

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 793 394**

51 Int. Cl.:

F01C 1/00 (2006.01)

F01K 27/00 (2006.01)

F04F 13/00 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.02.2017 PCT/BE2017/000011**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.08.2017 WO17143408**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.02.2017 E 17722997 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2020 EP 3420191**

54 Título: **Dispositivo de expansión de gas y método para expandir gas**

30 Prioridad:

23.02.2016 US 201662298682 P
09.01.2017 BE 201705006

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.11.2020

73 Titular/es:

ATLAS COPCO AIRPOWER, NAAMLOZE
VENNOOTSCHAP (100.0%)
Boomssesteenweg 957
2610 Wilrijk , BE

72 Inventor/es:

ÖHMAN, HENRIK

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 793 394 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

Dispositivo de expansión de gas y método para expandir gas

La presente invención se refiere a un dispositivo de expansión de gas y método para expandir gas.

5 Las aplicaciones para expansión de fluido multifásico en un elemento de expansión volumétrico que se acopla a un generador para energía eléctrica presentan una amplia variedad de características y limitaciones.

Un ejemplo puede encontrarse en el documento CN 204.060.830 en el que puede encontrarse un sistema de almacenamiento de aire comprimido. Comprendiendo el sistema un compresor, una máquina de expansión, un depósito de aceite, un tanque de almacenamiento de aire a alta presión y un pulverizador de aceite.

10 En el documento GB 2 486 503 A se da a conocer un expansor con una inyección de líquido en el conducto de entrada a través del cual se inserta lateralmente el líquido.

En algunas aplicaciones conocidas, las composiciones de presión y gas son relativamente estables a lo largo del tiempo, lo que permite características de funcionamiento constantes y un bajo nivel de control. En otras aplicaciones, las condiciones de funcionamiento pueden variar sustancialmente, lo que conduce a problemas de ineficiencia y/o fiabilidad.

15 Algunas aplicaciones, tales como estaciones de reducción de presión para gas natural, generalmente mantienen una presión constante aguas abajo desde las estaciones de reducción de presión, pero una presión variable aguas arriba. La presión constante aguas abajo se necesita para la correcta distribución de gas a los clientes finales mientras que la presión variable aguas arriba se determina por efectos tales como variaciones en el suministro y un control inestable.

20 En tales casos, la energía generada por el dispositivo de expansión está fuertemente influida por la presión de entrada. Existen dos razones para esto. En primer lugar, una presión de entrada más alta conduce a un aumento de la relación de presión y, por consiguiente, una mayor caída de entalpía por unidad de masa expandida; en segundo lugar, una presión de entrada más alta conduce a un mayor flujo de masa debido a una densidad de gas más alta.

Puesto que es de vital importancia para el sistema que se mantenga la presión aguas abajo, la máquina de expansión puede expandir solo un flujo de masa que es equivalente a la demanda instantánea de gas en los puntos finales de la red de gas.

25 Esto conduce a los requisitos para una variabilidad compleja del flujo de volumen en la entrada en una máquina de expansión volumétrica con presión de entrada variable.

Las soluciones existentes para controlar el flujo de volumen en un dispositivo de expansión volumétrica incluyen VSD, es decir, variadores de velocidad, reducción de flujo en la entrada y medios mecánicos para variar el volumen sistólico de la máquina.

30 La reducción de flujo en la entrada significa que la densidad del gas puede ajustarse para controlar el flujo de masa que se expande. La desventaja es la clara pérdida de eficiencia a medida que la relación de presión del dispositivo de expansión se reduce sustancialmente en todo momento, excepto cuando se requiere un flujo máximo que no suele ser el caso.

35 Para controlar el volumen sistólico, se usa generalmente una válvula de camisa móvil u otro mecanismo de válvula que cambia el volumen sistólico de la máquina. Tales soluciones pueden ser extremadamente eficientes pero son caras y aumentan la complejidad del diseño y, por tanto, ponen en peligro la fiabilidad.

Un VSD permite un control preciso del volumen de masa expandida y también conserva una alta eficiencia y una baja complejidad de diseño. Pero el par motor de máquinas de expansión volumétrica generalmente depende poco de la velocidad o incluso es inversamente proporcional.

40 Esto significa que un generador de VSD debe ser capaz de funcionar de manera segura a baja velocidad y a alto par motor. Además, significa que las fuerzas que actúan en el interior del dispositivo de expansión volumétrica se definirán por la presión de entrada y no por la energía generada. Dicho de otro modo, las fuerzas dependen directamente del par mecánico que se produce en el eje de salida.

45 En aplicaciones de VSD, el riesgo de una sobrecarga estructural del dispositivo de expansión es claro si la presión de entrada varía hacia arriba. Si se usa una máquina de expansión sobredimensionada, la eficiencia sufrirá en cualquier presión de entrada en condiciones de funcionamiento normales. Si se usa un dispositivo de expansión dimensionado con precisión, se optimizará la eficiencia en una presión de entrada normal, mientras que puede esperarse daño estructural en picos altos en la presión de entrada.

50 Además, es complejo y caro controlar la velocidad en condiciones con un par motor excepcionalmente alto y una velocidad baja.

Un problema relacionado es las moderaciones caras y complejas del problema de una velocidad demasiado alta. Cuando se pierde el par de frenado, la máquina de expansión acelerará rápidamente y creará condiciones de funcionamiento peligrosas que ponen en peligro la fiabilidad del sistema y darán como resultado un suministro excesivo a la red de gas aguas abajo.

- 5 Una técnica de moderación usada a menudo es usar válvulas de cierre rápido antes del dispositivo de expansión, de manera que se cortan eficazmente el flujo de masa y el par motor en una fracción de un segundo.

Tales válvulas de cierre rápido provocan un vacío temporal en la entrada del dispositivo de expansión debido a su retardo de rotación. El vacío frena rápidamente la máquina de expansión para detenerla. El uso de válvulas de cierre rápido significa cargas transitorias muy altas en el sistema mecánico.

- 10 Además, la máquina de expansión permanece fuera de servicio hasta que se controla de manera adecuada, se reinicia y se sincroniza de nuevo con la red eléctrica.

La pérdida del par de frenado puede deberse a una conexión de eje rota, entonces puede resultar adecuada una parada por parte de una válvula de cierre rápido. Pero también puede deberse a interrupciones cortas o largas en la red eléctrica, un control de velocidad inestable del VSD o una sobrecarga del generador de freno.

- 15 La detección de situaciones de emergencia reales o supuestas, por ejemplo, en sistemas auxiliares o por medio de un botón de emergencia, puede conducir a la necesidad de usar válvulas de cierre rápido.

Por tanto, es deseable una forma segura, fiable y rápida de limitar el par motor en un dispositivo de expansión, y preferiblemente un método que pueda funcionar continuamente sin perder tiempo de funcionamiento de la máquina de expansión, incluso si se para temporalmente una presión de entrada.

- 20 El propósito de la presente invención es proporcionar una solución a las desventajas mencionadas anteriormente y otras desventajas proporcionando un dispositivo de expansión de gas para expandir un gas o una mezcla de gas y líquido, mediante la cual el dispositivo de expansión de gas comprende un elemento de expansión de gas con un puerto de entrada para que se expanda el gas y un tubo de entrada para que se expanda el gas, mediante lo cual el tubo de entrada se conecta al puerto de entrada, mediante lo cual el dispositivo de expansión de gas comprende un primer punto de inyección de líquido para la inyección de líquido, mediante lo cual el primer punto de inyección de líquido está en un nivel de posición con el puerto de entrada o aguas arriba desde el puerto de entrada, y preferiblemente aguas arriba desde el puerto de entrada y mediante lo cual el dispositivo de expansión está dotado de un separador de líquido para separar líquido de gas que se expande en el elemento de expansión de gas, mediante lo cual el primer punto de inyección de líquido se conecta a la salida de líquido del separador de líquido.

- 30 Como resultado, cuando se detecta un par motor demasiado alto, puede inyectarse líquido en el flujo de gas aguas arriba desde el puerto de entrada, o al nivel del puerto de entrada, de modo que este líquido entra en una cámara de expansión junto con el gas.

Cuando funciona a alta velocidad, el líquido que se inyecta asegura un efecto de frenado en el gas de entrada. La energía necesaria para acelerar el líquido reduce la presión total del gas, de manera que se reduce la relación de presión de la expansión y el flujo de entrada volumétrico del dispositivo de expansión de gas. Como resultado, se limita el par motor.

- 35 Cuando funciona a baja velocidad, el líquido que se inyecta llena una gran proporción del volumen de cámara que, de lo contrario, estaría ocupado por gas de entrada. En consecuencia, se reduce el flujo de entrada volumétrico de gas. La relación de presión permanece conservada pero el flujo de masa se reduce. Como resultado, se limita el par motor.

Cuando funciona a baja velocidad, el líquido que se inyecta llena una gran proporción del volumen de cámara que, de lo contrario, estaría ocupado por gas de entrada. En consecuencia, se reduce el flujo de entrada volumétrico de gas. La relación de presión permanece conservada pero el flujo de masa se reduce. Como resultado, se limita el par motor.

- 40 Además, cuando se detecta una situación de emergencia que requiere una parada rápida del dispositivo de expansión de gas, el líquido puede inyectarse aguas arriba desde el puerto de entrada.

Entonces, el líquido tiene el efecto tal como se describió anteriormente, pero también reduce sustancialmente la alta velocidad que, de lo contrario, se produciría brevemente. Esto significa que una válvula de protección, antes del dispositivo de expansión, puede cerrarse con una velocidad de funcionamiento más baja de la que, de lo contrario, sería el caso. En consecuencia, es innecesaria una válvula de cierre rápido extremadamente rápida y cara, y puede usarse una válvula estándar para esto, no se produce una posible sobrecarga breve y el dispositivo de expansión de gas está operativo de nuevo más rápidamente tras una situación de emergencia.

- 45 Una situación de emergencia de este tipo puede producirse en caso de fallo técnico, por ejemplo, una desconexión de la red energética a la que se suministra energía, o la pérdida del acoplamiento mecánico entre el elemento de expansión y el generador, y puede detectarse de muchas maneras conocidas para un experto en la técnica.

Una situación de emergencia de este tipo puede producirse en caso de fallo técnico, por ejemplo, una desconexión de la red energética a la que se suministra energía, o la pérdida del acoplamiento mecánico entre el elemento de expansión y el generador, y puede detectarse de muchas maneras conocidas para un experto en la técnica.

- 50 Una situación de emergencia de este tipo puede producirse también si un aparato auxiliar, correcta o incorrectamente, emite una señal de emergencia, o si se activa un procedimiento de parada de emergencia por intervención humana o por software.

Además, dado que el dispositivo de expansión de gas comprende un separador de líquido, puede usarse el mismo líquido que ya se ha separado del gas, normalmente aceite, para suministrar el primer punto de inyección de líquido.

En una realización preferida, el dispositivo de expansión de gas está dotado de medios para iniciar o interrumpir un flujo de dicho líquido al primer punto de inyección de líquido, de modo que el primer punto de inyección de líquido pueda usarse o, de lo contrario, según se necesite.

- 5 Preferiblemente, estos medios se conectan a una unidad de control para controlar los medios, y el elemento de expansión de gas se acopla mecánicamente a un generador de manera que el elemento de expansión pueda accionar el generador, mediante lo cual la unidad de control se conecta al generador.

Como resultado, las condiciones de funcionamiento y los parámetros medidos del generador pueden usarse para controlar dichos medios.

- 10 Preferiblemente, el dispositivo de expansión de gas comprende un segundo punto de inyección de líquido que se configura para inyectar dicho líquido en el elemento de expansión de gas en una posición aguas abajo desde el puerto de entrada, y el dispositivo de expansión de gas está dotado de un depósito o tubo de suministro para dicho líquido, mediante lo cual tanto el primer punto de inyección de líquido como el segundo punto de inyección de líquido se conectan a este tubo de suministro o a este depósito.

- 15 Como resultado, el mismo líquido que ya se inyecta normalmente mediante el segundo punto de inyección de líquido para enfriar y/o lubricar puede también [inyectarse] al primer punto de inyección de líquido de modo que se reduce la complejidad del dispositivo.

Preferiblemente, dichos medios comprenden una válvula de tres vías con tres puertos de conexión, mediante los cuales un primero de los puertos de conexión se conecta al tubo de suministro o al depósito y los otros puertos de conexión se conectan cada uno a uno de dichos puntos de inyección de líquido.

- 20 Como resultado, el suministro del segundo punto de inyección de líquido, que es deseable en funcionamiento normal, puede desviarse fácilmente al primer punto de inyección de líquido si el funcionamiento es de manera que el uso del primer punto de inyección de líquido es deseable.

- 25 En una realización preferida, el primer punto de inyección de líquido se sitúa de manera que la dirección de inyección es aguas arriba. Esto asegura un efecto de frenado máximo al producirse un par motor alto cuando funciona a alta velocidad, porque la dirección del líquido debe invertirse entonces por el gas que fluye.

Además, la invención se refiere a un método para expandir gas en el que este gas está guiado por un dispositivo de expansión de gas según la invención, en el que el líquido solo se inyecta mediante el primer punto de inyección de líquido al detectarse una condición de funcionamiento excepcional.

- 30 Por el presente documento, el rebasamiento de un primer valor de umbral de un par motor indica una primera condición de funcionamiento excepcional.

Este par motor es el par motor de ejes acoplados mecánicamente del generador y el elemento de expansión. Esto puede medirse en varios lugares o derivarse de una manera conocida por un experto en la técnica desde otros valores medidos tales como la velocidad de rotación y energía.

- 35 Por el presente documento, la aparición de una situación de emergencia que requiere la parada del dispositivo de expansión de gas indica una segunda condición de funcionamiento excepcional, por ejemplo.

Por el presente documento, el rebasamiento de un valor de umbral de la velocidad de rotación del elemento de expansión, por ejemplo, o el rebasamiento de un segundo valor de umbral de un par motor, o el rebasamiento de un primer valor de umbral de energía eléctrica generada indica una situación de emergencia.

- 40 Con la intención de mostrar mejor las características de la invención, se describen una realización preferida de un dispositivo de expansión de gas según la invención y un método adjunto a continuación en el presente documento a modo de ejemplo sin ninguna naturaleza limitativa, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 muestra esquemáticamente un dispositivo de expansión de gas según la invención;

la figura 2 ilustra el principio de funcionamiento del dispositivo de expansión de gas.

- 45 En este ejemplo, el dispositivo de expansión de gas 1 es un dispositivo de expansión de gas natural de doble tornillo con inyección de aceite a la expansión.

Sin embargo, la invención puede aplicarse de manera similar a otros tipos de máquinas de expansión volumétrica y otros fluidos aparte de aceite y gas natural.

El dispositivo de expansión de gas 1, tal como se muestra en la figura 1, comprende un elemento de expansión de doble tornillo 2 y un generador de electricidad 3 que se acoplan mecánicamente entre sí.

El elemento de expansión 2 comprende un puerto de entrada 4 para gas natural que se conecta a un tubo de entrada 5 para gas natural. Se proporciona una válvula de cierre 6 en el tubo de entrada 5.

Se proporciona un separador de aceite 7 para separar aceite y gas aguas abajo desde el elemento de expansión 2. Este tiene una salida 8 para gas expandido y una salida 9 para aceite.

- 5 La salida 9 para aceite se conecta mediante una bomba de aceite 11 a un primer puerto de conexión de una válvula de tres vías 12.

Los otros dos puertos de conexión de la válvula de tres vías 12 se conectan a puntos de inyección de líquido.

- 10 Más específicamente, esto se refiere a un primer punto de inyección de líquido 13 que se junta justo aguas arriba desde el puerto de entrada 4 en el elemento de expansión 2 o en el tubo de entrada 5, y un segundo punto de inyección de líquido 14 que se junta aguas abajo desde el puerto de entrada 4.

El primer punto de inyección de líquido 13 por el presente documento tiene una dirección de inyección que es opuesta a la dirección de flujo del gas.

El dispositivo de expansión de gas 1 está dotado, además, de una unidad de control electrónico 15 que se conecta de manera que transfiere datos a la válvula de cierre 6, la válvula de tres vías 12 y el generador 3.

- 15 El funcionamiento del dispositivo de expansión de gas 1 es sencillo y tal como sigue.

En caso de funcionamiento normal, es decir, cuando no se detecta un par motor más alto de lo deseado, la válvula de tres vías 12 se establece de manera que todo el aceite se lleva al segundo punto de inyección de líquido 14. Entonces, el funcionamiento es análogo a un dispositivo de expansión de gas tradicional.

- 20 Esto se muestra esquemáticamente en la figura 2. El eje horizontal indica el progreso de la rotación de un rotor del elemento de expansión 2. El eje vertical indica el volumen de una cámara de expansión.

Por el presente documento, el puerto de entrada 4 está abierto a la cámara de expansión entre los puntos indicados por A y B. Justo después de que se cierre el puerto de entrada 4, se inyecta aceite mediante el segundo punto de inyección de líquido 14, indicado esquemáticamente por el intervalo desde el punto C al punto D.

- 25 Esto se hace de esta manera porque, para una aplicación económica de un dispositivo de expansión de tornillo, la velocidad periférica de los rotores debe ser tan alta como sea posible. Por tanto, la inyección de aceite a la entrada de la máquina debe minimizarse para limitar las pérdidas de fricción que reducen un llenado óptimo de la cámara de expansión. Por tanto, la inyección de aceite se controla generalmente de manera que el aceite entra en la cámara de expansión después de que se cierre el puerto de entrada, cuando el aceite no tiene efecto adicional en el proceso de llenado de la cámara con gas.

- 30 Con el fin de obtener un buen efecto del aceite inyectado, a menudo se inyecta a alta presión, inmediatamente después de que se cierre el puerto de entrada. La presión del aceite es generalmente más alta que la presión de gas en la entrada de la tubería, a pesar de que la presión de la cámara se reduce inmediatamente después de que el puerto de entrada cierre.

- 35 En una primera condición de funcionamiento excepcional, es decir, si se mide o se calcula un par motor más alto de lo deseado en el generador 3 por la unidad de control 15, la válvula de tres vías 12 se establece de manera que todo el aceite fluye al primer punto de inyección de líquido 13.

- 40 Esto tiene dos efectos. El primer efecto es que, tras la inyección, el aceite experimenta una disminución y cambio de dirección debido al gas que fluye de modo que se reduce la presión de entrada eficaz del gas. El segundo efecto es que el aceite fluye en la cámara de expansión del elemento de expansión, de modo que hay menos espacio para el gas. Con una alta velocidad de rotación en el primer efecto ganará ventaja de manera significativa y a baja velocidad de rotación el segundo efecto ganará ventaja de manera significativa.

En ambos casos, el par motor se reduce de modo que se evita una sobrecarga del dispositivo de expansión de gas 1.

- 45 En una segunda condición de funcionamiento excepcional, al detectar una situación de emergencia, la válvula de tres vías 12 se establece también de manera que todo el aceite fluye al primer punto de inyección de líquido 13, con los efectos mencionados anteriormente, y adicionalmente la válvula de cierre 6 se cierra por la unidad de control 15, de modo que el dispositivo de expansión de gas 1 se detiene rápidamente de manera que no provoca ningún daño al dispositivo de expansión de gas 1.

En lo anterior, aguas abajo y aguas arriba se refieren a la dirección de flujo del gas.

- 50 La presente invención no se limita en absoluto a las realizaciones descritas como un ejemplo y mostradas en los dibujos, pero pueden realizarse un dispositivo de expansión de gas y método según la invención en todos los tipos de formas y dimensiones sin apartarse del alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de expansión de gas (1) para expandir un gas o una mezcla de gas y líquido, mediante lo cual el dispositivo de expansión de gas (1) comprende un elemento de expansión de gas (2) con un puerto de entrada (4) para que se expanda el gas y un tubo de entrada (5) para que se expanda el gas, mediante lo cual el tubo de entrada (5) se conecta al puerto de entrada (4), mediante lo cual el dispositivo de expansión de gas (1) comprende un primer punto de inyección de líquido (13) para la inyección de líquido, **caracterizado porque** el primer punto de inyección de líquido (13) está en un nivel de posición con el puerto de entrada (4) o aguas arriba desde el puerto de entrada (4), **y porque** el dispositivo de elemento de expansión (1) está dotado de un separador de líquido (7) para separar líquido de gas que se expande en el elemento de expansión de gas (2), mediante lo cual el primer punto de inyección de líquido (13) se conecta a una salida de líquido (9) del separador de líquido (7).
2. Dispositivo de expansión de gas (1) según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el líquido es aceite.
3. Dispositivo de expansión de gas (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el elemento de expansión de gas es un elemento de expansión de gas de doble tornillo (2).
4. Dispositivo de expansión de gas (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** está dotado de medios (12) para iniciar e interrumpir un flujo de dicho líquido al primer punto de inyección de líquido (13).
5. Dispositivo de expansión de gas (1) según la reivindicación 4, **caracterizado porque** el dispositivo de expansión de gas (1) comprende una unidad de control (15) para controlar dichos medios (12).
6. Dispositivo de expansión de gas (1) según la reivindicación 5, **caracterizado porque** el elemento de expansión de gas (2) se acopla a un generador (3), de manera que el elemento de expansión (2) puede accionar el generador (3), mediante lo cual la unidad de control (15) se conecta de una manera que transfieren datos al generador (3).
7. Dispositivo de expansión de gas (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el dispositivo de expansión de gas (1) comprende un segundo punto de inyección de líquido (14) que está configurado para inyectar dicho líquido en el elemento de expansión de gas (2) en una posición aguas abajo desde el puerto de entrada (4).
8. Dispositivo de expansión de gas (1) según la reivindicación 7, **caracterizado porque** está dotado de un depósito o tubo de suministro para dicho líquido, mediante lo cual tanto el primer punto de inyección de líquido (13) como el segundo punto de inyección de líquido (14) se conectan a este tubo de suministro o este depósito.
9. Dispositivo de expansión de gas (1) según la reivindicación 8 y una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, **caracterizado porque** dichos medios comprenden una válvula de tres vías (12) con tres puertos de conexión, mediante lo cual un primero de los puertos de conexión se conecta al tubo de suministro o al depósito y otros puertos de conexión se conectan cada uno a uno de dichos puntos de inyección de líquido (13, 14).
10. Dispositivo de expansión de gas (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el primer punto de inyección de líquido (13) se sitúa de manera que la dirección de inyección del líquido es aguas arriba.
11. Método para expandir un gas en el que este gas está guiado por un dispositivo de expansión de gas (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que solo se inyecta líquido mediante el primer punto de inyección de líquido (13) al detectar una condición de funcionamiento excepcional.
12. Método según la reivindicación 10, **caracterizado porque** el rebasamiento de un primer valor de umbral de un par motor indica una primera condición de funcionamiento excepcional.
13. Método según la reivindicación 10 u 11, **caracterizado porque** la aparición de una situación de emergencia que requiere la parada del dispositivo de expansión de gas (1) indica una segunda condición de funcionamiento excepcional.

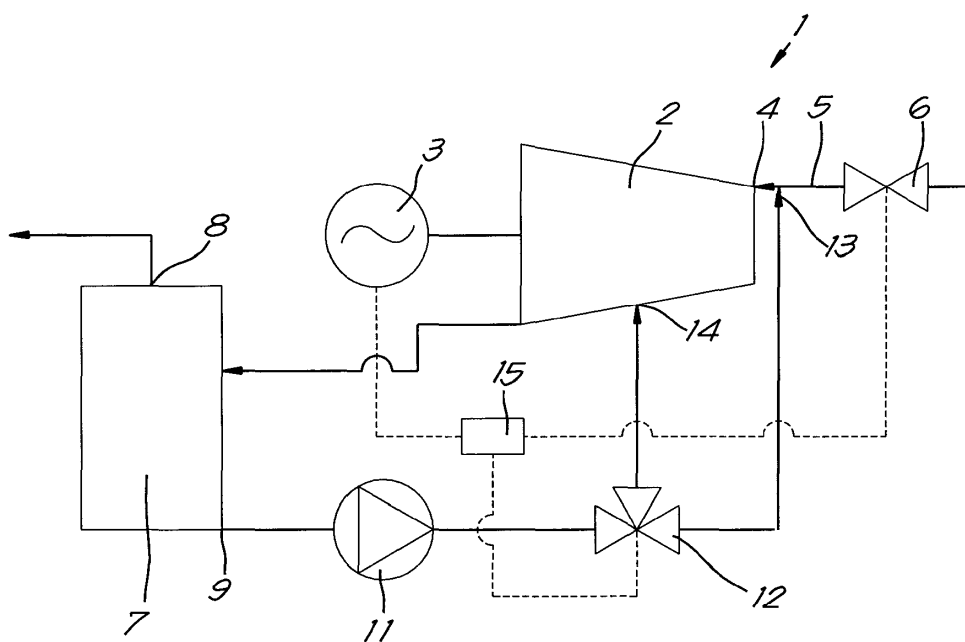


Fig. 1

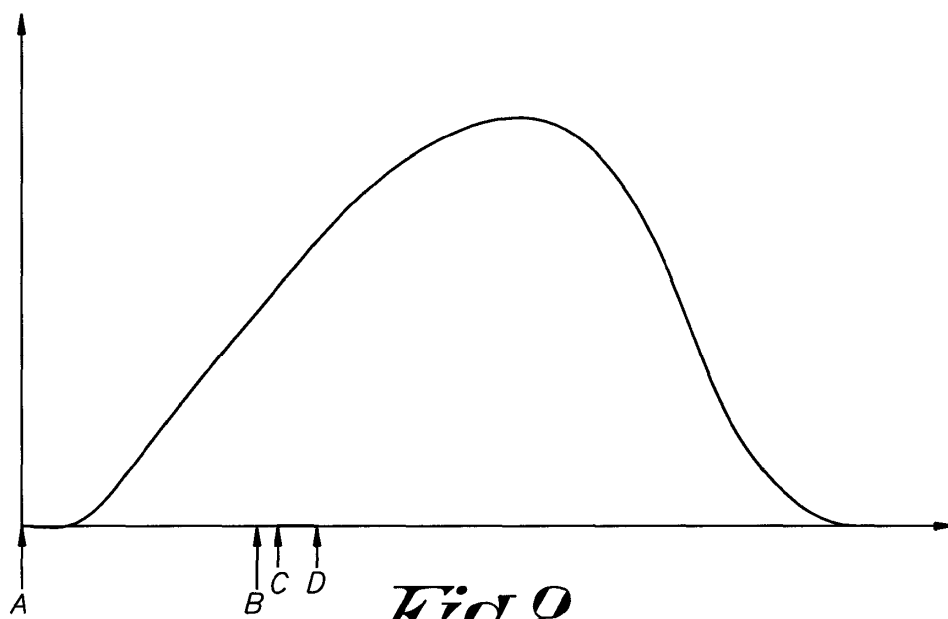


Fig. 2