialmente por que se hace variar la relación de compresión en el mismo sentido que la potencia de la central, con objeto de mantener constante la presión del gas en la fuente de calor, y por que se hace variar las temperaturas del gas precalentado a la entrada de la fuente de calor y del gas caliente, a la salida de dicha fuente, con objeto de que la temperatura máxima de las superficies en contacto con las cuales se efectúa el recalentamiento del gas en la fuente de calor, especialmente de las fundas de elementos combustibles, 25 en el caso de un reactor nuclear, permanezca sensiblemente 30



te constante en el curso de las variaciones de potencia, en la proximidad de la potencia máxima.

5 Tal regulación, que permite mantener la temperatura del gas caliente al valor máximo fijado por los imperativos de construcción de la fuente de calor, asegura en cada instante un rendimiento óptimo del ciclo termodinámico. Se sabe, en efecto, que en el caso de centrales nucleares, este rendimiento, que aumenta con la temperatura del gas caliente, está limitado, en primer lugar, por la temperatura máxima que pueden soportar los materiales del reactor.

15 Según una característica secundaria del procedimiento objeto del invento, cuando se disminuye la potencia de la central en la proximidad de la potencia máxima, se aumenta la temperatura de entrada del gas en la fuente de calor sin modificar sensiblemente la temperatura de salida. Esta disminuye muy ligeramente.

20 Según todavía otra característica del invento, el gas precalentado sufre una expansión previa antes de ser calentado por la fuente de calor, y se hacen variar las presiones extremas del ciclo antes y después de la compresión, con objeto de mantener constante la presión del gas al final de la expansión previa.

25 El invento será mejor comprendido con la lectura de la descripción siguiente, que concierne a modos de utilización particulares del procedimiento aplicado a una central nuclear. Esta descripción, dada a título de ejemplo, no debe tener ningún carácter limitativo frente al invento. Se refiere a las figuras 1 a 5 adjuntas, en
30 las cuales:



- La figura 1 muestra las variaciones de las temperaturas en el curso del recorrido en el reactor,

5 - la figura 2 muestra las variaciones que se hace sufrir a las temperaturas del gas en la entrada y en la salida del reactor durante las variaciones de potencia,

- la figura 3 ilustra las variaciones de las características de un ciclo termodinámico en la proximidad de la potencia máxima,

10 - la figura 4 muestra las mismas variaciones en una variante del ciclo de la figura 3 que incluye una expansión previa del gas antes de calentamiento en el reactor,

- la figura 5 muestra las variaciones del ciclo de la figura 4 en la proximidad de la potencia mínima.

15 El procedimiento descrito se aplica a la regulación de la potencia proporcionada por una central nuclear en la cual el fluido motor es un gas que constituye el gas refrigerante del reactor nuclear. El gas así calentado en el reactor nuclear es expandido en una turbina de gas que arrastra un alternador.

20

El gas expandido se enfría luego en un cambiador de recuperación, luego se comprime en dos o tres etapas y se recalienta en el cambiador de recuperación antes de ser enviado de nuevo a la entrada del reactor nuclear.

25 El ciclo termodinámico es entonces el que se representa en trazos continuos en la figura 3.

Una variante de estos ciclos, particularmente interesante en el caso de las centrales nucleares, es aquella en que el gas precalentado por recuperación de las calorías disponibles en el gas procedente del reactor,

30



sufre una expansión previa antes de su entrada en este reactor.

5 Además, cuando el gas que asegura la refrigeración del reactor es fácilmente condensable, se mejora el rendimiento efectuando la compresión en la proximidad de la curva de saturación del gas y haciendo pasar una parte de éste al estado líquido. El ciclo es entonces del tipo del que se representa en la figura 4. Un ciclo análogo se describe en la solicitud de patente presentada a nombre del solicitante el 29 de Septiembre de 1.966 y que tiene como título: "Procedimiento y dispositivo de producción de energía utilizando ciclos termodinámicos con gas condensado a temperatura ambiente".

15 Las variaciones de la temperatura del gas en el curso de la travesía del reactor estan ilustradas por la curva 1 de la figura 1. La curva 2 representa las variaciones correlativas de la temperatura de las fundas a través de las cuales se efectúa el cambio térmico entre el gas y los elementos combustibles.

20 Se ve que, según la longitud L de los elementos combustibles, la temperatura del gas aumenta de t_e en la entrada a t_s en la salida, mientras que la temperatura de la funda acusa un máximo intermedio en t_m . De una manera general, las características de la central se eligen de tal manera que esta temperatura máxima t_m esté cerca del límite impuesto por el material que constituye las fundas, con el fin de asegurar un buen rendimiento del ciclo.

25 Si se disminuye la potencia térmica del reactor a partir de la potencia máxima conservando aproximadamente la misma presión y el mismo caudal de gas, es posible ele-



gir las temperaturas de entrada y de salida del gas de manera que se mantenga el mismo valor de la temperatura máxima de la funda y que se asegure, por consiguiente, un buen rendimiento del ciclo.

5 Las curvas de temperatura de la figura 1 se convierten entonces en las curvas 1' para el gas y 2' para la funda. Para obtener la misma temperatura máxima de la funda t_m , se reduce la diferencia máxima de temperatura entre gas y funda de $\triangle t$ a $\triangle t'$, lo que se consigue aumentando de t_e a t'_e la temperatura de entrada del gas en el reactor, permaneciendo la temperatura de salida t_s casi constante.

15 La figura 2 representa las variaciones que se hacen sufrir según el invento a las temperaturas del gas en la entrada y en la salida del reactor, respectivamente t_e y t_s , cuando la potencia térmica de éste varía entre la potencia máxima $W_{m\acute{a}x}$ y la potencia mínima $W_{m\acute{i}n}$.

Las temperaturas t_e y t_s y las presiones extremas del ciclo son reguladas en función de las variaciones de potencia del reactor de la manera siguiente:

20 1.- En la proximidad de la potencia máxima, cuando esta potencia disminuye, se disminuye la relación de las presiones antes y después de la compresión y, simultáneamente, se aumenta principalmente la temperatura de entrada del gas en el reactor t_e sin modificar sensiblemente la temperatura de salida t_s . Esta puede ser, sin embargo, ligeramente disminuída.

25 2.- Cuando la potencia se acerca a la proximidad de la potencia mínima, se disminuye entonces la relación de las presiones de los compresores, al mismo tiempo que



su caudal, y simultáneamente, se disminuye a la vez la temperatura del gas en la salida del reactor y su temperatura en la entrada, pero está menos rápidamente que la primera.

5 3.- En el curso de la reducción de potencia, desde el régimen máximo hasta el régimen mínimo, se aislan eventualmente ciertos compresores cuando varios están dispuestos en serie, para no conservar más que el o los compresores que aseguran la presión máxima del ciclo, que permanecen solos en marcha cuando al alcanzar la potencia su valor mínimo, el alternador es parado. Se puede también, de una manera concomitante o no, hacer variar la velocidad de los compresores.

15 Este modo de regulación permite obtener el mejor rendimiento posible en la más amplia extensión de variaciones de la potencia, respetando a la vez las limitaciones de temperatura impuestas por los materiales de las fundas de elementos combustibles y del cambiador de recuperación especialmente.

20 A título de ejemplo, las temperaturas de entrada y de salida del gas en el reactor a la potencia máxima son de 350°C y 700°C, con una temperatura máxima de las fundas de 800°C, y en el curso de las reducciones de potencia, la temperatura de salida disminuye hasta 400°C, aproximadamente, mientras que la temperatura de entrada aumenta en primer lugar, y vuelve a caer a cerca de 350°C para la potencia mínima.

25 La figura 3 muestra en trazos mixtos el ciclo modificado obtenido a potencia reducida conforme al modo de regulación anterior. Con relación a la potencia má-

30



xima, se conserva la misma presión p_b en el reactor, mientras que, al disminuir la relación de compresión, la presión mínima p_a aumenta hasta p'_a ; a este efecto, se puede aislar el compresor de baja presión o reducir su velocidad. La temperatura de entrada del gas en el reactor aumenta hasta t'_e y la temperatura de salida disminuye a t'_s , mientras que la temperatura de final de expansión, a la salida de la turbina, aumenta de t_d a t'_d .

En el ciclo de la figura 4, las dos presiones extremas p_a y p_b varían en el curso de las variaciones de potencia del reactor de manera que mantienen constante la presión del gas en el reactor p_r . La relación de las presiones de la expansión previa varía, pues, lo mismo que la de la expansión principal a la salida del reactor. Para las variaciones de potencia poco alejadas de la potencia máxima, la temperatura de los gases en el extremo caliente del cambiador de recuperación permanece casi constante.

La figura 5 muestra el ciclo adoptado en la proximidad de la potencia mínima; nos acercamos entonces al funcionamiento que permite la refrigeración del reactor sin aportación de potencia. Estando el grupo turboalternador aislado, la potencia es disipada en pérdidas de carga en el reactor y los cambiadores. La temperatura de funcionamiento más baja es alcanzada con las características del gas que dan lugar al mínimo de potencia absorbida por compresión. En el caso de ciclos de gases condensables, como lo representa la figura 5, se conserva únicamente el turbocompresor a mayor presión. La regulación de la presión se obtiene por un laminado Δp_v situa-



do en cualquier punto conveniente del ciclo. A título
indicativo, cuando la presión del gas p_r en el reactor
está cerca de la presión del gas en el condensador de re-
frigeración, esta presión p_r es controlada en el reactor
5 por la puesta en comunicación con el condensador.

Para la puesta en marcha de las máquinas se ha
recurrido a este tubo compresor de alta presión; la fuen-
te exterior de potencia está reducida al mínimo por la
elección de una disposición del circuito que facilita la
10 convección natural. La alimentación de fluido para
puesta a presión o refrigeración de socorro tiene lugar
en este mismo circuito de turbocompresor de alta presión,
que puede ser hecho independiente.

Naturalmente, el invento no está limitado en
15 absoluto a los modos de realización particulares descri-
tos más arriba. En particular, no se saldría del ámbito
del invento recurriendo para variar la potencia a la modi-
ficación habitual de las otras características del gas,
ni a otras disposiciones auxiliares equivalentes.

Esta solicitud que corresponde a la presentada
20 en Francia, el 28 de Abril de 1.967, bajo el número
PV 104.698, se acoge a los beneficios del Artículo 51 del
vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

29.4.68



N O T A

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España por VEINTE años, son los siguientes:

5

1.- Procedimiento de explotación de una central térmica, en el cual se hace sufrir a un gas un ciclo termodinámico cerrado, según el cual es sucesivamente calentado en una fuente de calor tal como un reactor nuclear, expandido, refrigerado, comprimido y precalentado por recuperación por cambio con el gas expandido y en el cual se hace variar la relación de compresión en el mismo sentido que la potencia de la central, con objeto de mantener constante la presión del gas en la fuente de calor, y se hacen variar las temperaturas del gas precalentado en la entrada de la fuente de calor y del gas caliente en la salida de dicha fuente, de manera que la temperatura máxima de las superficies en contacto con las cuales se efectúa el recalentamiento del gas en la fuente de calor permanezca sensiblemente constante en el curso de las variaciones de potencia, en la proximidad de la potencia máxima.

10

15

20

6 MAY 1966

2.- Procedimiento de explotación según la reivindicación 1, en el cual, cuando se disminuye la potencia de la central en la proximidad de la potencia máxima, se aumenta la temperatura de entrada del gas en la fuente de calor sin modificar sensiblemente la temperatura de salida.

5

3.- Procedimiento de explotación según las reivindicaciones 1 ó 2, en el cual el gas precalentado sufre una expansión previa antes de ser calentado por la fuente de calor, y se hacen variar las presiones extremas del ciclo antes y después de la compresión, con objeto de mantener constante la presión del gas al final de la expansión previa.

10

4.- Procedimiento de explotación de una central térmica.

15

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de doce hojas escritas a máquina por una sola cara.

20

Madrid, 6 MAY. 1966

P. A.

Alberca de Elizabeth
En. Ponte

29.4.68

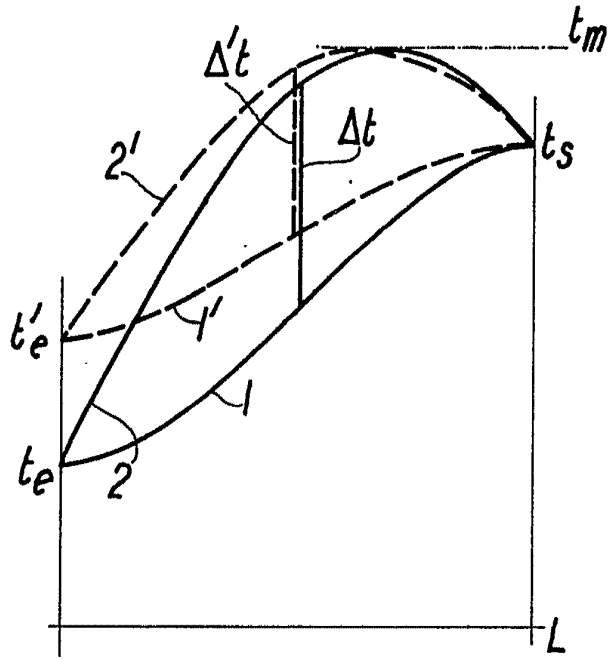


FIG. 1

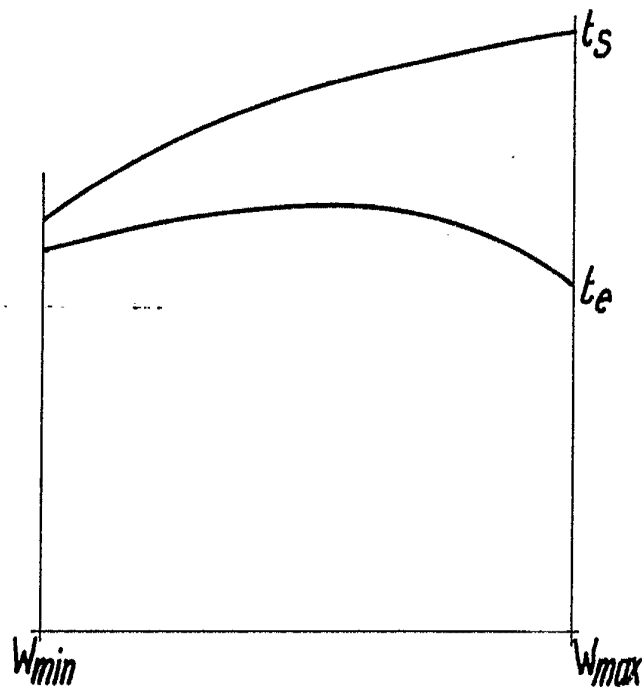


FIG. 2

Handwritten signature or initials.



FIG. 3

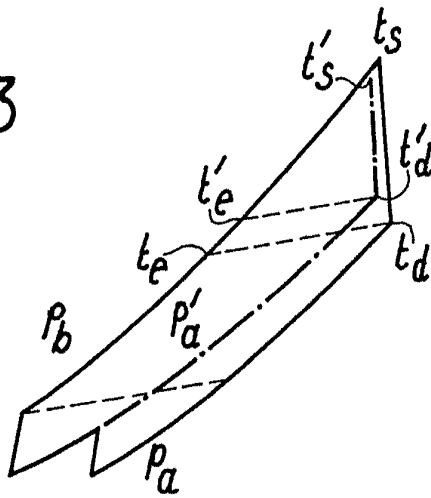


FIG. 4

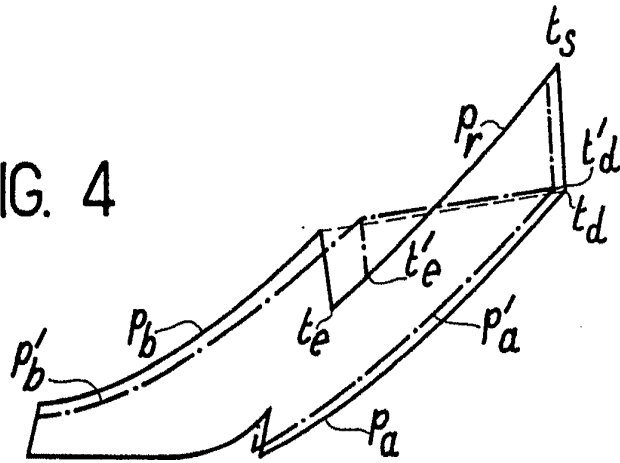
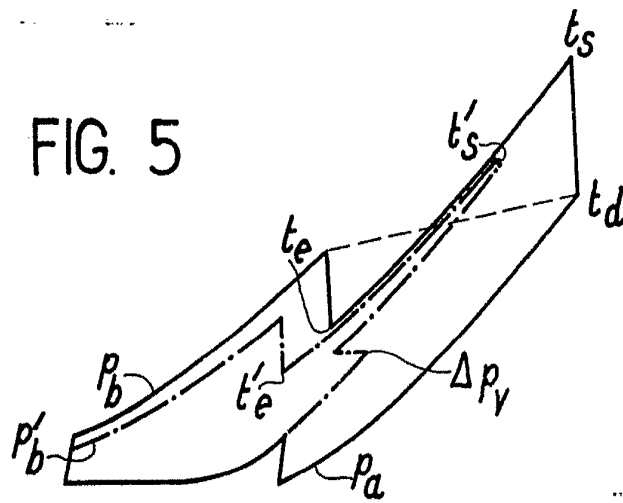


FIG. 5



Carte