

434750

# memoria descriptiva

F25 B 13/00,  
F17C 9/02

CLASE DE REGISTRO

Una Patente de Invención, por veinte años en España.

NOMBRE Y NACIONALIDAD DEL SOLICITANTE

LINDE AKTIENGESELLSCHAFT.  
- sociedad alemana -

RESIDENCIA Y DOMICILIO

WIESBADEN (Alemania)  
Abraham-Lincoln-Str. 21.

OBJETO

" Procedimiento para la recuperación de energía desde gases livados. "

INVENTOR

Anton POERNJA, nacionalidad yugoslava.

PRIORIDAD

Solicitud patente alemana P 24 07 617.3 del 16 de febrero de 1974.

POOR  
QUALITY

1 El invento se refiere a un procedimiento para la -  
recuperación de energía desde gases licuados por su evapora-  
ción en intercambio térmico con un medio de circulación que  
en ello se refrigerara seguidamente se comprime, se calienta  
5 y expansiona rindiendo trabajo.

Tales procedimientos ya son conocidos anteriormen-  
te para la recuperación de energía desde gas metano licado.  
En uno de estos procedimientos (memoria de patente de EE.UU.  
2.937.504) por ejemplo, en el lugar de yacimiento, gas natu-  
10 ral licuado y transportado en estado líquido al lugar de con-  
sumo, se evapora en intercambio térmico con propano, que sir-  
ve de medio de circulación, en lo que el propano se licua. -  
En otro procedimiento conocido (memoria de patente de EE.UU.  
3.068.659) se utiliza como medio de circulación etano, que -  
15 igualmente por intercambio térmico se licua con el gas meta-  
no licado.

Es común a todos estos procedimientos conocidos, -  
que el sistema de circulación que sirve de central de ener-  
gía, trabaja por un medio de circuito que se licua en inter-  
20 cambio térmico con gas natural licuado, seguidamente se com-  
prime con una bomba y después de aportación de calor extraño  
y nueva evaporación, se expansiona. En tales sistemas, para  
poder recuperar una parte lo mayor posible de la energía de  
licuación desde el gas natural, se requieren altas presio- -  
25 nes que, por ejemplo, en la parte de alta presión del siste-  
ma de circulación, pueden importar hasta 140 bares (patente  
de EE.UU. 3.068.659). Tan elevadas presiones, sin embargo, -  
tienen por consecuencia que el nivel de temperatura en el la-  
30 do caliente del sistema de circulación, a semejanza de lo -

1 que ocurre en una central de energía de vapor, permanece li-  
mitado, y por ello no se aprovecha óptimamente el calor ex-  
traño aportado. Principalmente por esta razón ninguno de los  
procedimientos conocidos alcanza el grado de rendimiento de  
5 una buena central de energía convencional.

Un esencial inconveniente de estos conocidos proce-  
dimientos es además que, al suprimirse el abastecimiento de  
gas natural, no pueden trabajar sin medidas adicionales, ya  
que el medio de circulación a temperatura ambiente no puede  
10 licuarse de manera sencilla.

Finalmente resulta muy inconveniente en los proce-  
dimientos conocidos, que los medios de circulación sean gene-  
ralmente materias combustibles, que en la zona de alta tempe-  
ratura forman un peligro de explosión que es difícil de domi-  
15 nar.

El invento se basa en el problema de desarrollar -  
un procedimiento con el que la energía de licuación pueda re-  
cuperarse de manera óptima desde un gas licuado.

20 Este problema se resuelve porque el medio de circu-  
lación permanece gaseoso también en la temperatura más profun-  
da, que se alcance en el sistema de circulación.

Por el procedimiento según el invento, puede recu-  
perarse la energía de licuación desde un gas licuado con un  
25 más elevado grado de eficacia que con los procedimientos co-  
nocidos. Representa en ello un papel especial el esencial -  
aumento de la diferencia de la temperatura de entrada del me-  
dio de circulación en las máquinas del sistema de circulación  
que, en lugar de 200 a 300 K en los procedimientos conocidos,

30

1 puede importar hasta 1.000 K al presente en el procedimiento  
según el invento, ante todo porque sale adelante con más ba--  
jas presiones de circuito. Esta gran diferencia de temperatu  
ra posibilita un aprovechamiento esencialmente mejor del ca-  
5 lor extraño con simultáneo aprovechamiento óptimo de la exer  
gía de frío.

En la aplicación del procedimiento según el inven-  
to a la recuperación de la energía de licuación de gas natu-  
ral, por ejemplo, puede recuperarse más de la mitad de la -  
10 energía de licuación, Como en general los costes de produc--  
ción de energía en los países consumidores de gas natural son  
más del doble de elevados que en los países productores de -  
gas natural, el procedimiento según el invento permite por -  
lo meno una completa recuperación de los costes de energía  
15 para la licuación.

Otra ventaja del procedimiento según el invento con-  
siste en su sencilla regulación de rendimiento que, como en  
cada turbina de gas, puede efectuarse en circuito cerrado -  
por una sencilla regulación del nivel de presión por varia--  
20 ción del llenado de gas en el sistema de circulación.

El calentamiento del medio de circulación antes de  
su expansión productora de trabajo, se efectúa en gran parte  
por suministro de calor extraño. Sin embargo, puede efectuar  
se ventajosamente una parte del calentamiento también recupe-  
25 rativamente por intercambio térmico del medio de circulación  
consigo mismo.

Las presiones del medio de circulación se encuen--  
tran en dependencia de las deseadas propiedades de la circula-  
ción y de la clase del medio empleado, en una forma de eje  
30

1 cución preferida en la parte de baja presión del sistema de  
circulación, entre 1 y 20 bares y en la parte de alta pre--  
sión, entre 15 y 60 bares. En procedimientos especiales, sin  
embargo, también pueden llegar a aplicarse otras relaciones  
5 de presión. Para mantener la diferencia de temperatura entre  
las partes caliente y fría del sistema de circulación, lo ma  
yor posible, es ventajoso regular el procedimiento de tal mo  
do que el medio de circulación, antes de su expansión produc  
tora de trabajo, presente una temperatura entre 800 y 1.300K,  
10 preferentemente lo más cerca posible de la temperatura máxi  
ma, que resistan las turbinas de expansión y mantener la tem  
peratura antes de la compresión tan cerca como sea posible -  
de la temperatura del gas líquido, que deba evaporarse.

15 Entran en consideración como medio de circulación  
ante todo gases que, a la presión de aspiración del alcance  
de temperatura presente en cada caso, se conduzcan aproxima  
damente como gases ideales. En ello pueden citarse ante todo  
gases inertes, como nitrógeno, helio y argón, o también aire,  
siendo ante todo igualmente bueno el helio a todas las tempe  
20 raturas y presiones, que entran en consideración, como medio  
de trabajo.

25 El gas licuado bombeado a alta presión y que debe  
evaporarse, con gran ventaja después de su evaporación puede  
calentarse ulteriormente, y seguidamente puede expansionarse  
produciendo trabajo. Por ello, es posible un ulterior incre  
30 mento del grado de eficacia del procedimiento según el inven  
to. El calentamiento posterior también puede efectuarse por  
intercambio térmico con el medio de circulación después de -  
su expansión productora de trabajo.

1  
5  
10  
15  
20  
25  
30

Un dispositivo para la ejecución del procedimiento según el invento, en que el sistema de circulación presenta un cambiador térmico para la evacuación del gas licuado, un compresor por lo menos de un grado, un recuperador, un calentador y una turbina de expansión, por lo menos de un grado, se caracteriza por una constitución especial del cambiador térmico, en que una sección transversal de corriente está constituida para la evaporación de un gas licuado y la segunda sección transversal de corriente está constituida para un medio gaseoso y el compresor es un compresor de gas. En ello puede ser ventajosamente conectado detrás de la sección transversal de corriente para el medio a evaporar, un calentador con turbina de expansión adosada, haciéndose funcionar el calentador, bien sea por calor extraño o como cambiador térmico con el medio de circulación como portador de calor.

Un campo de aplicación preferido para el procedimiento, según el invento, es la nueva evaporación de gas natural, que en el lugar de su yacimiento para el abaratamiento de su transporte, con gasto de energía, se lleva al estado líquido. Este gas natural licuado, en su lugar de destino tiene que ser evaporado y debe alimentarse en la red de abastecimiento a una determinada presión. Es obvio que debe tenerse, si se consigue, en esta nueva evaporación, a recuperar, hasta donde sea posible, la energía de licuación. Con el procedimiento según el invento se consigue esto con un grado de eficacia sorprendentemente favorable.

El sistema de circulación del procedimiento según el invento trabaja en la recuperación de la energía de licua

1 ción análogamente a una central de energía de turbina de gas  
con circuito cerrado, en que calor extraño, por ejemplo, por  
combustión de combustibles, se transforma en energía mecáni-  
ca o eléctrica. En embargo, se diferencia decisivamente de  
5 una central convencional de energía por una diferencia de -  
temperatura esencialmente mayor entre la parte fría y la par-  
te caliente del sistema de circulación, lo que es una de las  
razones más importantes para el buen grado de rendimiento -  
del procedimiento según el invento.

10 La idea, que sirve de fundamento al invento de -  
efectuar, la recuperación de la energía de licuación de un -  
gas a evaporar mediante un medio de circulación, que permane-  
ce constantemente en forma gaseosa, conduce según esto, a la  
15 vista de las centrales de energía de turbinas de gas, a un -  
nuevo tipo de central de energía con un mejor grado de rendi-  
miento, que lo que es conocido de las centrales de energía -  
convencionales, con la usual refrigeración de agua. Por ello,  
es de ventaja especial también la utilización del procedi- -  
20 miento, según el invento, en combinación con un reactor de -  
energía nuclear, como fuente de origen para el calor extraño,  
ya que aquí se aprovecha de manera favorable el calor resi--  
dual muy problemático, en otro caso.

25 Además de emplearse para la nueva evaporación de -  
gas licuado, el procedimiento según el invento, puede utili-  
zarse con ventaja también en la evaporación de otros gases -  
licuados, por ejemplo, de hidrógeno, etano o amoníaco.

30 En la siguiente tabla 1, se compara el procedimien-  
to según el invento, en aplicación a la evaporación de gas -

1 natural licuado con el procedimiento descrito inicialmente -  
según el estado de la técnica, en que etano, que se licua, -  
sirve de medio de circulación. Como puede observarse, resul-  
ta una esencial mejora del grado de rendimiento.

5

- T A B L A - 1 -

	INVENTO	ESTADO DE LA TECNICA (Patente de EE.UU. - 3.068.659)
10	Volymen de circulación (Nm <sup>3</sup> medio de circula- ción/Nm <sup>3</sup> gas natural)	2,46                      0,50
	Consumo <sub>3</sub> de calor Q (KWh/Nm <sup>3</sup> gas natural)	0,469                      0,363
	Energía <sub>3</sub> obtenida L (KWh/Nm <sup>3</sup> gas natural)	0,315                      0,188
	Grado de rendimiento - térmico N (L/Q)	0,671                      0,518
15	Grado de rendimiento - termodinámico N th (L/Q + ΔE + Lp)	0,545                      0,392

20 En el grado de rendimiento termodinámico es ΔE la -  
diferencia de exergía entre gas natural líquido sin presión -  
(E<sub>F</sub>) y gas natural gaseoso saliente (E<sub>G</sub>) por debajo de 70 ba-  
res. Lp es el rendimiento de bomba para la compresión del gas  
natural desde 1 a 70 bares.

25 La siguiente tabla 2, da una visión sobre los valo-  
res de explotación de un ejemplo de ejecución del procedimien-  
to, según el invento, en que se vuelve a evaporar gas natural  
licuado. Para ilustrar el grado de rendimiento del procedi- -  
miento, según el invento, se han comparado, con estos valores  
de explotación, unos valores de explotación comparables de una  
central de energía de turbinas de gas convencionales de igual

30

1 capacidad con refrigeración de agua y compresión de dos gra-  
 dos. En ésta se requiere una compresión de dos grados con re-  
 frigeración intermedia para poder obtener en absoluto un gra-  
 do de rendimiento útil a causa de la gran relación de pre-  
 5 sión, mientras que en el procedimiento, según el invento, ya  
 con un grado puede alcanzarse una ganancia energética.

- T A B L A - 2 -

	INVENTO	CENTRAL DE ENERGIA CONVENCIONAL	
10	Paso de caudal $V_g$ gas natural líquido ( $Nm^3/h$ )	100.000	--
	Temperatura de entrada y - salida de gas natural lí- quido (K)	113/283	--
	Exergía gas natural líqui- do sin presión $E_p$ (KW)	21.480	--
15	Exergía gas natural gaseo- so 70 bares $E_G$ (KW)	12.430	--
	Potencia de bomba gas natu- ral líquido $L_p$ (KW)	460	--
	Paso de caudal sistema de circulación $V_L$ ( $Nm^3/h$ )	246.500	246.500
20	Presiones de circulación - (bares)	5/45	5/15/45
	Compresor temperatura entra- da y salida (K)	113/271	298/429
	Calor de combustible $Q$ (KW)	46.927	46.927
	Rendimiento calor calenta- dor (Kcal/h)	40.357.000	40.357.000
25	Rendimiento calor recupera- dor (Kcal/h)	34.013.000	22.226.000
	Rendimiento calor evapora- dor gas natural líquido - (Kcal/h)	13.282.000	--
30	Rendimiento calor refrige- rador agua (Kcal/h)	-	23.231.000



1 na sólo puede alcanzarse por una elevación del nivel de pre-  
sión. Expresado de otro modo, esto significa, como muestra la  
2 tabla, que el rendimiento de compresión, en otro caso con -  
iguales condiciones, puede reducirse aproximadamente a la mi-  
5 tad. Finalmente muestra claramente la tabla, que el grado de  
rendimiento del procedimiento según el invento es esencial-  
mente más favorable que aquél de la central de energía con-  
vencional de turbinas de gas y de todas las otras centrales  
de energía térmica convencionales. Esto es de gran importan-  
10 cia económica.

En las figuras 1 a 3, se ilustran ejemplos de eje-  
cución del procedimiento según el invento esquemáticamente,  
que pueden utilizarse, por ejemplo, en la nueva evaporación  
de gas natural licuado en una terminal de gas natural. Las -  
15 partes iguales en todas las figuras están provistas de los -  
mismos signos de referencia.

En el ejemplo de ejecución ilustrado en la fig. 1,  
llega a través de una tubería 1, gas natural líquido aproxi-  
20 madamente a presión atmosférica desde un depósito de almace-  
naje, por ejemplo, desde un barco cisterna de gas líquido. -  
Por la bomba de líquido 2 se aumenta la presión del gas natu-  
ral líquido a 70 bares. Detrás de la bomba 2 se encuentra el  
evaporador 3 de gas líquido, desde el cual en forma gaseosa,  
25 a través de una tubería 4 se conduce el gas natural a una -  
red de gas natural. A la entrada del evaporador 3, el gas na-  
tural líquido posee una temperatura de aproximadamente 113 K,  
mientras que la temperatura del gas natural evaporado salien-  
te importa aproximadamente 271 K.

30

1                   La evaporación del gas natural se efectúa en el -  
evaporador 3 contra aire circulante en un sistema de circula  
ción, cuyo volumen de paso de caudal importa  $246.500 \text{ Nm}^3/\text{h}$ .  
El aire que fluye a través del evaporador 3 se enfría fuerte  
5                   mente, pero según el invento, no se licua en ello. Después -  
de su refrigeración, el aire, en un compresor 5, cuyo rendi-  
miento importa  $11.709 \text{ KW}$  se comprime a 45 bares, en un recu-  
perador 6, en intercambio térmico contra sí mismo se calien-  
ta y se aporta a un calentador 7. En el calentador 7 se apor  
10                   ta al aire por calor extraño, por ejemplo, por combustión de  
un combustible fósil o desde un reactor de energía nuclear,  
una energía de  $46.927 \text{ KW}$  aumentando la temperatura del aire  
a un valor máximo permisible. Seguidamente el aire muy calien  
te, que puede presentar una temperatura más alta por encima  
15                   de  $1.000 \text{ K}$  que a la entrada del compresor 5, se suministra -  
a una turbina de expansión, en la que se expansiona a 5 ba--  
res. La turbina 8 puede poner a disposición de un generador  
9 acoplado y del compresor 5 acoplado, un rendimiento de -  
20                    $43.191 \text{ KW}$ . Desde la turbina 8 fluye el aire a través del re-  
cuperador 6, en que se enfría hasta donde sea posible, prefe  
rentemente hasta la temperatura ambiente, volviendo al evapo  
rador 3. Otros valores numéricos respecto al ejemplo de eje-  
cución ilustrado en la fig. 1, pueden deducirse de la tabla  
25                   2 precedente.

25                   En la fig. 2 se ilustra otro desarrollo ventajoso  
del procedimiento según la fig. 1. En este evaporador fluye  
el gas natural evaporado desde el evaporador 3 a través de -  
un cambiador térmico 10, a un calentador 11, donde se sumi--  
30                   nistra calor extraño al gas natural. Seguidamente se expansio

1 na el gas natural en una turbina 12 de expansión y a través  
de la tubería 4 se alimenta a la red de abastecimiento. Esta  
forma de ejecución posibilita otro aumento de rendimiento -  
del procedimiento según el invento.

5 Una variante del procedimiento, según la fig. 2, -  
se ilustra en la fig. 3. En este procedimiento se efectúa el  
suministro adicional de calor hacia el gas natural evaporado  
antes de su expansión en la turbina 12 a través de otro can-  
biador térmico 13, que es recorrido por el aire, que circula  
10 en el sistema del circuito.

El procedimiento ilustrado en las figs. 1 a 3, tam-  
bién puede hacerse funcionar como central de energía conven-  
cional para el caso de que no haya disponible ningún gas na-  
tural. Como se indica en la fig. 1, para ello se conecta en  
15 lugar del evaporador 3, un refrigerador de agua 14 en el cir-  
cuito. En el caso de abastecimiento fluctuante de gas natu-  
ral, también adicionalmente al evaporador 3 se puede conec-  
tar antes o en paralelo un refrigerador de agua.

20 - N O T A -  
=====

La presente patente de invención comprende las si-  
guientes reivindicaciones:

25 1.- Procedimiento para la recuperación de energía  
desde gases licuados, por su evaporación en intercambio tér-  
mico con un medio de circulación que en ello se refrigera, -  
seguidamente se comprime, se calienta y se expansiona rin- -  
diendo trabajo, caracterizado porque el medio de circulación  
también permanece gaseoso en la temperatura más profunda al-

30

1  
5  
10  
15  
20  
25  
30

canzada en el sistema de circuito.

2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el calentamiento del medio de circulación se efectúa parcialmente por suministro de calor extraño y parcialmente por intercambio térmico consigo mismo después de su expansión.

3.- Procedimiento según las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque la presión del medio de circulación en la parte de baja presión del sistema de circuito importa entre 1 y 20 bares y en la parte de alta presión del sistema de circuito importa entre 15 y 60 bares.

4.- Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque la temperatura del medio de circulación, antes de la expansión que rinde trabajo, importa entre 700 y 1.300 K y antes de la compresión alcanza aproximadamente la temperatura del gas licuado, que debe evaporarse.

5.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque como medio de circulación se utiliza un gas, que se conduce a semejanza de un gas ideal.

6.- Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado porque como medio de circulación se emplea aire o nitrógeno o un gas noble.

7.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque el gas licuado, nuevamente evaporado por intercambio térmico con el medio de circulación se calienta y seguidamente se expande rindiendo trabajo.

8.- Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado porque el calentamiento del gas licuado evaporado -

1 de nuevo, se efectúa por lo menos parcialmente por intercambio  
térnico con el medio de circulación después de su expansión  
que rinde trabajo.

5 9.- Procedimiento según una de las reivindicaciones  
1 a 8, caracterizado porque gas natural líquido se evapora  
en intercambio térmico con el medio del circuito de circulación.

10 10.- Procedimiento según una de las reivindicaciones  
1 a 9, caracterizado porque el medio del circuito de circulación,  
antes de su expansión que rinde trabajo, se calienta por suministro  
de calor desde un reactor de energía nuclear.

15 11.- Procedimiento para la recuperación de energía  
desde gases licuados.

Según se describe y reivindica en la presente memoria  
descriptiva.

Consta la presente memoria de catorce hojas foliadas  
y escritas a máquina por una sola de sus caras.

MADRID

1976 MAR 27

CARLOS ROEB  
P. R.

Fdo.: Pedro Matamorón

20

25

30

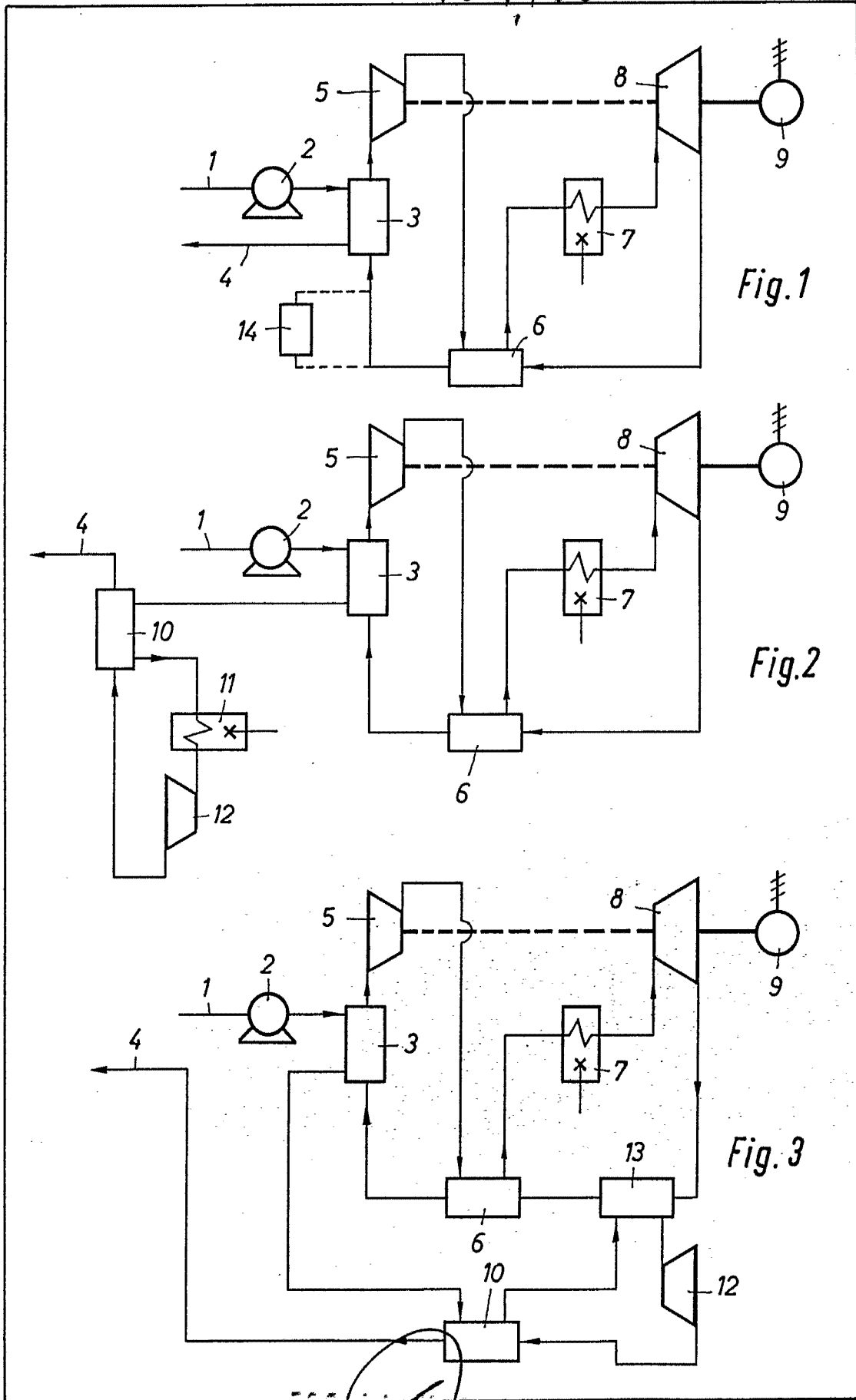


Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3