

PATENTE DE INVENCION

que por veinte años, para España y sus Posesiones, se solicita a favor de la Firma SULZER FRERES SOCIETE ANONYME., entidad suiza, residente en WINTERTHUR (SUIZA), por: "TURBINA DE GAS PARA CO<sub>2</sub> EN COMBINACION CON UN REACTOR NUCLEAR."

Memoria Descriptiva

La invención se refiere a una turbina de gas cerrada para CO<sub>2</sub> de al menos dos ejes en combinación con un reactor nuclear en que la instalación posee al menos dos fases de expansión, entre las que tiene lugar un caldeo intermedio mediante admisión de calor procedente del reactor, así como al menos un recuperador, siendo generada además la potencia útil en la fase de expansión de baja presión.

Es conocido transformar en energía eléctrica el calor generado en un reactor nuclear mediante una turbina de gas cerrada en que el CO<sub>2</sub> que sirve de refrigerante para el reactor es utilizado como elemento operador, La admisión de calor desde el exterior, es decir procedente del reactor, se efectúa en ello preferentemente en un área de presión media de la turbina de gas, en que el CO<sub>2</sub> ha sido expandido ya en parte en una fase de expansión de alta presión. Esta medida tiene la ventaja



15 de que los conductos del refrigerante en el reactor pueden ser dimensionados para presiones bajas.

La invención tiene por objeto proteger el reactor, en caso de la marcha de la instalación a media carga, contra elevaciones inadmisibles de la temperatura y de la presión. Este problema es resuelto en un principio de tal manera que la presión y/o la temperatura en el  
20 circuito de CO<sub>2</sub> es mantenida constante delante o detrás del reactor lo más estrictamente posible.

La invención esta caracterizada por un conducto dotado de un organo de estrangulación regulable que cierra en corto el reactor y la fase de expansión de baja presión. De este modo es posible en colaboración con un regulador de temperatura generalmente conocido en el  
25 reactor, mantener una de las dos magnitudes, presión o temperatura del gas ampliamente constante en el area del reactor.

En dependencia de la temperatura del CO<sub>2</sub> el conducto de cierre en corto de nuevo en el circuito principal, está inmediatamente  
30 despues de la fase de expansión de baja presión o, visto en dirección del flujo, después del recuperador.

Además puede tomarse adicionalmente la disposición en que se prevé otro conducto dotado de un organo estrangulador ajustable, que comunica la salida del condensador de alta presión con la entrada  
35 de la fase de expansión de baja presión.

Además es conocido conducir el CO<sub>2</sub> en turbinas de gas de tal manera que, ante todo a presiones elevadas, una parte del mismo es derivada del flujo del gas, refrigerada y licuada. En tal proceso el medio licuado es llevado entonces, preferentemente mediante una bomba, a mayor presión, calentado a continuación, por ejemplo en un recuperador, y reunido con el circuito de gas. Este tipo de proceso sirve  
40 para la carnotización del circuito de CO<sub>2</sub>.

Una simple posibilidad de mantener la presión del CO<sub>2</sub> en el reactor por lo menos ampliamente constante, consiste en tales instalaciones en que existe un conducto que va dotado de un organo de cierre  
45



y que comunica el conducto que conduce el condensado antes del aumento de la presión del mismo con la entrada de la fase de expansión a baja presión. Pues mediante este conducto es comunicado con la salida del reactor el condensador, cuya presión queda en esencial constante o varía solo muy lentamente, por estar determinada la misma principalmente por la temperatura del agua de refrigeración.

Con el fin de hacer posible la puesta en marcha de una de las instalaciones ultimamente mencionadas, pueden preverse además sobre el eje de alta presión un motor de arranque y además un conducto que puede ser cerrado y que cierra en corto los elementos para la condensación y el aumento de presión del condensado.

Si ambas magnitudes del gas que rigen en cada caso quedan en el area del reactor lo más ampliamente posible constantes, se puede tomar adicionalmente la medida en el sentido de que el condensador a baja presión y la turbina para baja presión estan dotados de un modo generalmente conocido de alabes directrices ajustables, con el fin de conseguir una variación volumétrica en la parte de baja presión de la instalación. Con el fin de mantener en ello constante el número de revoluciones del eje para alta presión a pesar de la variación del volumen, es además conveniente dotar al menos un condensador situado sobre el eje de alta presión y la fase de expansión de alta presión igualmente de alabes directrices ajustables.

Un proceso para la marcha de la instalación según la presente invención independiente del hecho si el proceso conduce o no al ambiente de licuación, está caracterizado por el hecho de que el ajuste del organo estrangulador en el conducto de desviación para el reactor y la fase de expansión a baja presión es utilizado para la regulación de la potencia útil, mientras que por la regulación del volumen en el conducto de desviación del recuperador, de la fase de expansión a alta presión y del reactor es regulado el número de revoluciones de la turbina para alta presión.

Otras características de la invención resultan de la siguien-



te descripción de algunos ejemplos de realización en combinación con el plano. Figura 1 muestra en ilustración esquemática el circuito de CO<sub>2</sub> de una instalación según invención en que durante el proceso de 80 circulación no se alcanza el estado de saturación del CO<sub>2</sub>, por lo que esto no está sometido a licuación alguna.

Además muestra figura 1 sistemas de regulación para la regulación de media carga y para una regulación de presión, en que la presión 85 delante del reactor es mantenida lo más ampliamente posible constante. Figura 2 representa una variante de la instalación según figura 1 con sistema regulados correspondiente para la regulación de media carga y la temperatura después del reactor. Figura 3 reproduce de igual modo el circuito en una instalación con licuación parcial. En dicha 90 instalación son mostrados, además de la regulación de carga parcial, organos reguladores mediante los cuales pueden mantenerse constantes la presión y la temperatura delante del reactor.

En todas las figuras el condensador para baja presión 1 montado junto con el generador de potencia útil 15 sobre el eje de baja 95 presión de la instalación, aspira del refrigerador de retorno 10 gas frío y expandido y lo condensa hasta una presión intermedia. A través del refrigerador intermedio 2 llega el gas entonces al condensador 3 para presión media; este es accionado por la turbina para alta presión 7 a través del eje 17 para alta presión. Sobre dicho eje está dispuesto 100 además el condensador 5 para alta presión. Desde la salida del condensador 3 para presión media fluye el gas a través del refrigerador intermedio 4 y del condensador 5 para alta presión al recuperador 6, en que el mismo es calentado por el calor extraído del flujo de gas expandido que refluye al refrigerador de retorno 10, antes de que sea expandido parcialmente 105 en la turbina para alta presión 7.

En el reactor nuclear 8 que sigue a la misma el CO<sub>2</sub> es calentado intermediariamente por calor admitido al proceso desde el exterior, antes de que el mismo sea expandido en la turbina para baja presión 9 hasta la presión inicial, produciendo en este proceso la potencia



110 útil. En su camino por el recuperador 6 así como por el refrigerador  
de retorno 10, en que es evacuado calor al exterior, igual como en los  
refrigeradores intermedios 2 y 4, con ayuda de un refrigerante, por ejem-  
plo agua, el gas expandido es recudido finalmente a su estado inicial  
antes del condensador para baja presión 1.

115 Según invención está previsto un conducto 31 que va dotado  
de un organo de estrangulación 30 que puede ser cerrado y es derivado en-  
tre la turbina para alta presión 7 y el reactor 8 del circuito principal  
y desemboca en un punto de presión bajísima despues del recuperador 6  
nuevamente en el circuito. Además un segundo conducto bypass 32, dotado  
120 del organo estrangulador 33 igualmente regulable una la salida del conden-  
sador para alta presión 5 con la entrada de la turbina para baja presión 9.

La regulación de carga parcial en la instalación según figura  
1 es tal que desde el generador de carga 36 conduce un conductor de seña-  
les 34 al reactor 8, por ejemplo el mecanismo operador de sus varillas  
125 reguladoras. Como mencionado ya, es conveniente para la protección del  
reactor 8 mantener en esencial constante la presión en la entrada al reac-  
tor. Por lo tanto actua un regulador de presión 45, al que va acoplado  
el detector de medición 46, a través del conductor de señales 47 sobre el  
organos estrangulador 30 regulable en el conducto bypass 31.

130 Como mostrado en figura 2, puede comunicarse el organo 30 con  
el transmisor de carga 36 al generador 15. La regulación de carga parcial  
se desarrolla entonces en dependencia de dicho organo regulador mediante  
la cantidad del elemento operador conducido con ayuda del conducto 31 por  
delante del reactor 8 y la turbina para baja presión 9. La temperatura  
135 del gas que sale del reactor 8 es ajustada por ejemplo a un valor cons-  
tante a través del regulador 43, controlado por el termostato 44 y a tra-  
vés del conductor de señales 48 sobre el propio reactor, por ejemplo a  
través de las varillas de regulación.

Otra variante de la figura 2 en comparación con figura 1 con-  
140 siste en el hecho de que el conducto 31 desemboca, no despues del recupe-  
rador, sino directamente despues de la turbina para baja presión 9 en el  
circuito principal. Depende cada vez de la temperatura del gas que fluye



145 por el conducto 31 y de su expansión en el,organo de estrangulación el uso en cada caso de una de <sup>dos</sup> las|variantes. La elección de las variantes es determinado en ello por las normas termodinamicas. En ciertas circuns-

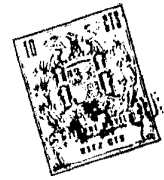
tancias pueden preverse incluso ambas variantes en una unica instalación.  
Con los sistemas mostrados en las figuras 1 y 2 se consigue mantener la presión o la temperatura del gas en el area del reactor al menos ampliamente constante.

150 Para la mejor resolucion de los problemas mecanicos es además conveniente mantener igualmente constante el número de revoluciones del eje 17 para alta presión o al menos aproximadamente constante. Esto se efectua a través del regulador de numero de revoluciones 37 para el eje 17 para alta presión, por el que es emitido una señal de ajuste al  
155 organo 33 a través del conductor 35.

En la instalación mostrada en figura 3 en que el gas es li-  
cuado parcialmente en el area de presión superior, se suprime en compa-  
ración con las figuras 1 y 2, el refrigerador intermedio 4. En lugar del  
mismo el circuito de gas se ramifica al final del condensador 3 para pre-  
160 sión media aproximadamente en iguales partes en dos flujos parciales. Una de estas cantidades parciales fluye a través del pre-refrigerador 11 y del condensador 12 a una bomba 13 que puede estar dispuesta sobre uno de los dos ejes 16 y 17, donde la misma es llevada a la presión final de la instalación. El circuito está dispuesto en ello por ejemplo de tal manera  
165 que el condensado procedente del condensador 12 rebasa durante el aumento de su presión en la bomba 13 de nuevo la presión critica, con objeto de fluir a un recuperador 14 en que el mismo es calentado por el calor extraido del elemento operador expandido, antes de que se reune en el punto 28 nuevamente con la otra cantidad parcial.

170 Este otro volumen parcial fluye desde la salida del condensador 3 para presión media directamente al condensador 5 para alta presión, siendo llevado allí a su presión final y conducido igualmente al punto 28.

Desde allí el volumen total es calentado, al pasar por el re-  
cuperador 6 igualmente por el gas expandido que retorna al refrigerador  
175 de retorno 10 y llega, tal como en los dos primeros ejemplos a la turbina



7 para alta presión, para su expansión parcial.

Igual como en el refrigerador de retorno 10 y en los refrigeradores intermedios 2 y 4 el calor extraído del CO<sub>2</sub> en el pre-refrigerador 11 y en el condensador 12 es evacuado de la instalación.

180 En comparación con los primeros ejemplos de realización el conducto 32 es sustituido en figura 3 por un conducto 38 dotado de una válvula 39 que puede ser una válvula reguladora o una simple válvula de  
185 abertura y cierre, Mediante dicho conducto 38 la entrada de la turbina 9 para baja presión y con ella la salida del reactor 8 es comunicada con el condensador 12. Puesto que la presión en el condensador 12, es determinada como dicho ya, en esencial por la temperatura del agua refrigerante, quedando por tanto practicamente constante, puede mantenerse con ayuda de  
190 la válvula 39 en el conducto 38 la presión en la salida del reactor 8 igualmente ampliamente constante. Además permite la inyección del condensado relativamente frio un descenso adicional y rapida de la temperatura antes de la turbina para baja presión 9.

Los sistemas de regulación mostrados en figura 3 permiten estabilizar la presión y la temperatura del CO<sub>2</sub> en el afea del reactor 8 ampliamente. Como mencionado ya, sirve para la regulación de la presión  
195 la válvula 39 que para dicho fin es controlada por el detector de presiones 46 a través del regulador 45 y el conductor de señales 47. Igual como en el ejemplo precedente se efectua la regulación de la temperatura desde el detector de medición 44 a través del regulador 43 y el conductor de  
200 señales 48 en el propio reactor.

Para la regulación de la carga parcial está previsto nuevamente el que el organo 30 en el conducto 31 es controlado por el generador de carga 36 a través del conductor de señales 34.

Si la presión y la temperatura del elemento operador deben ser mantenido al menos aproximadamente constantes en el reactor 8, pueden do-  
205 tarse el condensador para baja presión 1 y la correspondiente turbina 9 adicionalmente de alabes directrices ajustables. Con ello se consigue que el volumen que fluye por el circuito puede variar dentro de ciertos



210 limites. Si incluso el condensador para presión media 3 y la turbina 7 que lo acciona están dotados de alabes directrices ajustables, se puede mantener en este caso igualmente constante el número de revoluciones del grupo del alta presión a pesar de la variación de volumen por lo que se consigue una reducción de los problemas de oscilación que se originan.

215 Con el fin de hacer posible la puesta en marcha de la instalación mostrada en figura 3, está previsto sobre el eje para alta presión 17 un motor de arranque 42. Para el mismo objeto sirve el conducto 41 dotado del órgano regulador 40, mediante cuyo conducto son cerrados en corto el pre-refrigerador 11, el condensador 12 y la bomba 13. Naturalmente puede preverse un motor de arranque similar en las instalaciones según las figuras 1 y 2. Al ponerse en marcha la instalación es iniciada primero la marcha del grupo de alta presión con ayuda del motor 42. El condensador para presión media 3 aspira en esta operación a través del condensador para baja presión 1 todavía parado el gas que fluye entonces a través del condensador para alta presión 5 y del recuperador 6 a la turbina 7, favoreciendo la expansión allí efectuada la acción del motor 42. A través del órgano abierto 30 llega entonces el gas de nuevo primero a la parte de la instalación situada delante del condensador para baja presión 1.

225 El conducto de cierre en corto 41 mostrado en la figura 3 sirve para la protección de la bomba 13, que gira junto con el eje de alta presión, contra el recalentamiento, porque el elemento operador existente en el condensador 12 puede efectuar con ayuda de este conducto 31 un circuito interno en la dirección indicada por unas flechas. Durante la puesta en marcha el conducto 38 en figura 3 está cerrado, en cambio el conducto 32 de las figuras 1 y 2 puede ser atravesado al iniciarse la marcha por una cantidad parcial del gas, con el fin de evitar de modo conocido al principio un bombeo del condensador para alta presión 5.

230 En el siguiente desarrollo de la puesta en marcha el órgano 30 es cerrado lentamente, de modo que una parte del gas fluye por el reactor 8, siendo calentado en este. Por esta cantidad parcial que va en aumento es puesto en movimiento y acelerado el eje para baja presión 16 con



ayuda de la turbina para baja presión 9. Al mismo tiempo puede cerrarse  
240 en figura 3 además paulatinamente el conducto bypass 41, con lo que el  
gas toma su camino previsto para la marcha normal.

El procedimiento antes descrito tiene la ventaja de que con  
ello puede evitarse un bombeado del condensador, en particular, del con-  
densador 1 para baja presión. Puesto que con ayuda del conducto 38 la  
245 presión es limitada antes de la turbina de baja presión 9 y reducida la  
temperatura en dicho punto, este conducto puede evitar al mismo tiempo  
el peligro de que se queme la instalación en caso de una interrupción de  
carga instantanea en el eje 16 que produce la carga útil.

Se desea alegar además que los impulsos mecanicos están dibu-  
250 jados en las figuras en líneas dobles, los conductos que transportan el  
CO<sub>2</sub> gaseoso en líneas simples, los conductos que transportan el condensado  
en líneas de trasos y los conductores de señales en líneas punteadas.

Descrita suficientemente la naturaleza y alcance de la presen-  
te invención, se hace constar que en la misma podrán ser variables los  
255 materiales, dimensiones y en general aquellos otros detalles accesorios  
o secundarios que no alteren cambian ni modifiqurn la esencialidad propues-  
ta.

Los términos en que queda redactada esta memoria son ciertos  
y fiel reflejo del objeto descrito, debiendose tomar en un sentido más  
260 amplio y nunca en forma limitativa.

#### REIVINDICACIONES

Se reivindica como de la propia y nueva invención la propiedad y explotación  
exclusivas de:

1ª.- Turbina de gas para CO<sub>2</sub> en combinación con un reactor nuclear, tenien-  
265 do la instalación por lo menos dos fases de expansión entre las que tiene  
lugar un calentamiento intermedio mediante suministro de calor desde el  
reactor, asi como al menos un recuperador, siendo generado además la po-  
tencia útil en la turbina de expansión para baja presión, caracterizada  
por un cánducto dotado de un organo estrangulador ajustable que cierra,  
270 en corto el reactor y la fase de expansión para baja presión.



- 275 2ª.- Turbina de gas para CO<sub>2</sub> en combinación con un reactor nuclear, según reivindicación 1ª, caracterizada porque el conducto de cierre en corto desemboca en el circuito principal después de la fase de expansión para baja presión.
- 280 3ª.- Turbina de gas para CO<sub>2</sub> en combinación con un reactor nuclear, según reivindicación 1ª, caracterizada porque el conducto de cierre en corto desemboca en dirección de flujo del gas en el circuito principal detrás del recuperador.
- 280 4ª.- Turbina de gas para CO<sub>2</sub> en combinación con un reactor nuclear, según reivindicación 1ª, caracterizado por otro conducto dotado de un órgano estrangulador ajustable que comunica la salida del condensador para alta presión con la entrada de la fase para baja presión.
- 285 5ª.- Turbina de gas para CO<sub>2</sub> en combinación con un reactor nuclear, según reivindicación 1ª, en que una parte del elemento operador es derivada del circuito de gas, siendo licuada por extracción de calor, llevada por aumento de presión, al menos, a una presión intermedia y retornada al circuito principal, caracterizada por un conducto dotado de un órgano regulador que comunica el conducto que conduce el condensado antes de su aumento en presión directamente con la entrada de la fase de expansión para presión baja.
- 290 6ª.- Turbina de gas para CO<sub>2</sub> en combinación con un reactor nuclear, según reivindicación 1ª, en que una parte del elemento operador se deriva del circuito de gas, siendo licuada por extracción de calor, llevada por aumento de presión al menos a una presión intermedia y retornada al circuito principal, caracterizada por un conducto que puede ser cerrado y que cierra en corto los elementos para la condensación y para el aumento de presión en el condensado.
- 295 7ª.- Turbina de gas para CO<sub>2</sub> en combinación con un reactor nuclear, según reivindicación 6ª, caracterizada por un motor de arranque montado sobre el eje para alta presión.
- 300 8ª.- Turbina de gas para CO<sub>2</sub> en combinación con un reactor nuclear, según reivindicación 1ª, caracterizado porque, al menos, un condensador de la fase de condensación para baja presión y la fase de expansión para baja



presión estan dotados de alabes directrices ajustables.

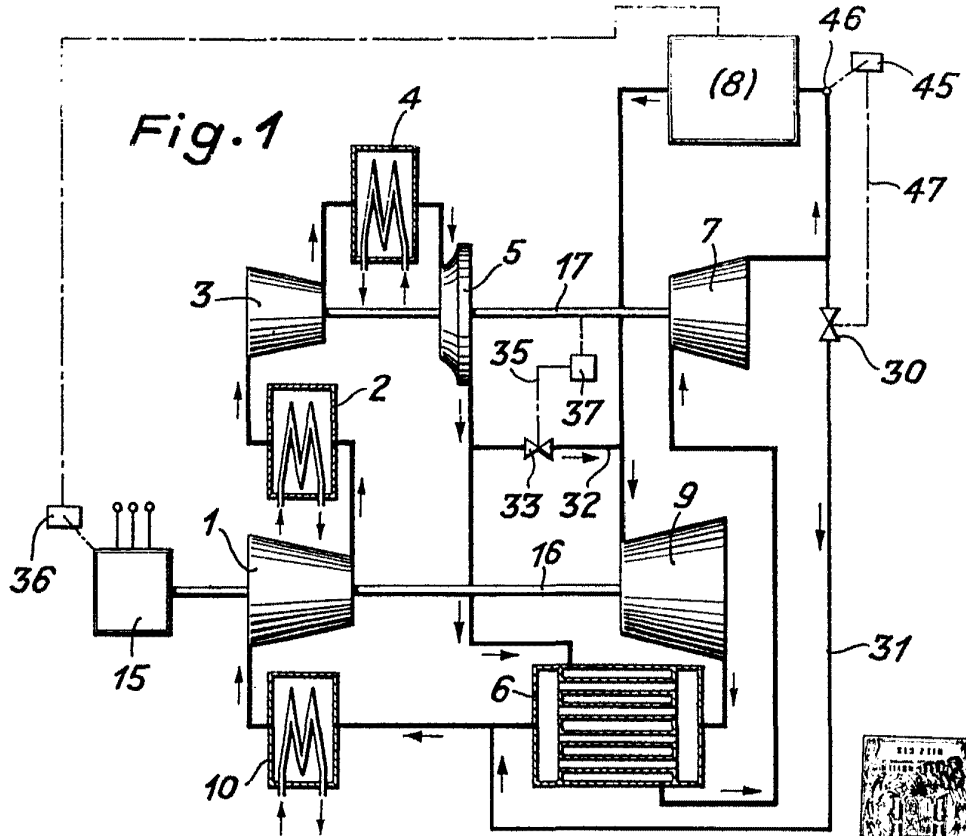
305 9ª.- Turbina de gas para CO<sub>2</sub> en combinación con un reactor nuclear, según reivindicación 8ª, caracterizada porque al menos, un condensador sobre el eje para alta presión y la fase de expansión para alta presión estan dotados de alabes directrices ajustables.

310 10ª.- Turbina de gas para CO<sub>2</sub> en combinación con un reactor nuclear, según las reivindicaciones 1ª y 4ª, caracterizada porque para la puesta en marcha de la instalación el ajuste del organo estrangulador en el conducto de desviación es aplicado para el reactor y la fase de expansión para baja presión para la regulación de la potencia útil, mientras que mediante la regulación del volumen en la desviación del, recuperador, de  
315 la fase de expansión para alta presión y del reactor es regulado el número de revoluciones de la turbina para alta presión.

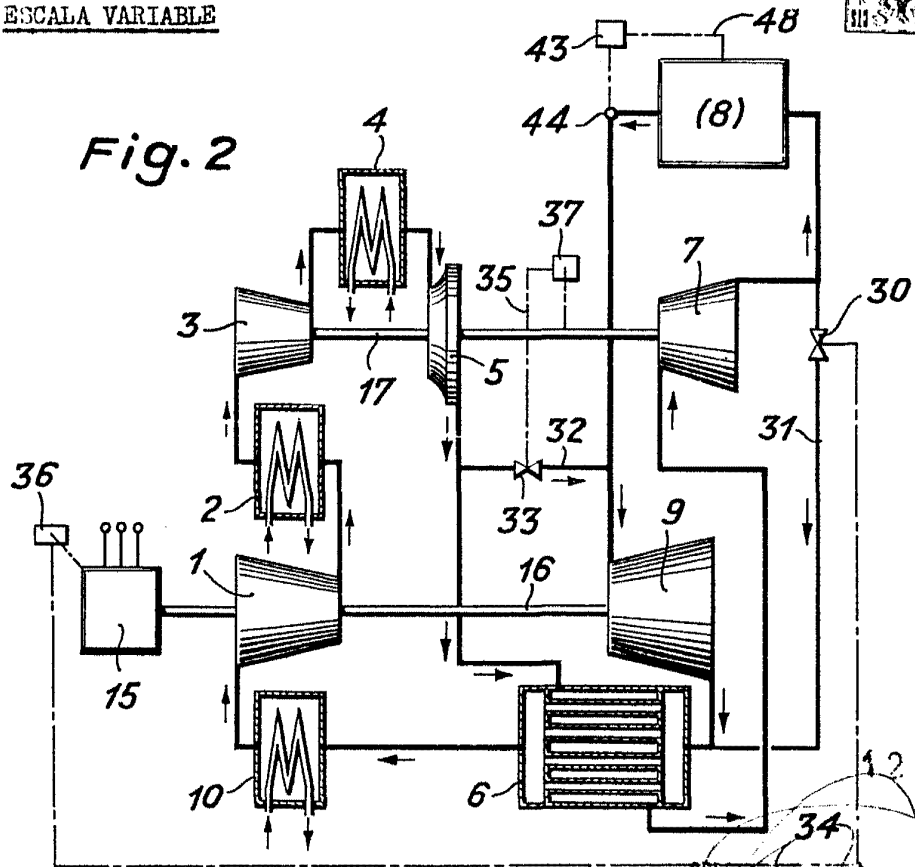
11ª.ª " TURBINA DE GAS PARA CO<sub>2</sub> EN COMBINACION CON UN REACTOR NUCLEAR."

Consta la presente memoria descriptiva de once hojas numeradas y mecanografiadas por una sola cara, a las que se les acompañan dos planos para su mejor comprensión.

MADRID, 12 DE JULIO DE 1.968.-



ESCALA VARIABLE

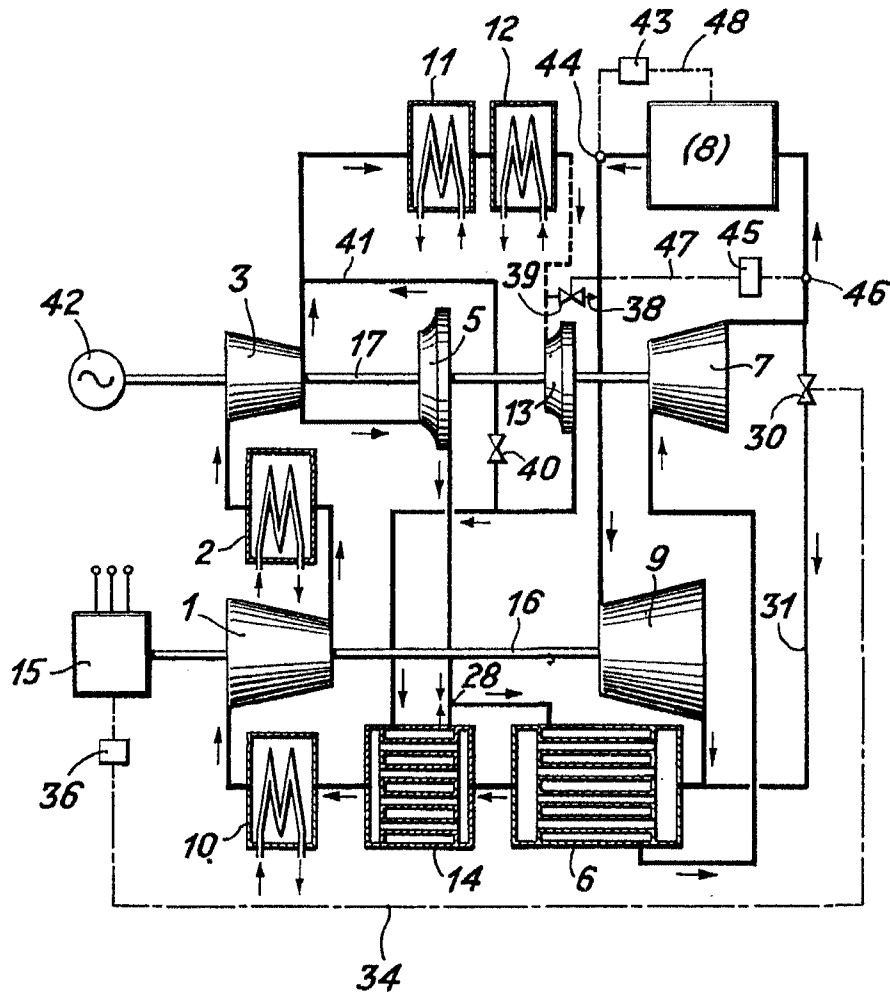


12 JUL. 1968

*[Handwritten signature]*



Fig.3



ESCALA VARIABLE

RODOLFO  
F. P.  
Emilio Garcia Arago