

334660

P.- 33.868

A 92570



MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud

de

P A T E N T E D E I N V E N C I O N

formulada el 19 de Diciembre de 1.966, con el nº 334.660

en

E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de COMBUSTION ENGINEERING, INC., entidad norteamericana, establecida en Prospect Hill Road, Windsor, Connecticut, Estados Unidos de América, por:

" UNA DISPOSICION DE GENERACION DE FUERZA "

Este invento se refiere a sistemas de estrangulación de fluido empleados para regulación de la temperatura, y en particular a un aparato para aumentar de manera controlable la temperatura de la parte del fluido estrangulado que se usa durante el funcionamiento a régimen de flujo bajo de un sistema, tal como una instalación de fuerza de turbina de vapor de agua, por encima de la temperatura que se obtendría con la estrangulación corriente, y efectuar una transición suave a la estrangulación corriente.

5

En una tentativa de mejorar los consumos calorí

10

3-3-67

- 1 -



5      ficos de instalaciones de fuerza, se han usado temperaturas y presiones cada vez más altas del fluido motor. Esto es especialmente cierto por lo que se refiere a instalaciones de turbinas de vapor de agua. El uso de tales temperaturas elevadas y presiones altas, requiere que las partes de entrada o de máxima presión de la turbina sean construídas con paredes extremadamente gruesas. Esas paredes gruesas - deben además ser de un material de aleación de alta calidad que conserve una resistencia sustancial a esos elevados niveles de temperatura. Con tales paredes gruesas, sin embargo, existe un problema sustancial cuando se tropieza con regímenes transitorios de temperatura. Durante tales períodos, la superficie interior del metal en contacto con el vapor de agua cambiará rápidamente, mientras que la superficie exterior de la pared gruesa lo hace con un retraso sustancial. Ello viene agravado por la baja conductividad que poseen esos materiales muy aleados. Esa diferencia de temperatura a través de la pared del material conduce a una diferencia de dilataciones entre las superficies interior y exterior, quedando por consiguiente sometida la pared a elevados esfuerzos. Es por tanto importante hacer funcionar esas unidades de tal manera que se eviten diferencias de temperatura sustanciales entre esas paredes y el vapor de agua que pasa a través de la turbina.

15  
20  
25                      El esfuerzo en la envuelta o cárter de la turbina no es, desde luego, el único problema de temperatura durante la puesta en marcha. Las turbinas están siendo diseñadas con rotores muy grandes, teniendo algunos de ellos ejes de diámetros que se aproximan a los 91 centímetros. En esos ejes gruesos, la diferencia de temperaturas entre la super-



ficie exterior y el núcleo del eje plantea problemas similares de esfuerzos. Además, la diferencia de dilataciones durante el calentamiento entre el rotor de la turbina y el cárter, puede originar roces en las juntas de estanqueidad de la turbina. Independientemente del problema particular de períodos transitorios de temperatura que se plantea en un momento determinado en cualquier turbina particular, la turbina exige que se cumpla un requisito básico, que sea -  
5 suministrado vapor de agua a una temperatura particular deseada. Ya se sabe que pueden utilizarse medidas de temperatura en diversas posiciones en la turbina, o medidas del -  
10 régimen de cambio de temperaturas con el tiempo, para determinar la temperatura del vapor de agua requerida. Por otra parte, no es preciso que unos determinados medios perceptores impongan el control durante toda una puesta en marcha,  
15 sino que pueden usarse diferentes tipos de controles, seleccionando el operario aquel que deba regular la puesta en -  
marcha en cualquier momento determinado. Por simplicidad, -  
se describe el presente invento con relación a la temperatura deseada como basada en un valor preseleccionado por encima de la temperatura del metal dentro de la caja de vapor de  
20 agua de la turbina.

Los generadores de vapor de agua deben además -  
estar contruídos para suministrar ese vapor de agua a temperatura elevada, y que esto pueda hacerse satisfactoriamente para funcionamiento a plena carga del generador de vapor de agua. Ese mismo generador de vapor de agua debe suministrar a la turbina no solamente a plena carga, sino a todas las cargas hasta carga cero en la puesta en marcha. Pero -  
25 ocurre que los generadores de vapor de agua no son capaces  
30



de aumentar las altas temperaturas requeridas por una turbina caliente durante la puesta en marcha, con caldeo minimo en el generador de vapor de agua.

5 Cuando se inicia la puesta en marcha de una ins  
talación de fuerza, el material de la caja de la turbina -  
puede estar a cualquier temperatura. Podría ser una puesta  
en marcha en frío después de un período de inactividad pro  
longado, estando la caja de la turbina a la temperatura am  
biente, del orden de 21°C. El otro extremo puede producirse  
10 en una situación en que un fallo eléctrico haya sido causa  
de que el generador de la turbina se dispare fuera de la -  
línea, y se haga un intento de volver a poner en marcha en  
cuestión de minutos. En tal situación, la caja de la turbi  
na estaría a una temperatura extremadamente elevada, tal -  
15 como de 566°C.

Rara vez, sin embargo, se producen esas dos con  
diciones extremas de puesta en marcha, efectuándose una pues  
ta en marcha en frío solamente después de una parada para -  
mantenimiento al cabo de un año, mientras que la puesta en  
20 marcha en caliente solamente se hace necesaria en caso de -  
fallos aislados. La naturaleza de la carga eléctrica en los  
sistemas de instalaciones de fuerza ha producido la situa-  
ción en que esas calderas de alta temperatura son frecuente  
mente paradas durante la noche, y vueltas a poner en marcha  
25 de nuevo por la mañana. Para entonces, la caja de la turbi-  
na estará todavía a una temperatura bastante elevada, del -  
orden de 427°C, mientras que el generador de vapor de agua  
se habrá enfriado considerablemente, estando probablemente  
a una temperatura del orden de 204°C.

30 El problema de equilibrar las temperaturas re-



sulta además agravado por una disminución de la temperatura que se produce en la estrangulación del vapor de agua por la válvula de estrangulación de la turbina y, por consiguiente, cualquiera que sea la temperatura que pueda producir el generador de vapor de agua, resulta todavía disminuida. Durante las puestas en marcha, al no haber circulación de vapor de agua a través de la turbina, la presión en la caja de la turbina es aproximadamente la misma que la presión en el condensador, mientras que la caldera está funcionando a presión alta. Ese funcionamiento de la caldera a presión alta viene generalmente impuesto en el sistema debido a diversos problemas de circulación y de distribución de agua, implicados en el propio generador de vapor de agua.

Los daños debidos al desequilibrio de temperaturas durante la operación de puesta en marcha son de naturaleza acumulativa. Es poco probable que una sola puesta en marcha sea de por sí causa de un falló pero los ciclos repetidos inician grietas por fatiga y el ulterior fallo de las piezas de la turbina. Cuando la temperatura del vapor de agua es menor que la temperatura del metal, se produce, enfriamiento o temple del metal, que da por resultado esfuerzos de tracción en la superficie enfriada, mientras que el ciclo inverso de esfuerzos de alta compresión en la superficie interior es asimismo un factor cuando el metal de la turbina está más frío que el vapor de agua.

Para tratar de resolver este problema se han utilizado diversos enfoques, incluyendo válvulas de estrangulación situadas dentro del generador de vapor de agua entre las secciones de sobrecalentador, funcionamiento a baja presión del generador de vapor de agua en la puesta en mar-



cha, funcionamiento de la caldera a una carga relativamen-  
te elevada con un sistema de derivación, y una puesta en  
marcha a velocidad alta, con la esperanza de que resulte -  
coordinada, en que la unidad es sobrecaldeada y se utiliza  
5 considerable mano de obra en la unidad para vigilar los di-  
versos puñtos de peligro. Aunque en cada una de esas puestas  
en marcha se afronta ese problema con éxito hasta cier-  
to punto, cada una de ellas adolece de una serie de deri-  
ciencias. Además, puesto que los daños son de naturaleza -  
10 acumulativa, se requieren mejoras en cada uno de esos es-  
quemias para disminuir todavía más la cantidad de daños en  
cada puesta en marcha, en particular en unidades en que se  
hayan de efectuar puestas en marcha diarias. Este invento  
puede usarse con independencia de, o conjuntamente con, las  
15 diversas soluciones parciales empleadas hasta el presente  
para este problema.

Para anular algunos de los efectos perjudicia-  
les que todavía tienen las soluciones que se han intentado  
de los problemas, empleadas hasta el presente, en este in-  
20 vento se prevé el uso de una válvula que funciona basada en  
el principio del tubo de Ranque-Hilsch. El vapor procedente  
de la fuente de flúido es introducido tangencialmente en el  
interior del tubo. Cualquier condensado que se forme es des-  
prendido de la superficie interior del tubo. La corriente-  
25 de flúido caliente es retirada desde la parte exterior del  
núcleo dentro del tubo, a través de un difusor que se extien-  
de tangencialmente, mientras que el flúido frío abandona el  
centro del núcleo. Las cantidades relativas de flúido calien-  
te y frío son reguladas para controlar la temperatura del -  
30 flúido caliente. Esa válvula se controla de acuerdo con los



requisitos del sistema de generación de fuerza, del cual forma parte, de la manera que se expone con más detalle en lo que sigue.

5 Un objeto de este invento es facilitar la puesta en marcha y el funcionamiento a baja carga de dispositivos motores accionados por flúido, controlando la temperatura del flúido alimentado a ellos.

10 Otro objeto es facilitar la puesta en marcha y el funcionamiento a baja carga de turbinas de vapor de agua en instalaciones de energía eléctrica, mejorando la regulación de la temperatura del vapor de agua alimentado a la turbina.

15 Otro objeto es dividir eficazmente un flujo de vapor de una sola fase en una corriente caliente y fría mientras simultáneamente se elimina la condensación que pueda producirse durante la operación.

20 Otro objeto es dividir un flujo de flúido de una sola fase en una corriente caliente y una fría mientras simultáneamente se controla la cantidad y la temperatura de la corriente caliente.

25 El invento incluye un dispositivo que comprende un tubo de torbellino para separar el flujo de un medio gaseoso caliente en un componente frío y en un componente caliente, en que dicho tubo de torbellino tiene una pared que proporciona un paso de sección transversal sustancialmente circular en planos transversales al eje del tubo, medios de entrada para introducir un medio gaseoso caliente en una dirección tangencial en dicho paso, estando dispuestos dichos medios de entrada en una región de dicha pared que es sustancialmente cilíndrica, un manguito montado en

30



dicha región sobre dicha pared en relación de deslizamiento muy ajustado con ella, un miembro de desplazamiento conectado operativamente con dicho manguito para variar la posición de este último con relación a dichos medios de entrada, una salida de flujo frío que comunica con la parte de dicho paso que es adyacente a su eje longitudinal, y una salida de flujo caliente que comunica con la parte de dicho paso en una región adyacente a la superficie interior de dicha pared.

Finalmente, el invento incluye un sistema de generación de fuerza que incluye una caldera generadora de vapor, una turbina accionada por dicho vapor, y medios que imponen carga variable accionados por dicha turbina, en que dicho sistema generador de fuerza comprende un dispositivo de separación de flujo, representando dicho vapor dicho medio gaseoso caliente y habiéndose provisto medios de conducción para entregar el componente caliente desde dicho dispositivo a dicha turbina.

Con objeto de que el invento pueda comprenderse mejor, se hará a continuación referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

La Fig. 1 es una vista esquemática de un sistema de instalación de fuerza que emplea un generador de vapor de agua del tipo de tambor y que incorpora características especiales, que desempeñan funciones de acuerdo con los principios del presente invento;

La Fig. 2 es una vista esquemática de una instalación de fuerza que emplea un generador de vapor de agua de tipo de paso único y que incorpora características especiales, que desempeñan funciones de acuerdo con los principios del presente invento;



La Fig. 3 es una vista en corte transversal, por un plano a través del eje geométrico longitudinal, de la cámara de torbellino usada en relación con el presente invento;

5 La Fig. 4 es una vista en corte transversal a través de la cámara de torbellino, tomada a lo largo de la línea 4-4 de la Fig. 3;

La Fig. 5 es una vista en corte transversal, - parcial, a través de la cámara de torbellino, tomada a lo largo de la línea 5-5 de la Fig. 3;

10 La Fig. 5a es una vista ampliada de una parte de la pared de la cámara de torbellino;

La Fig. 6 es una vista en corte transversal a través de una parte de la cámara de torbellino, tomada a lo largo de un plano horizontal a través del eje geométrico de la cámara, como se ha ilustrado en la Fig. 5; y

15 La Fig. 7 es una vista similar a la de la Fig. 6, pero con el miembro de válvula de corredera representado en una posición parcialmente abierta.

20 Refiriéndonos al diagrama de la Fig. 1, es tomada agua de alimentación desde el pozo de condensación de vapor o cisterna 2 del condensador a través de los calentadores 3 de agua de alimentación de baja presión. Ese agua de alimentación es bombeada por la bomba 4 de agua de alimentación al generador de vapor de agua 6, pasando en su recorrido a través de los calentadores 7 de alta presión y de la válvula de control 8 de agua de alimentación. La evaporación se produce en los tubos 9 de la pared del hogar siendo liberado vapor de agua en el tambor 10 de vapor de agua y bajando a través del sobrecalentador 12, donde es calentado



hasta una temperatura final de vapor de agua de, por ejemplo, 566°C.

5 Durante el funcionamiento normal, el vapor de agua pasa desde el sobrecalentador 12 hasta y a través de la conducción 13 de vapor de agua y la válvula 14 de estrangulación de turbina, la cual controla el flujo de vapor de agua a la turbina 15 de vapor de agua de alta presión. El vapor de agua descargado desde la turbina 15 es conducido a través de la conducción 17 de recalentamiento en frío al 10 recalentador 18 de vapor de agua del generador 5 de vapor de agua, y desde allí a través de la conducción 9 de recalentamiento en caliente a la turbina 20 de presión intermedia. El vapor de agua descargado desde esta última pasa luego a través de la conducción 22 de cruce a la turbina 23 de 15 baja presión, desde la cual es descargado y luego condensado en el condensador 24, desde el cual es hecho retornar a la cisterna 2. Las diversas turbinas se han representado como conectadas directamente, a través de un eje común, a un generador eléctrico 25, el cual genera electricidad.

20 Para la consideración del invento, se estima deseable examinar el funcionamiento de la instalación de fuerza durante la puesta en marcha. En ese momento, la caja de vapor de agua de la turbina 15 de alta presión, que trabaja durante el funcionamiento normal a unos 566°C, tiene todavía 25 una temperatura relativamente alta. Si la unidad ha dejado de funcionar durante sólo algunas horas, la temperatura de esa caja de vapor de agua puede todavía ser de unos 482°C.

El generador de vapor de agua 6 es caldeado mediante quemadores 27, siendo regulado el combustible mediante 30 una válvula de control de combustible 28. La presión en el



tambor de vapor de agua es percibida por un dispositivo 29  
medidor de la presión, y es enviada una señal desde ese último,  
a través de la unidad de control 30, a la válvula de  
control de combustible 28, regulándose con ello la cantidad  
5 de combustible entregado al generador de vapor de agua, para  
mantener una presión deseada. El vapor de agua que pasa  
desde el tambor 10, a través de la conducción 13 de vapor  
de agua, a la temperatura desarrollada en el generador de  
vapor de agua, pasaría a través de la válvula de estrangulación  
10 lación 14 y experimentaría una considerable disminución de  
la temperatura debido a la disminución de presión, si esa  
turbina fuese puesta en marcha del modo normal después de  
un período de inactividad. Para evitar el problema de la  
disminución de temperatura, el flujo de vapor de agua durante  
15 ese período de puesta en marcha es hecho pasar, de acuerdo  
con el presente invento, a través de una conducción 32 de  
puesta en marcha a una válvula 33 de torbellino. Esa válvula,  
que se describirá con detalle en lo que sigue, se ha ilustrado  
esquemáticamente en esta figura. Baste con decir aquí que  
20 esa válvula comprende una parte 34 de válvula de entrada regulable,  
y una cámara 35 de torbellino. La cámara de torbellino  
no es operada de acuerdo con los principios de un tubo de  
torbellino de Ranque-Hilsch. Proporciona medios para separar  
una corriente de gas, tal como de vapor de agua, en un componente  
25 central frío que sale a través de la conducción 37 fría,  
y un componente caliente que lo circunda, el cual sale a través  
de una conducción caliente 38. Es capaz de proporcionar un  
componente caliente a una temperatura más alta de la que  
existiría si se hubiese efectuado una reducción por estrangulación  
30 lación directa, y en las condiciones apropiadas de funciona-



miento, la temperatura de ese componente caliente será  
más alta que la alimentada a través de la conducción 32  
de puesta en marcha. Se han anticipado varias teorías res  
pecto al modo en que el tubo de Ranque-Hilsch permite ob  
5 tener ese resultado, pero se admite generalmente que re-  
sulta del trabajo de cizalladura efectuado en el desliza-  
miento del gas o del vapor de agua que está fluyendo a  
gran velocidad y bajo presión, en un componente central -  
frío y en una capa exterior circundante. Esos componentes  
10 se mueven a velocidades diferentes y circulan en direccio-  
nes opuestas en sentido axial del tubo de torbellino. No  
es esencial destacar aquí las razones por las que la co-  
rriente inicial de gas compresible es dividida en una co-  
rriente fría y en una corriente caliente, ya que se trata  
15 de un resultado admitido del funcionamiento de un tubo de  
torbellino de Ranque-Hilsch. El presente invento utiliza,  
simplemente, ese principio admitido de un tubo de torbelli-  
no adecuado, en una nueva combinación.

Por consiguiente, durante la puesta en marcha -  
20 entra vapor de agua en la válvula 33 de torbellino a través  
del dispositivo de control 34 y es descargado tangencialmen-  
te, a través de pasos que se describirán, en la cámara 35 -  
de torbellino. El vapor de agua frío es retirado desde el -  
centro de la cámara de torbellino a través de la conducción  
25 37, y pasa a través de la válvula de control de extremo frío  
39 al condensador 24. Una bomba 40 del refrigerante de in-  
yección bombea condensado desde la cisterna caliente a tra-  
vés de una conducción de inyección 42, desrecalentando así  
el flujo a través de la conducción 37 de vapor de agua frío,  
30 antes de que entre en el condensador 24.



El flujo caliente desde la cámara de torbellino sale a través de la conducción 38 caliente y una válvula 43 de cierre y pasa desde ella a la caja de vapor de agua de la turbina 15 de alta presión.

5                   Inicialmente, la válvula 14 de estrangulación de turbina está cerrada. La temperatura del metal de la caja de la turbina es percibida por el transmisor 44 de temperatura, el cual pasa una señal de control a través de la línea de control 45, estando situado el propio elemento perceptor aproximadamente a 25,4 milímetros de la superficie interior de la caja de turbina. El punto de ajuste de diferencia de temperaturas 47 es establecido de modo que sea indicador de la diferencia de temperaturas deseada entre el vapor de agua que entra en la caja de turbina y la temperatura de la propia caja de turbina. Ese punto de ajuste 47 se establece en  $-4^{\circ}\text{C}$ , de modo que el vapor de agua que entra en la caja de turbina será operante para calentar adicionalmente la caja de turbina en previsión de las altas temperaturas experimentadas en funcionamiento a plena carga. La diferencia de temperaturas seleccionada depende del material de la caja y de su espesor, y de la velocidad de aumento de la temperatura que se desee. Esa señal de punto de ajuste es añadida en el punto de sumación 48 a la señal de temperatura real, y la señal que entonces representa la temperatura de vapor de agua deseada es hecha pasar a través de la línea de control 49 al punto de sumación 50.

La temperatura del vapor de agua caliente que es hecho pasar a la turbina, es percibida por un transmisor de señal y determinador de temperatura 52, el cual pasa una señal de control a través de una línea de control 53 al punto



de sumación 50, que es representativo de la temperatura real del vapor de agua. Una señal de control, que entonces representa el error de temperatura, pasa a través de la línea de control 54 a controlador u operador 55 de válvula fría. Este regula entonces la válvula 39 de extremo frío, variando con ello el flujo relativo entre el extremo frío y el extremo caliente de la válvula y regulando también con ello la temperatura de vapor de agua que sale del extremo caliente.

La señal indicadora de la carga real en el turbo-  
generador es establecida en la línea de control 57. Esta -  
puede incluir dos dispositivos, uno sensible a la velocidad  
de la turbina antes de estar sincronizado el generador eléc-  
trico, y el otro sensible a la salida eléctrica después de  
la sincronización. La carga real se compara en el punto de  
sumación 58 con una señal de carga deseada establecida en  
la línea de control 59. Una señal representativa del error  
de carga es hecha pasar a través de la línea de control 60  
a controlador 62 de válvula de corredera. Ese controlador  
de válvula regula la posición de la válvula 34 para contro-  
lar el flujo total de vapor de agua que pasa a la turbina.  
La válvula 34, como se describirá más detalladamente en lo  
que sigue, es preferiblemente una válvula de corredera.

A medida que aumenta la carga en el sistema, la  
característica natural del generador de vapor de agua hará  
que aumente la temperatura de vapor de agua que pasa a tra-  
vés de la conducción 13 de vapor de agua. Por consiguiente,  
mientras se opera como anteriormente se ha descrito, la vál-  
vula 39 de control de extremo frío será cada vez más estran-  
gulada, ya que disminuirá el desequilibrio entre las tempe-



raturas del vapor de agua entregado y de la turbina 15 de alta presión. Si el sistema de válvula de torbellino tiene capacidad suficiente, la válvula 39 de extremo frío llegará finalmente a cerrarse por completo. En ese momento dejará de producirse el efecto de separación en la válvula 33 de torbellino, y la temperatura de vapor de agua que pasa a través de la conducción caliente 38 será la misma que la -  
5  
que hubiera sido si el vapor de agua hubiese pasado directamente, de la manera usual, a través de la válvula 14 de estrangulación de turbina. En ese momento la válvula 14 de estrangulación de turbina puede encargarse del control de la turbina, siendo retirada la válvula 33 de torbellino de la trayectoria de flujo del sistema. Esa válvula puede entonces ser aislada por completo, si se desea, cerrando las válvulas de cierre 31 y 43.  
10  
15

Teniendo presente la amplia gama de temperaturas que puede alcanzar la caja de turbina, es posible que pueda alcanzarse el límite de la capacidad del sistema de válvula de torbellino antes de obtenerse la temperatura de vapor de agua deseada. El límite de la capacidad está en la válvula 34 de corredera y, si no se ha obtenido la temperatura deseada, la válvula 39 de extremo frío puede todavía estar abierta en un intento de alcanzar la temperatura deseada. Debe hacerse notar que, durante la primera parte de la puesta en marcha, esa válvula ha operado para lograr las temperaturas deseadas. En este punto, sin embargo, debe sacrificarse algo la temperatura del vapor de agua con objeto de lograr una transición suave al flujo de paso normal a través de la válvula 14. En consecuencia, cuando el controlador 62 indica que la válvula 34 de corredera está en una posición muy abierta,  
20  
25  
30



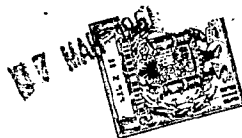
la señal de control que indica el error de carga es hecha pasar desde el controlador 62, a través de la línea de control 63, al controlador 55 de válvula de extremo frío, y anula la regulación de temperatura establecida mediante la línea de control 54. Aumentando la estrangulación de la válvula 39, queda disponible más vapor de agua para la turbina 15 de alta presión, sin sacrificar por completo la característica de aumento de temperatura de esta válvula. Cuando el controlador 55 indica que la válvula de extremo frío 39 está en posición cerrada, el ulterior aumento en la carga de la turbina solamente puede obtenerse abriendo la válvula principal 14 de estrangulación de la turbina. En consecuencia, cuando la válvula 39 está en la posición cerrada, la señal de error de carga que entra en el controlador 55 es hecha pasar a ella a través de la línea de control 63 y luego, a través de la línea de control 64, al controlador 65, el cual opera la válvula de turbina 14. En ese momento puede retirarse del servicio el sistema de válvula de torbellino, y ponerse en funcionamiento normal la válvula 14 de estrangulación de turbina.

Una característica importante de esta disposición es la capacidad para controlar la temperatura de vapor de agua y, en consecuencia, el sistema se ha estudiado en términos de temperatura. No obstante, debe tenerse presente que un dispositivo de entalpia constante, tal como una válvula corriente de estrangulación, da por resultado una considerable disminución de la temperatura cuando es estrangulado vapor de agua a través de ella. Por ejemplo, el vapor de agua que entra en la válvula a  $196 \text{ kg/cm}^2$  y  $427^\circ\text{C}$ , saldría de la válvula y entraría en la caja de la turbina a una temperatura de unos



288°C, cuando la presión en la caja de la turbina es de 14 kg/cm<sup>2</sup>. Esto se verifica incluso aunque el vapor de agua en ambos puntos tiene la misma entalpia. La válvula de torbellino separa realmente la fase única de entrada de vapor de agua en una parte de entalpia alta y en una parte de entalpia baja. La parte de entalpia alta tendrá, desde luego, una temperatura más elevada que la del vapor de agua hecho pasar a través de una válvula de estrangulación usual. Aunque puede que no en todos los casos tenga una temperatura más elevada que la del vapor de agua de entrada, tendrá realmente una entalpia más alta. Debe tenerse presente, por consiguiente, que incluso aunque la temperatura del vapor de agua que sale de esa válvula pueda en ocasiones ser inferior a la temperatura de entrada, sigue existiendo una mejora apreciable sobre la situación que se produciría en caso de haberse usado una válvula de estrangulación corriente.

La Fig. 2 es un diagrama esquemático de un sistema de instalación de fuerza similar al de la Fig. 1, en que se han usado los mismos números de referencia para indicar aparatos iguales. En esta realización, sin embargo, el invento se emplea juntamente con un generador 66 de vapor de agua del tipo de paso único. Ese generador de vapor de agua es del tipo que emplea una bomba de recirculación 67, la cual es operante para recircular agua a través de la conducción 68 de recirculación, siendo capaz esa caldera de puestas en marcha utilizando flujos de paso muy bajos, por ejemplo, del orden del 5 al 10% de la capacidad de la caldera. La conducción 13 de vapor de agua, que conduce el vapor de agua a la turbina 15 a través de la válvula 14 de estrangulación de turbina, -



incorpora una válvula 69 de cierre de turbina situada aguas arriba de la válvula 14 de estrangulación de turbina. En la puesta en marcha de una unidad de este tipo, se mantiene inexorablemente un flujo de paso del 5 al 10% y, en consecuencia, se han incorporado provisiones para aceptar ese -  
5 flujo de paso en caso de que sobrepase las necesidades de la válvula 33 de torbellino. Ello se logra mediante el uso de un transmisor y receptor de presión 69a, el cual percibe la presión del fluido que sale del generador de vapor  
10 de agua y que envía una señal de control a través de la línea de control 70 a un controlador 71. Ese controlador opera una válvula de alivio 72, la cual permite que pase el flujo a través de la conducción 73 al condensador 24 siempre que exista una presión excesiva en la conducción 32.

15 El sistema de control aquí incorporado es similar en general al de la Fig. 1, existiendo algunas diferencias debido a la diferente disposición de válvulas usada. La señal 59 de carga deseada y la señal 57 de carga real son comparables en el punto de sumación 58 con la señal de error  
20 de carga que pasa a través de la línea de control 60. Esa señal actúa sobre el controlador 65 de válvula de estrangulación de turbina, el cual opera la válvula 14 de estrangulación de turbina para mantener la carga deseada. Con objeto de evitar la disminución de temperatura debida a la estrangulación a través de la válvula de estrangulación de -  
25 turbina, y de lograr una carga uniforme en la primera etapa de la turbina, es deseable mantener la válvula 14 de estrangulación de turbina en una posición que sea de casi totalmente abierta. Puede mencionarse que, si fuese posible, la  
30 válvula 14 se mantendría de preferencia en una posición de



completamente abierta, para hacer mínima la caída de presión a su través. No obstante, a fin de permitir que esta válvula ejerza un cierto control sobre el caudal de flujo de vapor de agua, de vez en cuando es deseable estrangularla en cierta medida. Así, se ha comprobado que es deseable mantenerla normalmente al 90% aproximadamente de apertura. Los diversos medios de control sirven pues para moverla hacia esa posición del 90% de apertura desde cualquier posición que pueda adoptar en el curso del funcionamiento del sistema. Para lograr esto, es hecha pasar una señal de control indicadora de la posición de válvula a través de la línea de control 74 al controlador 62 de válvula de corredera, el cual opera para abrir la válvula de corredera 34 cuando la válvula de control 14 tiende a estar en una posición demasiado abierta, y opera a la inversa para estrangular la válvula de corredera 34 cuando la válvula 14 está cerrada más de lo que se desea. En ese momento es percibida la temperatura de la caja de turbina por el transmisor de temperatura 44, mientras que la temperatura del vapor de agua que está siendo alimentado es percibida por el transmisor de temperatura 52. Esas señales, juntamente con el punto de referencia 47 de la diferencia de temperaturas, operan sobre la válvula 39 de extremo frío para controlar la temperatura de vapor de agua a la turbina, según se desee, de acuerdo con el esquema de control descrito en relación con la Fig. 1. No obstante, también cabe la posibilidad de que se llegue a una situación en que la válvula 33 de torbellino tenga capacidad insuficiente para alimentar la cantidad deseada de vapor de agua mientras regula además la temperatura. En consecuencia cuando la válvula 34 está en posición completamente



abierta, la señal de control que entra en el controlador  
62 de válvula de corredera es hecha pasar, a través de la  
línea de control 77, al controlador 55 de válvula de extre  
mo frío. Esa señal opera para cerrar la válvula 39 de extre  
5 mo frío, anulando la señal de control de temperatura que es  
tá siendo alimentada a su controlador 55. Por otra parte, -  
es posible tener durante este período la válvula 39 regula  
da para controlar la parte del flujo total que va a la tur  
bina, pero es también posible que, incluso con la válvula 39  
10 completamente cerrada, esté fluyendo vapor de agua insuficien  
te a la turbina. En consecuencia, cuando la válvula 39 está  
en una posición completamente cerrada, la señal de control  
que entra a través de la línea de control 77 pasa a través  
del controlador 55 de válvula fría y por la línea de control  
15 78 es conducida al controlador 79 de válvula de cierre de -  
turbina. La válvula 69 de cierre de turbina es entonces abier  
ta para alimentar compensando cualquier deficiencia en el -  
flujo de vapor de agua debida a las limitaciones de capacidad  
de la válvula 33 de torbellino. La válvula 69 de cierre pue  
20 de ser, por supuesto, una válvula de combinación de la natura  
leza descrita en el número de Junio de 1962 de la revista  
"Power", en las páginas 510 y 511, con una válvula grande y  
varias derivaciones pequeñas para facilitar el control de la  
válvula en ese momento. Entonces, con la válvula de extremo  
25 frío completamente cerrada, no se logra aumento alguno de -  
entalpía a través de la válvula de torbellino, y la válvula  
de torbellino puede suprimirse del sistema con la válvula 69  
de cierre de turbina completamente abierta y encargándose de  
todo el control la válvula 14 de estrangulación de turbina.  
30 Esta última puede ser entonces abierta o cerrada en cualquier



medida que se requiera para satisfacer las condiciones de carga. Con la adición de la válvula de cierre 69 a la realización de la Fig. 1, puede usarse un esquema de control similar para operar los medios de estrangulación de turbina.

5

Las Figs 3 a 7 ilustran con detalle el diseño preferido de la válvula 33 de torbellino. La unidad de cámara de torbellino comprende un alojamiento principal 80 que tiene una parte 82 que se extiende longitudinalmente y una parte 83 de brida que se extiende hacia fuera radialmente. Un miembro de base 84 está sujeto a la parte de brida del cuerpo principal del alojamiento por medio de pernos 85. Entre el alojamiento principal 80 y el miembro de base 84 se ha provisto una junta tórica 87 para evitar escapes de vapor de agua a lo largo de las caras de acoplamiento de esos miembros. Dentro del alojamiento principal 80, este último está provisto de un miembro cilíndrico 88 que tiene un diámetro interior adecuado y que tiene su superficie exterior espaciada desde la superficie interior del alojamiento principal, para proporcionar una cámara anular 89. El vapor de agua es admitido a la cámara anular 89 a través de una entrada 90, que está convenientemente conectada a la línea 32 de puesta en marcha de la Fig. 1. Montada sobre la superficie exterior del miembro cilíndrico 88, y rodeándola, hay una válvula de corredera 92, constituyendo esta válvula de corredera el elemento designado como 34 en la ilustración esquemática de la válvula de las Figs. 1 y 2. Junto al extremo izquierdo de la válvula 92 de corredera, como se ha ilustrado en las Figs. 6 y 7, la válvula está provista de partes 92a que se extienden hacia dentro,

10

15

20

25

30



adaptadas para cooperar con y deslizar a lo largo de canales 93 dispuestos tangencialmente (véase también la Fig. 5) provistos en el miembro cilíndrico 88. Estos canales 93 constituyen toberas a través de las cuales es hecho pasar el vapor de agua bajo alta presión desde el paso anular 89 al interior de la cámara de torbellino provista dentro del miembro cilíndrico 88. Las partes 92a que se extienden hacia dentro impiden que el vapor de agua que pasa a través de los canales se dilate en sentido longitudinal, y se disipe su velocidad. La longitud eficaz de las aberturas 93 de tobera, en una dirección paralela al eje geométrico de la cámara de torbellino, viene determinada por la posición de la válvula de corredera 92. Aquellas pueden ser cerradas por completo cuando se desee, y pueden ser abiertas en grado variable durante el funcionamiento de la cámara de torbellino, dependiendo del flujo de vapor de agua que se desee.

Para desplazar la válvula de corredera 92, se ha provisto una varilla 94 montada a deslizamiento en el miembro de base 84 de la unidad de cámara de torbellino. Un prensaestopas o unidad de obturación 94a sirve para garantizar que no se producirán escapes de vapor de agua en torno a la varilla 94. Por su extremo interior, esa varilla está sujeta rígidamente a la válvula de corredera 92. Por su otro extremo, la varilla está conectada al controlador 62 de válvula de corredera, el cual puede ser operado para mover la varilla hacia dentro o hacia fuera.

Cuando es entregado el vapor de agua de entrada a través de las aberturas 93 de tobera a la cámara interior, el vapor de agua gira rápidamente dentro de la cámara. De acuerdo con el principio de Ranque-Hilsch, el flujo caliente



puede ser obtenido desde el borde exterior del torbellino, siendo retirado ese vapor de agua a través del caracol 95 y de un difusor 97 de recuperación de presión, dispuesto tangencialmente. Puesto que el vapor de agua que está girando dentro de esa cámara tiene una velocidad muy alta, el caracol y el difusor son particularmente eficaces para recuperar esa energía de velocidad, mediante su conversión en energía de presión, disminuyendo con ello la caída de presión efectiva de la válvula. El flujo frío es retirado desde el núcleo central del torbellino por el extremo opuesto de la válvula, a través de la salida del extremo frío 96.

El dispositivo de torbellino que trabaja según el principio de Ranque-Hilsch produce el fluido caliente en la superficie exterior, mientras que el fluido frío se encuentra en el núcleo. No obstante, cuando se maneja vapor de agua, en el caso de que la válvula trabaje en el margen en que se produce condensación las partículas de agua pesadas serán lanzadas a la superficie exterior debido a la acción centrífuga. Esa fase de agua que existe en la superficie exterior de la válvula será evaporada por la corriente caliente, enfriándose con ello el vapor de agua caliente. Ello disminuiría sustancialmente la eficacia de la válvula y, en consecuencia, es deseable eliminar cualesquiera gotitas que se produzcan. Para ese fin se emplean desprendedores 99 de gotitas de agua (Figs. 5 y 5a) que se extienden longitudinalmente a lo largo del cuerpo de la válvula en la misma longitud que las aberturas 93 de tobera. Estos desprendedores, como se ha ilustrado en la Fig. 5, están situados a casi  $180^\circ$  desde cada una de las aberturas 93 de tobera, con objeto de dar tiempo adecuado para que cualesquiera partículas de agua



que puedan formarse migren a la superficie. El agua desprendida por esos desprendedores 99 es conducida hacia fuera a través de agujeros 99a (Fig. 3) perforados en la pieza colada en alineación con los desprendedores y tubos 100 conectados con dichos agujeros. En cada una de las condiciones formadas por los agujeros perforados hay incorporada una válvula de estrangulación 102, que sirve para descargar el agua desde las conducciones a la conducción de salida fría 98. Las válvulas de estrangulación 102 deben estar ajustadas a la posición óptima para las condiciones particulares del vapor de agua, ya que una apertura excesiva de las válvulas pondrá en circuito del fluido caliente al extremo frío, mientras que una apertura insuficiente de esas válvulas dejaría agua en las paredes exteriores de la cámara de torbellino, con una disminución resultante en la temperatura del fluido de extremo caliente. Si se desea, los tubos 100 pueden estar convenientemente conectados entre sí fuera del dispositivo de torbellino, y el agua descargada a través de las aberturas y de los tubos puede ser hecha pasar a través de una sola válvula 102, para entrega a la conducción de salida fría.

Aunque se ha ilustrado y descrito una realización preferida del invento, y se han sugerido algunas modificaciones, debe entenderse que éstas son únicamente ilustrativas y no restrictivas, y que pueden efectuarse otras modificaciones sin rebasar el alcance del invento. Por ejemplo, el invento no queda restringido a aplicaciones a turbinas de vapor de agua, exclusivamente, sino que puede ser también empleado en el funcionamiento de turbinas de gas de alta presión y alta temperatura, y en aplicaciones a conducciones por tubería en que se desea estrangulación de presión sin la disminu-



ción de temperatura que normalmente lleva asociada.

La presente solicitud que corresponde a la presentada en Estados Unidos de América, con fecha 20 de diciembre de 1.965, bajo el Nº 514.773, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial. -

#### 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:

10 1.- Una disposición de generación de fuerza que incluye una turbina, medios para producir un medio gaseoso que tiene temperatura elevada y presión alta, y medios para entregar al menos una parte de dicho medio gaseoso a dicha turbina para accionarla, caracterizada por la incorporación  
15 en dichos medios de entrega de un tubo de torbellino, medios para entregar dicho medio gaseoso tangencialmente al interior de dicho tubo de torbellino, medios para descargar una parte de núcleo central de dicho medio gaseoso desde dicho tubo de torbellino para eliminación no activa, y medios para  
20 entregar una parte exterior de dicho medio gaseoso dentro de dicho tubo de torbellino, desde este último a una turbina, para accionar a esta última.

25 2.- Una disposición según la reivindicación 1, caracterizada por el hecho de que dicho tubo de torbellino tiene una pared que proporciona un paso de sección transversal sustancialmente circular en planos transversales al eje geo-



métrico del tubo, introduciendo dichos medios para entrega, tangencialmente a dicho medio gaseoso, en dicho paso y estando dispuestos, en una región de dicha pared que es sustancialmente cilíndrica, un manguito montado en dicha región sobre dicha pared en relación muy ajustada de deslizamiento con ella, y un miembro de desplazamiento conectado operativamente a dicho manguito para variar la posición de este último con relación a dichos medios de entrada, comprendiendo dichos medios para descargar una parte de núcleo central una salida de flujo frío que comunica con la parte de dicho paso que es adyacente a su eje geométrico longitudinal, y una salida de flujo caliente que comunica con la parte de dicho paso en una región adyacente a la superficie interior de dicha pared.

3.- Una disposición según la reivindicación 2, caracterizada por el hecho de que dichos medios de entrada son aberturas dispuestas tangencialmente en dicha pared, habiéndose provisto en dicho manguito partes que se extienden hacia dentro, siendo dichas partes deslizables en relación muy ajustada con las superficies de dichas aberturas y extendiéndose sustancialmente hasta el extremo interior de la abertura respectiva.

4.- Una disposición según las reivindicaciones 2 ó 3, caracterizada por el hecho de que dicha región sustancialmente cilíndrica de dicho tubo está provista de medios, en su superficie interior, en alineación circunferencial con dichos medios de entrada, pero espaciados angularmente con respecto a ellos, para desprender cualquier condensado de dicho medio gaseoso desde la superficie de la pared interior de dicho tubo, y descargar tal condensado a lo largo de un circuito que



está separado de la trayectoria de movimiento del componente caliente de dicho medio gaseoso.

5 5.- Una disposición según las reivindicaciones 2, 3 ó 4, caracterizada por el hecho de que dicho manguito que regula a dichos medios de entrada es operable en respuesta a la carga impuesta sobre dicha turbina.

10 6.- Una disposición según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por una conducción de vapor de agua frío que comunica con dicha parte de núcleo central, y provista de una válvula para controlar el caudal de flujo frío desde el tubo de torbellino, medios para percibir la temperatura del vapor que está siendo introducido en la turbina, medios para determinar la temperatura del vapor requerida para evitar un choque excesivo con el metal de dicha turbina, y medios sensibles a dichos medios perceptores de temperatura y a dichos medios de determinación para operar dicha válvula para controlar el caudal de flujo frío, a fin  
15 de mantener las temperaturas percibidas por dichos medios perceptores de temperatura y determinados por dichos medios de determinación, suficientemente próximas entre sí para evitar un choque perjudicial del metal de dicha turbina.

20 7.- Una disposición según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en que dicha turbina comprende un componente de alta presión y al menos un componente de presión más baja, y que incluye medios para entregar vapor descargado desde dicho componente de alta presión a un componente de presión más baja, caracterizada por medios que cooperan con dichos medios de entrega para variar la temperatura de dicho vapor así entregado al componente de presión más baja, para  
25 satisfacer los requisitos de temperatura del mismo.  
30



8.- Una disposición según la reivindicación 5, ca  
racterizada por medios ajustables de acuerdo con la carga  
deseada a la que habrá de hacerse frente, y medios sensibles  
al ajuste de dichos medios ajustables para controlar también  
el funcionamiento de dicho manguito.

5

9.- Una disposición según cualquiera de las reivin-  
dicaciones precedentes, caracterizada por medios de conduc-  
ción para entregar dicho medio gaseoso directamente desde di  
chos medios de producción a dicha turbina, comprendiendo di  
chos medios de conducción una pluralidad de válvulas, estan-  
do una de dichas válvulas constantemente abierta en una medi  
da sustancial, y estando en el circuito de movimiento de di-  
cho medio gaseoso directamente desde dichos medios de pro-  
ducción y también en el circuito de movimiento desde la sa-  
lida de flujo caliente de dicho tubo de torbellino, estando  
la otra de dichas válvulas antes del circuito a través del  
cual es entregado dicho medio gaseoso desde dicha salida de  
flujo caliente y estando normalmente cerrada en la puesta en  
marcha del sistema, habiéndose provisto medios para controlar  
dicha otra válvula en respuesta a la diferencia de temperatu-  
ras entre el medio gaseoso que está siendo entregado a la tur  
bina y la temperatura dentro de la caja de la turbina.

10

15

20

10.- Una disposición de generación de fuerza.

Tal y como se ha descrito en la Memoria, represen-  
tado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se  
han especificado.

25



La presente Memoria consta de veintinueve hojas  
escritas a máquina por una sola cara.

7 MAR 1961

Madrid,

P.A.

*[Handwritten signature]*  
Biblioteca Nacional de España



*Handwritten signature or initials in the top right corner.*

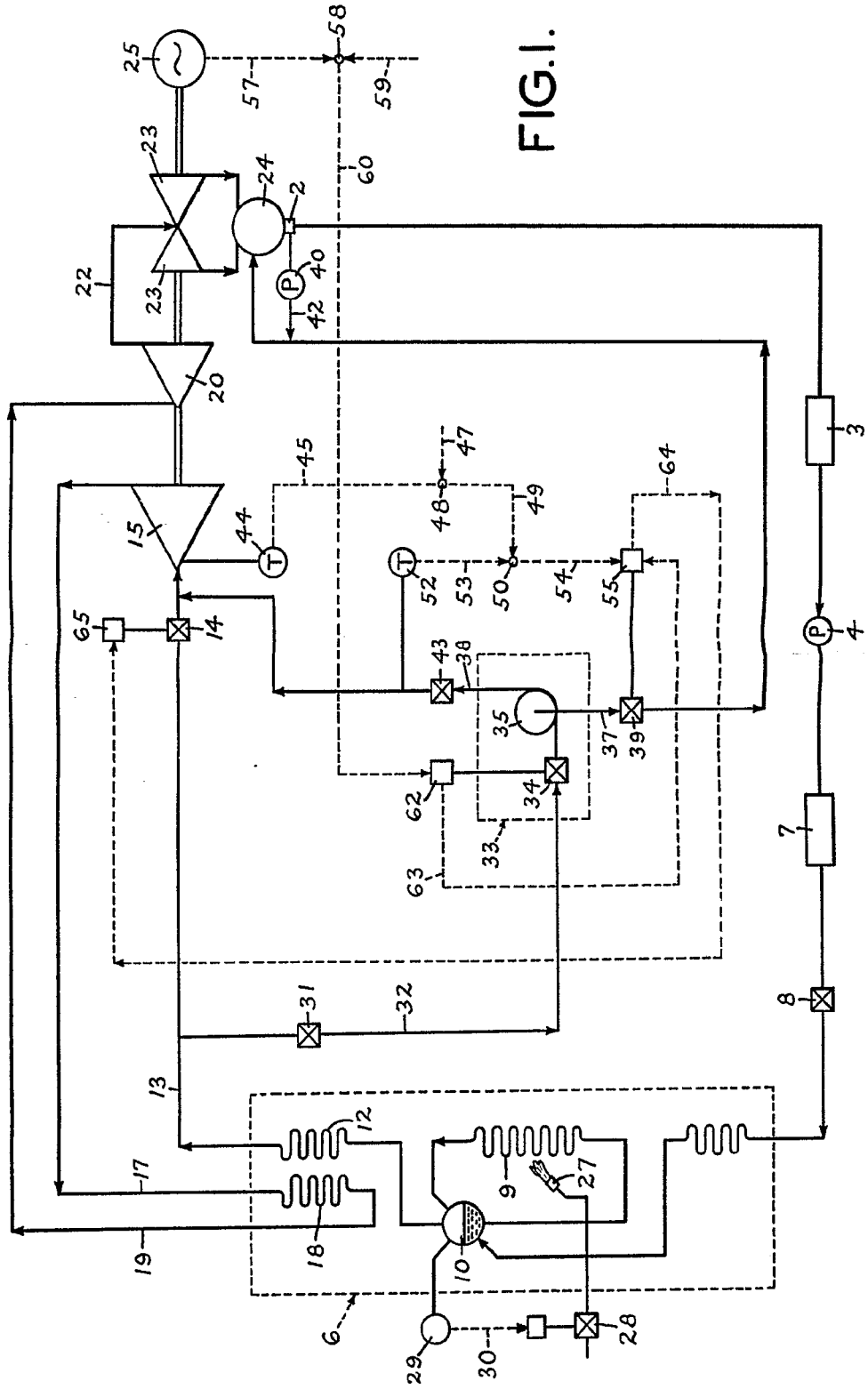
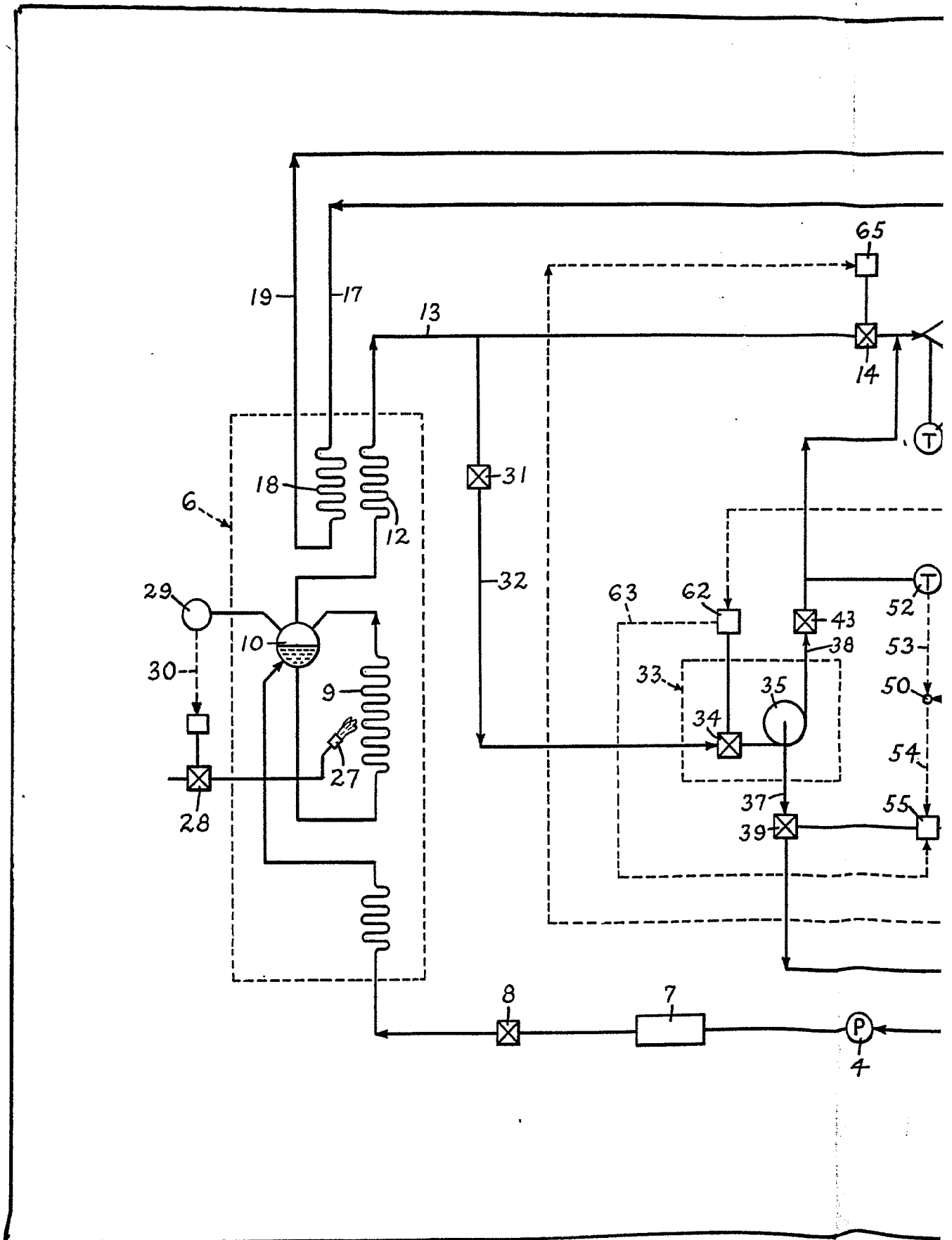


FIG. 1.

... .. I, ...



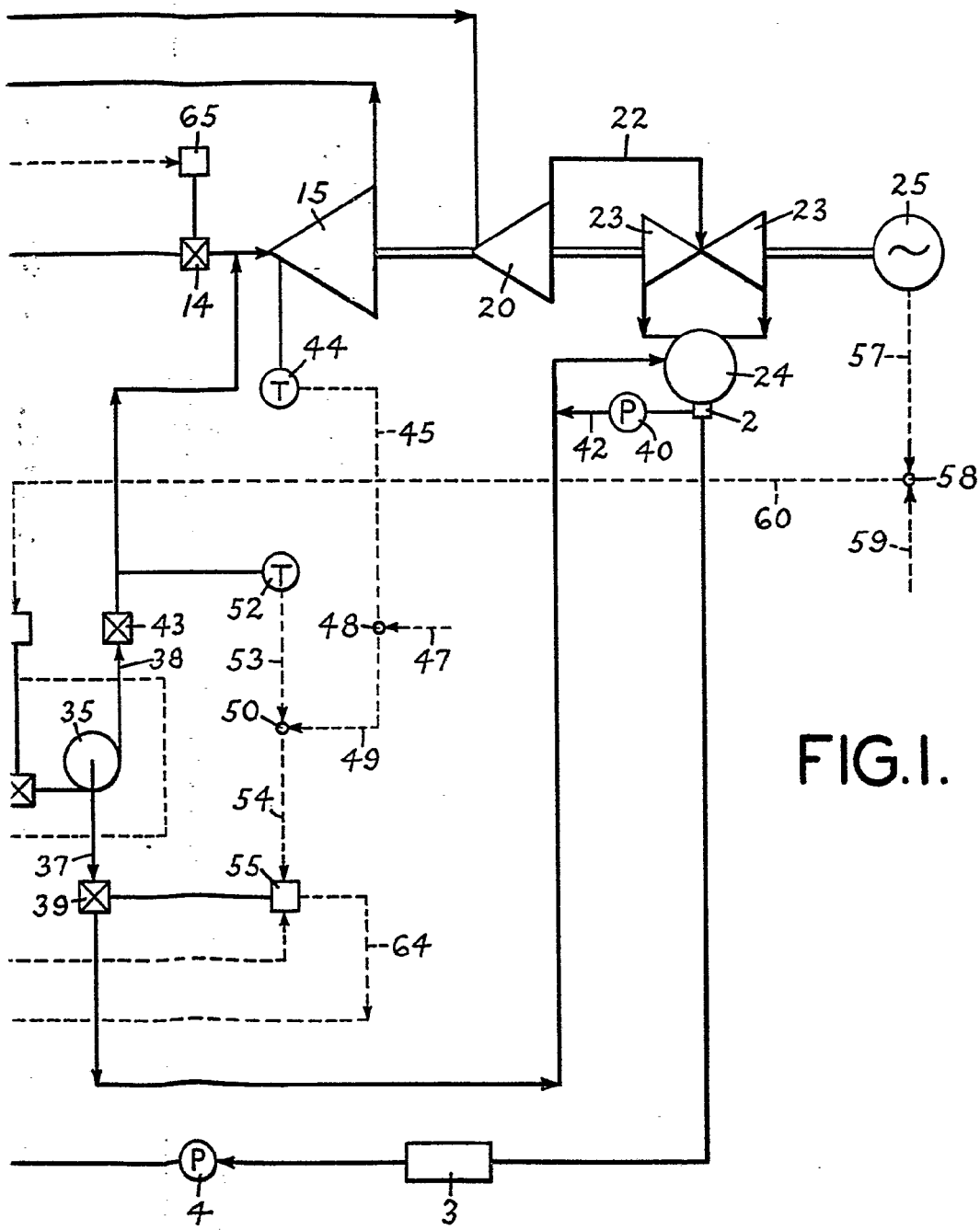
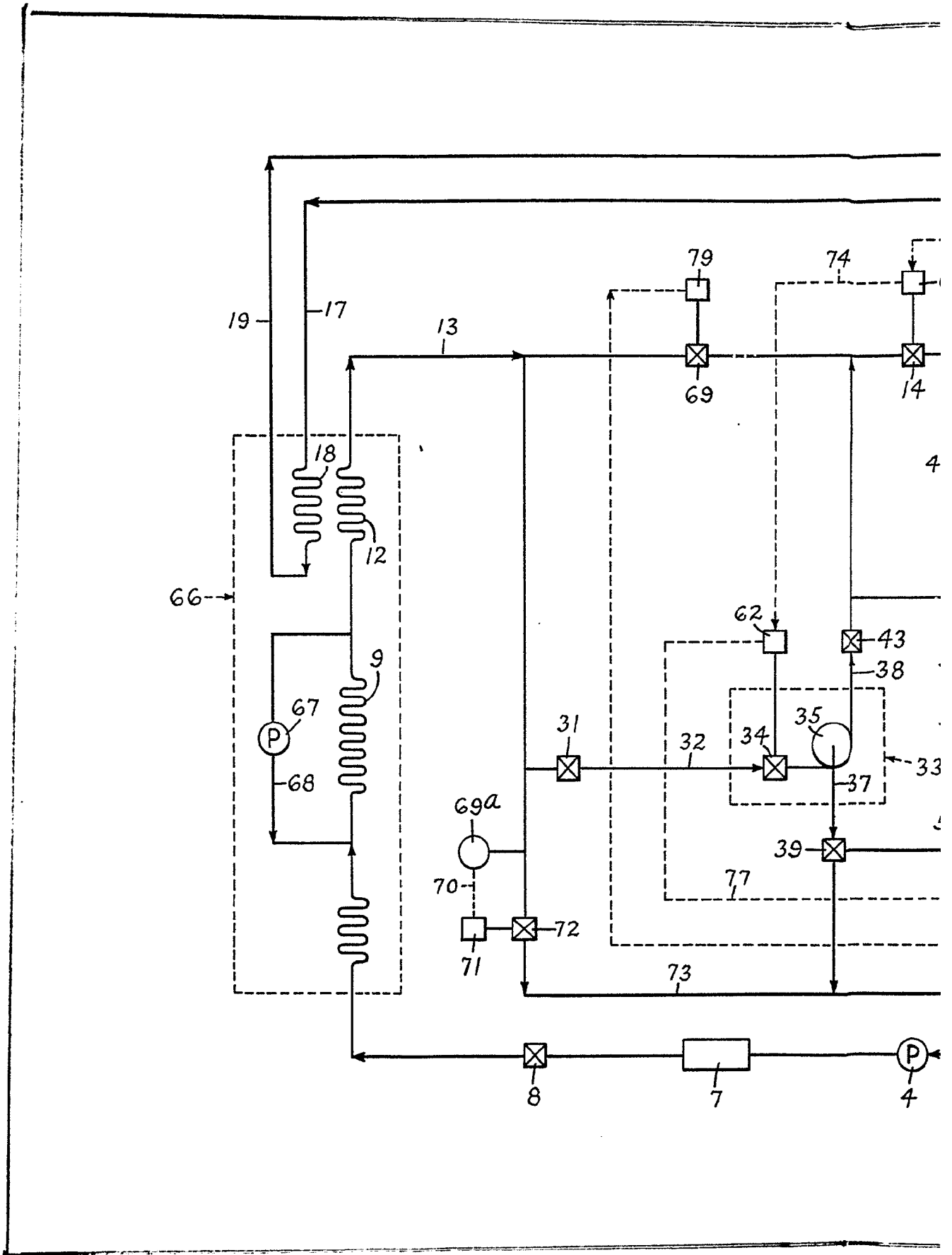


FIG. I.

Alfonso de...  
 For...  
*[Handwritten signature]*





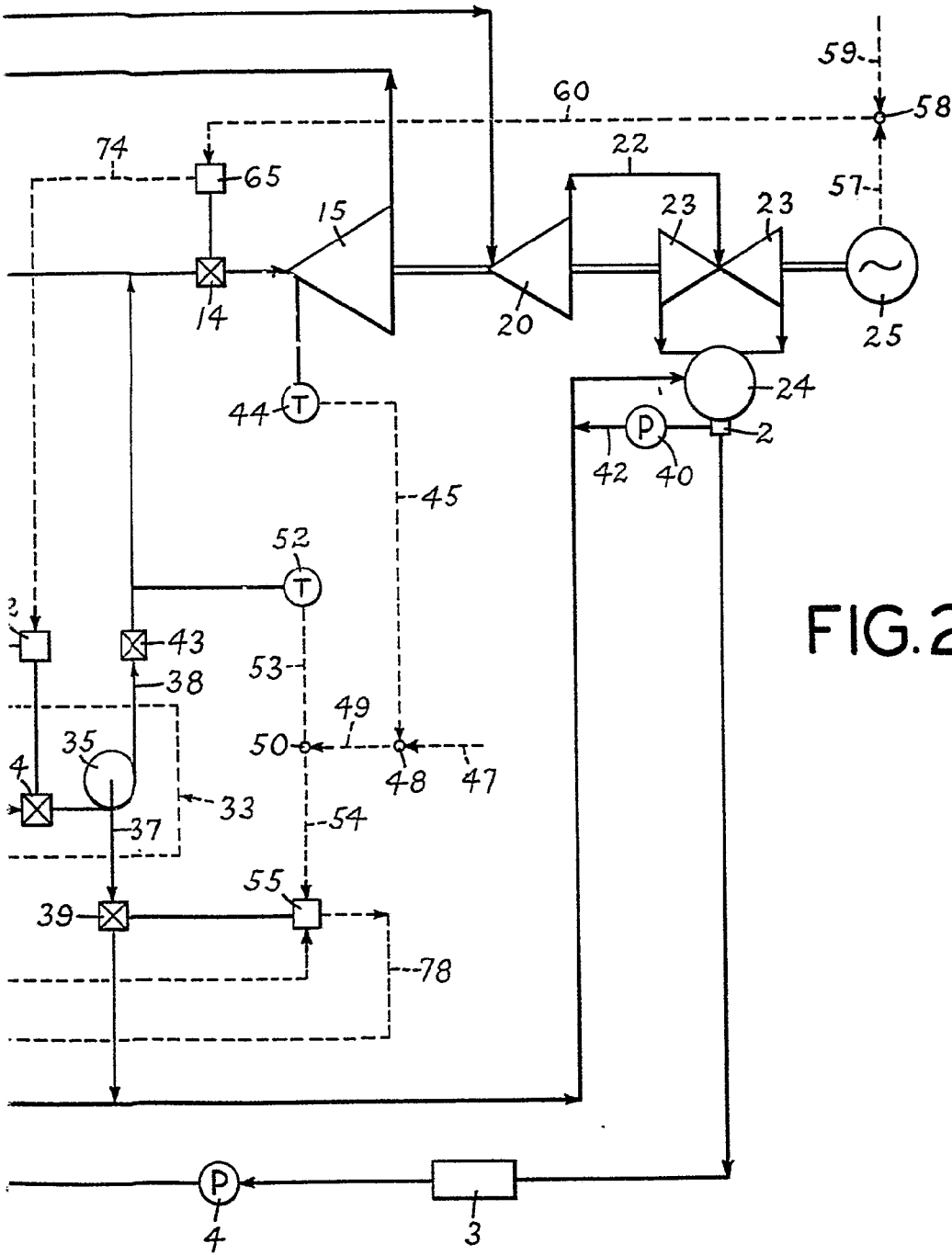


FIG. 2.

*Handwritten signature or initials.*

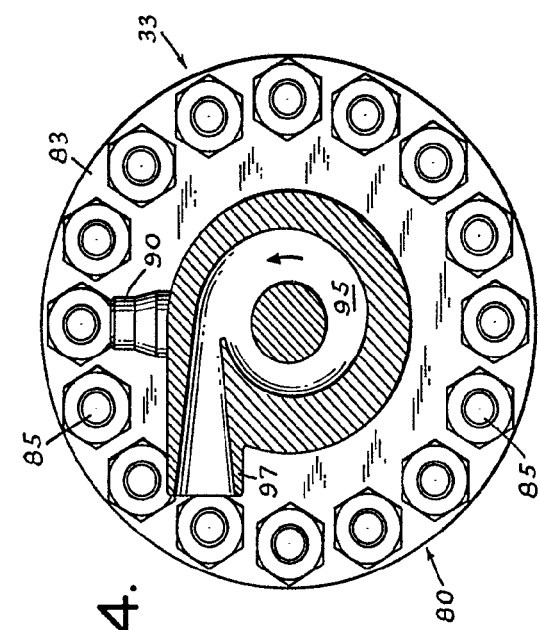


FIG. 4.

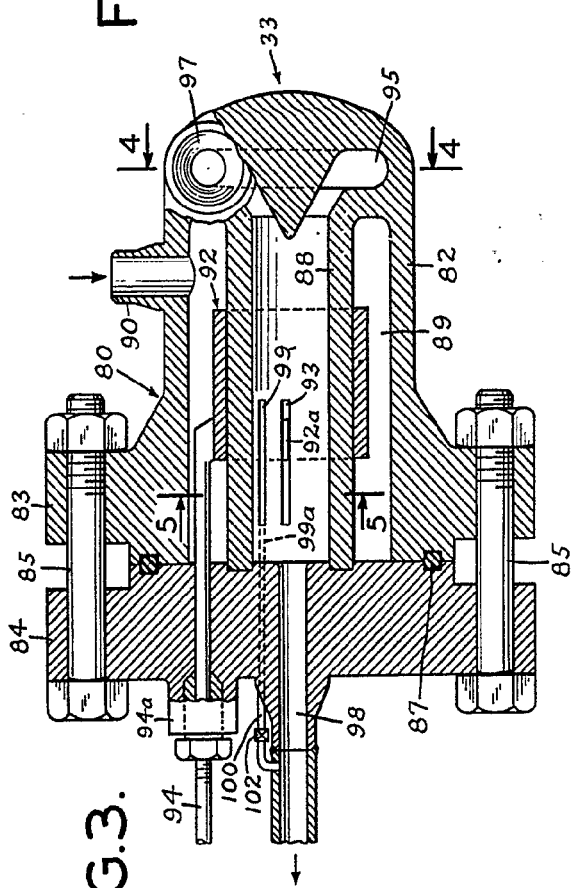


FIG. 3.

FIG. 7.

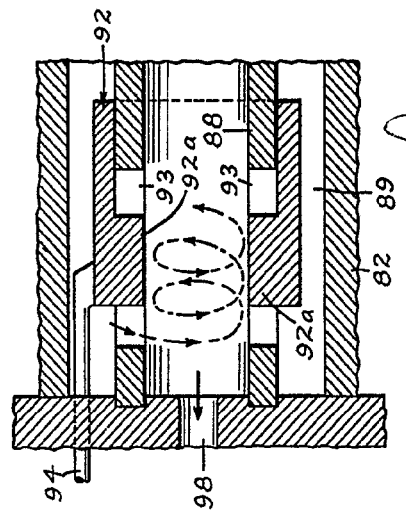


FIG. 6.

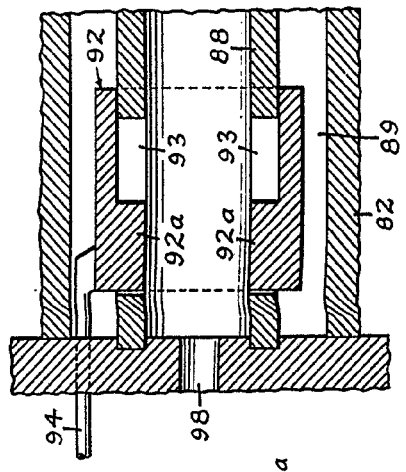


FIG. 5.

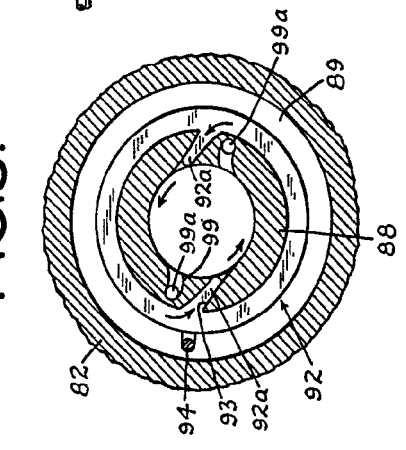
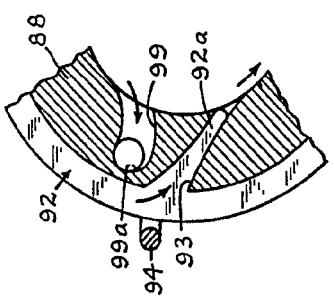


FIG. 5a.



*Handwritten signature or initials.*

FIG. 3.

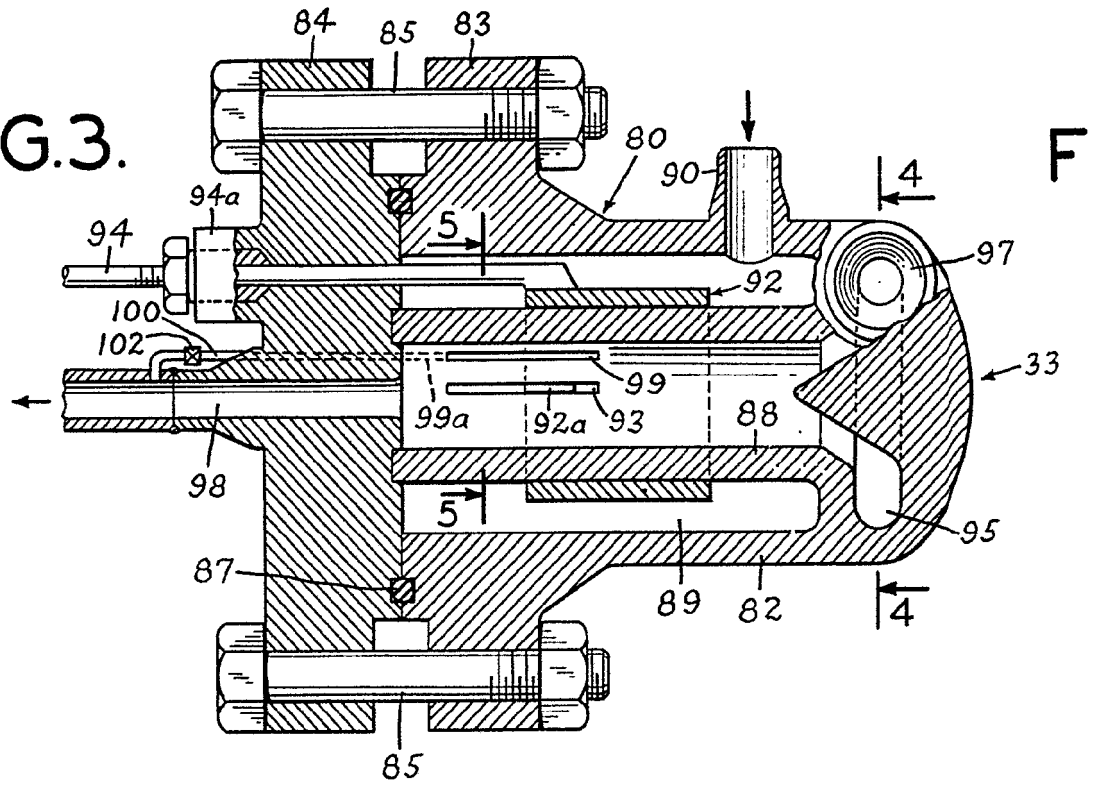


FIG. 5a.

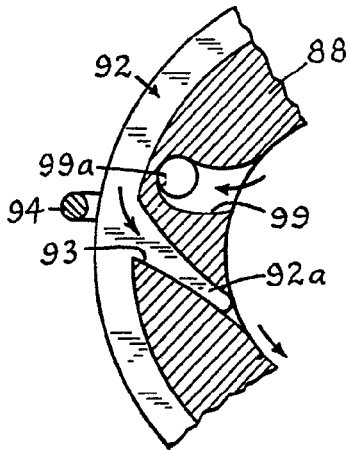


FIG. 5.

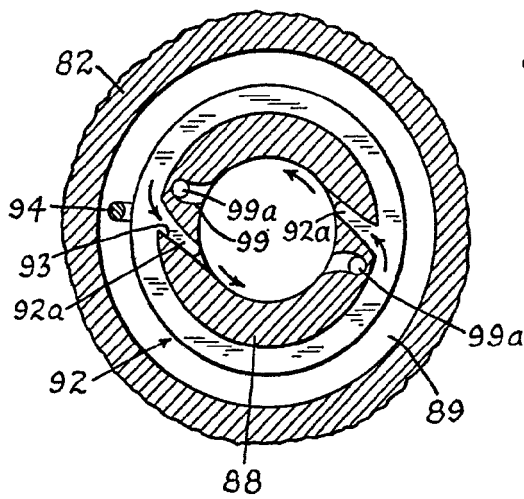
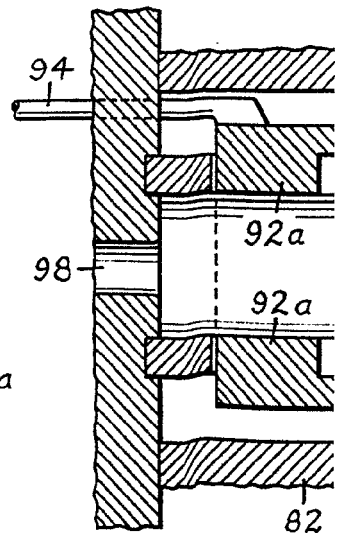
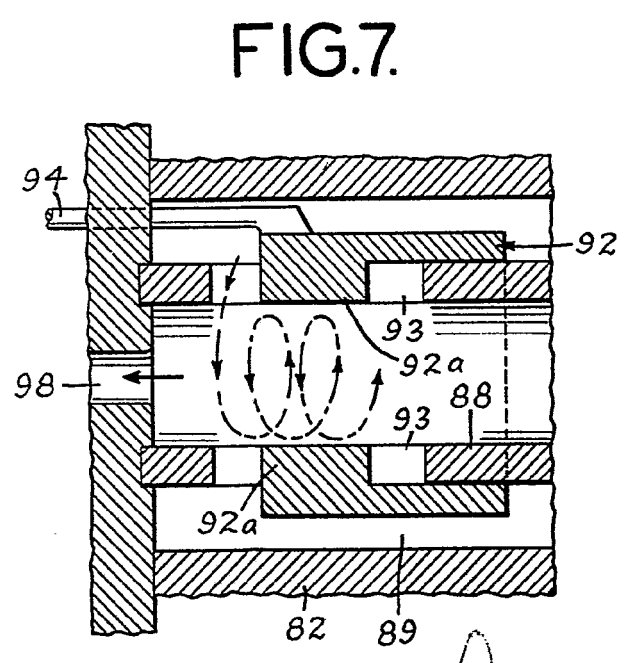
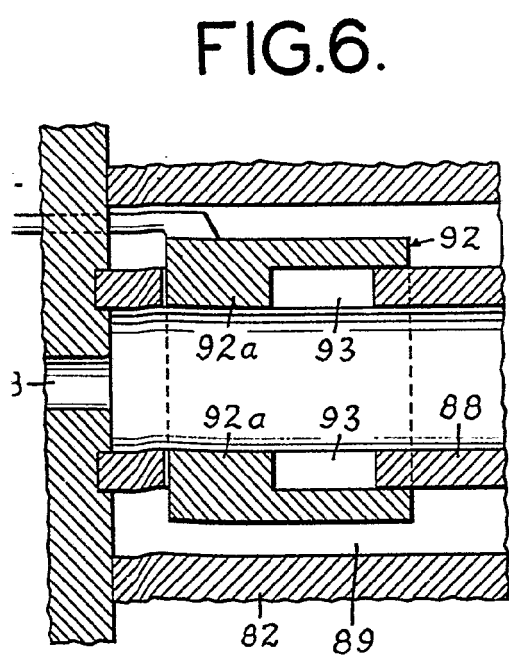
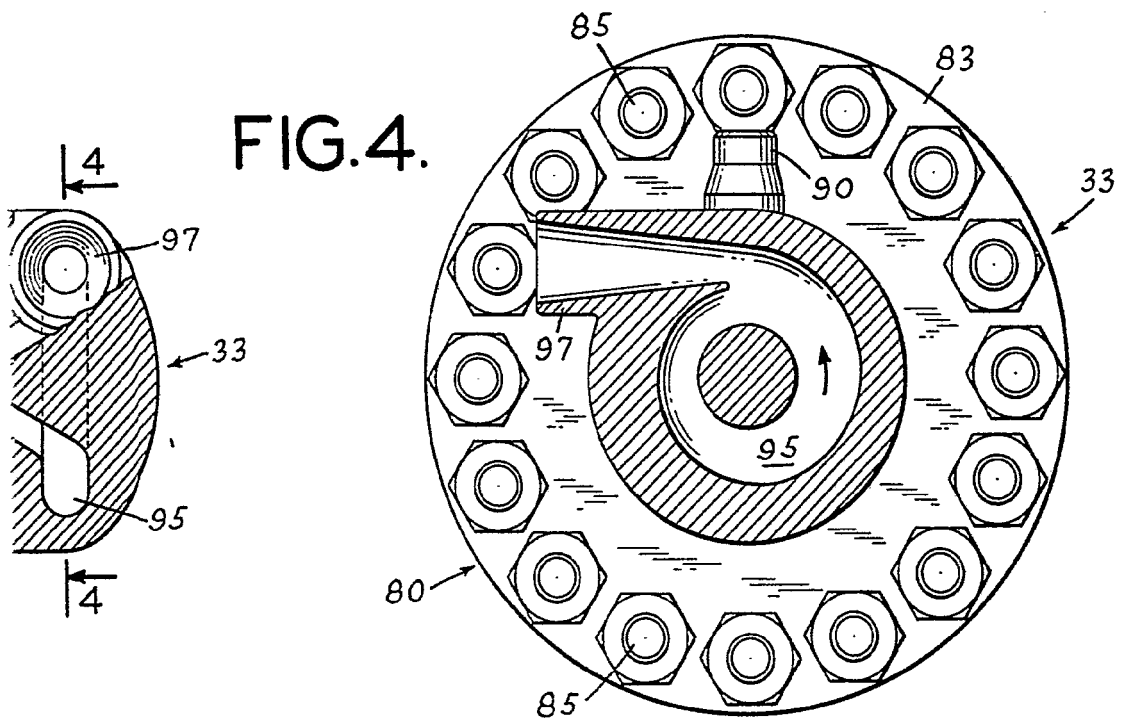


FIG.





*Carroll*