

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

Registro de la Propiedad Industrial



ESPAÑA

El presente documento se deposita en el Registro de la Propiedad Industrial con el fin de obtener la patente de invención y según el contenido de la memoria adjunta.

(10) ES	(11) NUMERO	(10) A1
(21)	479.549	
(22)	FECHA DE PRESENTACION	
	11-4-1979	

PATENTE DE INVENCION

(30) PRIORIDADES:	(32) FECHA	(33) PAIS
(31) NUMERO		
44654/78	13-4-78	Japón

(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL	(62) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	F04D 27/00	

(54) TITULO DE LA INVENCION
"UN METODO DE CONTROLAR UNA BOMBA-TURBINA"

(71) SOLICITANTE (S)	(A3780-01 HITACHI)
HITACHI, LTD.	

DOMICILIO DEL SOLICITANTE
5-1, 1-chome, Marunouchi; Chiyoda-ku, Tokyo, Japón

(72) INVENTOR (ES)
Takao Kuwabara

(73) TITULAR (ES)

(74) REPRESENTANTE	(P.- 71.615)
D. ALBERTO DE ELZABURU MARQUEZ	

1

ANTECEDENTES DEL INVENTOCAMPO DEL INVENTO

5

El presente invento se refiere a una turbobomba y, más en particular, a un método para controlar una turbobomba de gran altura de elevación que presenta inevitablemente una característica-S en el área de funcionamiento de la turbina.

10

LISTA DE REFERENCIAS DE LA TECNICA ANTERIOR

Se citan las siguientes referencias para mostrar el estado de la técnica:

15

1. Patente para los EE.UU. Nº 3.452.962 de Richard B. Will, patentada con fecha 1 de Julio de 1.969.

2. Publicación de Patente Japonesa Nº 40902/74, de Motoyasu Morita, publicada con fecha 6 de Noviembre de 1.974.

20

3. Publicación de Patente Japonesa expuesta para pública inspección Nº 101646/76, de Yoshiyuki Niikura, expuesta para pública inspección, de fecha 8 de septiembre de 1.976.

LISTA DE REFERENCIAS DE ANTERIORES SOLICITUDES.

25

Se cita la siguiente referencia para indicar la anterior solicitud que ha sido ya presentada con el presente solicitante:

1. Solicitud de Patente para los EE.UU. Nº 908.202. Takao Kuwabara & Hiroshi Okumura, presentada con fecha 22 de Mayo de 1.978.

30

DESCRIPCION DE LA TECNICA ANTERIOR.

En general, los componentes de una turbobomba, tal como un rodete, en particular de un tipo de gran altura de elevación, están diseñados para conseguir suficiente acción de la bomba centrífuga como para proporcionar una gran altura de elevación en la descarga durante su funcionamiento como bomba. Este diseño, sin embargo, afecta perjudicialmente al funcionamiento como turbina de la turbobomba. La actuación de la turbobomba diseñada de esta manera puede ilustrarse mediante una curva de actuaciones que representa la relación entre la velocidad por unidad de altura de elevación ( $N_1$ ) y la descarga por unidad de altura de elevación ( $Q_1$ ) bajo una abertura predeterminada de los álabes directores. Esta curva envuelve, en el área de funcionamiento como turbina, una primera sección donde el valor de  $Q_1$  disminuye con el aumento del valor de  $N_1$ , y una segunda sección donde el valor de  $Q_1$  disminuye con la disminución del valor de  $N_1$ . Por conveniencias de explicación la segunda sección se denominará en esta Memoria Descriptiva una "Sección-S". Además, la actuación de la turbobomba en la sección-S se designará aquí en lo que sigue como "característica-S". Durante el funcionamiento como turbina en la sección-S, el valor del par por unidad de altura de elevación ( $T_1$ ) disminuye también a medida que disminuye el valor de la velocidad por unidad de altura de elevación ( $N_1$ ).

De ordinario, el funcionamiento como turbina de la turbobomba se efectúa en la primera sección antes mencionada. No obstante, en el caso en que se aumente bruscamente la velocidad por unidad de altura de elevación ( $N_1$ ) debido a, por ejemplo, una retirada o desaparición de la carga de

1 la aplicada en la turbobomba, el funcionamiento de la tur-  
bobomba es desplazado a la sección-S. Al empezar a funcio-  
nar la turbobomba en la sección-S, la descarga por unidad  
de altura de elevación ( $Q_1$ ) y la velocidad por unidad de  
5 altura de elevación ( $N_1$ ) disminuyen primeramente siguiendo  
la curva característica de la sección-S desde un extremo al  
otro, y después  $Q_1$  y  $N_1$  aumentan siguiendo la misma curva  
en el sentido opuesto, de la misma manera que la oscilación  
de retroceso de un péndulo. Este seguimiento recíproco en  
10 la región-S se repite casi sin fin, en tanto que se mantene-  
gan abiertos los álabes directores más allá de la abertura  
predeterminada, y jamás cesaría de no ser que se tome una  
medida adecuada. Además, el par por unidad de altura de...  
elevación ( $T_1$ ) es repetidamente reducido y aumentado duran-  
15 te ese funcionamiento de la turbobomba. Se evita preferen-  
blemente, o se reduce al mínimo, el funcionamiento de la tur-  
bobomba en la sección-S, puesto que ese funcionamiento ori-  
gina en el canal de toma de aguas arriba y en el tubo de  
descarga de aguas abajo, así como en la turbobomba, una va-  
20 riación anormal de la presión hidráulica, dando lugar a un  
gran aumento y una gran caída de la presión con el consi-  
guiente importante golpe de ariete y, en algunos casos, con  
separación de la columna de agua.

25 La antes mencionada retirada de la carga tiene  
lugar cuando, por ejemplo, un generador que esté siendo  
accionado por la turbobomba pierda su carga debido a una  
apertura del disyuntor o bien a fallos del transformador,  
o a que se quemé éste. El golpe de ariete es particularmen-  
te fuerte cuando uno u otro, o los dos, del canal de toma  
30 y del tubo de descarga, son largos.

1 La característica de una turbobomba que presente  
 una característica-S en el área de funcionamiento como tur-  
 bina. se ha ilustrado en las Figs. 1A y 1B. Más concretamen-  
 te, en la Fig. 1A se ilustra la actuación de la turbobomba  
 5 como la relación entre la velocidad por unidad de altura de  
 elevación ( $N_1$ ) y la descarga por unidad de altura de eleva-  
 ción ( $Q_1$ ), con un parámetro de abertura de los álabes direc-  
 tores, mientras que en la Fig. 1B se ilustra la actuación  
 como la relación entre la velocidad por unidad de altura de  
 10 elevación ( $N_1$ ) y el par por unidad de altura de elevación.  
 ( $T_1$ ), haciéndose uso del mismo parámetro.  $N_1$ ,  $Q_1$  y  $T_1$  vie-  
 nen dados por las siguientes ecuaciones:

$$N_1 = N/\sqrt{H}, Q_1 = Q/\sqrt{H} \text{ y } T_1 = T/H.$$

15 En estas ecuaciones, los símbolos  $N$ ,  $Q$ ,  $H$  y  $T$  de-  
 signan velocidad de rotación de la turbobomba, caudal a tra-  
 vés de la turbobomba, altura de elevación útil de la turbo-  
 bomba y el par de la turbobomba respectivamente.

20 Se obtienen las curvas de actuación 1 y 1' con  
 una abertura predeterminada relativamente grande de los  
 álabes directores, y se obtienen las curvas de actuaciones  
 2 y 2' con una menor abertura de los álabes directores.  
 Además, las curvas de actuación 3 y 3' representan la ac-  
 tuación de la turbobomba obtenida con una abertura de ála-  
 25 bes directores todavía más reducida. En la sección a-d-h  
 de la curva de actuación 1, el valor de  $Q_1$  disminuye al dis-  
 minuir el valor de  $N_1$ . Como se ha dicho en lo que antecede,  
 esta sección curva a-d-h se denomina en esta Memoria Descrip-  
 tiva "sección-S". Análogamente, las secciones curvas b-e-i  
 30 y c-f-j. son también secciones-S de las curvas de actuacio-

1 nes 2 y 3, respectivamente. Se verá que la sección-S a-d-h  
de la curva 1 de actuaciones es de mayor longitud que la  
sección-S b-e-i de la curva de actuaciones 2, y que la sec-  
5 ción-S b-e-i de la curva de actuaciones 2 tiene una longi-  
tud mayor que la sección-S c-f-j de la curva de actuacio-  
nes. Esto significa que la longitud de la sección-S dismi-  
nuye cuando se hace disminuir la abertura de los álabes di-  
rectores.

También en la Fig. 1B, como en la Fig. 1A, las  
10 secciones curvas a'-d'-h', b'-e'-i' y c'-f'-j' son seccio-  
nes-S de las curvas de actuaciones 1', 2' y 3', respectiva-  
mente.

La Fig. 1B guarda una estrecha relación con la  
Fig. 1A. Por ejemplo, el punto x en la curva 3 de la Fig.  
15 1A, la cual satisface las ecuaciones  $Q_1 = Q_{1x}$  y  $N_1 = N_{1x}$ ,  
corresponde al punto x' en la curva 3' de la Fig. 1B. El  
punto x' satisface las ecuaciones  $T_1 = T_{1x'}$  y  $N_1 = N_{1x'}$   
(=  $N_{1x}$ ). Análogamente, los puntos a, b, c, d, e, f, g, h,  
i y j de la Fig. 1A corresponden a los puntos a', b', c',  
20 d', e', f', g', h', i' y j' de la Fig. 1B, respectivamente.

La curva  $n_p$  es la línea de descarga sin carga.  
Los puntos  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$ , que son las intersecciones de las  
curvas 1, 2, 3 con la curva  $n_p$ , corresponden a los puntos  
 $\alpha'$ ,  $\beta'$  y  $\gamma'$ , que son las intersecciones de las curvas 1',  
25 2' y 3' con la línea  $T_1 = 0$ .

En lo que sigue se describe el funcionamiento como  
turbina, es decir, la función de generación de energía eléc-  
trica de la turbobomba, con referencia a las curvas de ac-  
tuaciones 1 y 1'.

30 Como se ha dicho antes, la característica corres-

1 pondiente a las curvas 1 y 1' se obtiene seleccionando para  
ello una abertura relativamente grande de los álabes direc-  
tores. De ordinario, el funcionamiento como turbina de la  
turbobomba se efectúa en la sección curva superior de la  
5 curva de actuaciones 1, es decir, en la sección curva por en-  
cima de la sección-S a-d-h en el eje  $Q_1$  o en el eje  $T_1$ . No  
obstante, si, por ejemplo, se retira bruscamente la carga  
impuesta sobre la turbobomba, se aumenta de modo brusco  
espectacularmente el valor de  $N_1$  debido al brusco aumento de  
10 la rotación (N) de la turbobomba. Por consiguiente, el fun-  
cionamiento de la turbobomba se desplaza a la sección-S. Du-  
rante el funcionamiento en la sección-S cuando el valor de  
 $N_1$  se ha reducido debido a la disminución de la rotación  
(N) de la turbobomba, se reduce también el valor de  $Q_1$ . La  
15 reducción del valor de  $Q_1$  significa que se reduce en corres-  
pondencia el caudal (Q) a través de la turbobomba, siempre  
que el valor de la altura de elevación útil de la turbobom-  
ba, H, sea constante. Realmente, el valor de H, el cual es-  
tá representado por la diferencia de alturas de elevación  
20 entre el lado de entrada de la turbobomba conectado a un ca-  
nal de toma y el lado de salida de la misma conectado a un  
tubo de descarga, aumenta a medida que disminuye el caudal  
Q. Por consiguiente, una vez que se ha reducido el valor de  
 $N_1$ , se reduce el caudal Q, y la reducción del caudal Q pro-  
duce el aumento de la altura de elevación útil H de la tur-  
25 bobomba. Este aumento de la altura de elevación útil H hace  
disminuir todavía más el valor de  $N_1$ , lo cual hace a su vez  
que disminuya más  $Q_1$ . Por consiguiente, una vez que se co-  
mienza el funcionamiento en la sección-S,  $Q_1$  y  $N_1$  van sien-  
do disminuidos de modo acelerado y continuamente siguiendo

1 la sección-S en el sentido de disminución de  $Q_1$ , es decir,  
desde el punto a al punto h. Se comprenderá que  $Q_1$  y  $N_1$  van  
siendo reducidas de modo acelerado y continuamente, de la  
misma manera que en el caso de un circuito de control de  
5 realimentación positiva.

Después de acabado el seguimiento de la Sección-S  
desde el punto a hasta el punto h, el fenómeno antes indi-  
cado es decelerado gradualmente, como en el caso de una rea-  
limentación negativa, y después se invierte el seguimiento  
10 en la sección-S al sentido de aumento de  $Q_1$ , es decir, des-  
de el punto h hasta el punto a. El seguimiento en este sen-  
tido se efectúa también de la misma manera que en el circui-  
to de control de realimentación positiva.

El seguimiento recíproco antes considerado se repi-  
15 te casi sin fin y continuamente durante el funcionamiento  
de la turbobomba en la sección-S. Como se ha explicado an-  
teriormente, este funcionamiento no es deseable, dado que  
produce una variación anormal de la presión hidráulica en  
los sistemas hidráulicos de la central que va acompañada  
20 de un fuerte golpe de ariete y, ocasionalmente, de una se-  
paración de la columna de agua. Es de hacer notar que los  
efectos adversos producidos durante el funcionamiento de la  
turbobomba en la sección-S se suprimen si se reduce la lon-  
gitud de la sección-S. Por ejemplo, si se reduce la abertu-  
25 ra de los álabes directores para obtener la curva de actua-  
ciones 2 que tiene la sección-S b-e-1 de longitud reducida,  
se alivian los efectos perjudiciales.

El funcionamiento de la turbobomba en la sección-S  
afecta también perjudicialmente al par T de la turbobomba.  
30 Cuando se reduce el valor de  $N_1$  en la sección-S, se reduce

1 el valor de  $T_1$ , como se ha ilustrado en la Fig. 1B. Es de  
hacer notar aquí de nuevo que los puntos a y h de la curva  
de actuaciones 1 ilustrada en la Fig. 1A corresponden a los  
puntos a' y h' de la curva de actuaciones 1' de la Fig. 1B.  
5 La reducción del valor de  $T_1$  significa que se disminuye el  
par T de la turbobomba, con tal de que la altura de eleva-  
ción útil de la turbobomba, H, sea constante. Además, es evi-  
dente que la reducción del par T de la turbobomba produce  
disminución de la rotación N de la turbobomba. Cuando se re-  
duce la velocidad de rotación N de la turbobomba, se reduci-  
10 rá en correspondencia el valor de  $N_1$ , lo cual es causa a su  
vez de una disminución adicional de  $T_1$ . Realmente, puesto  
que hay un aumento de altura de elevación útil H durante es-  
te periodo, como se ha mencionado en lo que antecede, se fa-  
vorece todavía más esta tendencia hacia la aceleración. Así,  
15 aunque la sección-S de la curva de actuaciones 1 es seguida  
en el sentido de reducción de  $Q_1$ , la curva de actuaciones 1'  
es seguida desde el punto a' hasta el punto h', de la misma  
manera que un circuito de control de realimentación positiva.  
20 Además, puesto que el sentido de seguimiento en la sección-S  
está invertido, la curva de actuaciones 1' es seguida desde  
el punto h' hasta el punto a'. Evidentemente, la antes men-  
cionada variación del par es desventajosa y deberá evitarse  
o reducirse al mínimo.

25 Las Figs. 2A a 2D son vistas esquemáticas que  
ilustran los métodos de la técnica anterior para controlar  
los álabes directores al retirarse la carga de la turbobom-  
ba. En estas figuras, los métodos de la técnica anterior se  
han ilustrado esquemáticamente como relaciones entre la  
30 abertura de los álabes directores y el intervalo de tiempo

1 después de retirada la carga. Los álabes directores son con-  
trollados, de ordinario, por un regulador en la turbobomba,  
para que se cierren, cuando se retira la carga, detectando  
la mayor velocidad resultante. En el método como el ilustra-  
5 do en la Fig. 2A, se impide que el regulador cierre los ála-  
bes directores durante un periodo de tiempo predeterminado  
después de la retirada de la carga. Más concretamente, se  
mantienen los álabes directores con una abertura constante  
durante el tiempo predeterminado y se cierran después rápi-  
10 damente. En el método de la Fig. 2B se abren primero lenta-  
mente los álabes directores y después se cierran rápidamen-  
te. Estos métodos usuales, sin embargo, plantean los siguien-  
tes problemas.

El funcionamiento de la turbobomba siguiendo la  
15 sección-S no se inicia hasta que la velocidad por unidad de  
altura de elevación ( $N_1$ ) aumenta hasta alcanzar el punto a  
en la Fig. 1A, incluso después de la retirada de la carga.  
El funcionamiento en la sección-S se inicia después de trans-  
currido un periodo de tiempo predeterminado desde la retira-  
20 da de la carga. Es preferible que los álabes directores sean  
cerrados rápidamente durante este último periodo de tiempo,  
en contraste con los métodos de las Figs. 2A y 2B, dado que  
la característica de la turbobomba puede ser desplazada me-  
diante este rápido cierre en el sentido de disminuir los  
25 efectos perjudiciales originados por el funcionamiento en  
la sección-S. Por ejemplo, la característica de la turbobom-  
ba, como la representada por la curva 1 en la Fig. 1A, pue-  
de ser desplazada mediante el cierre de los álabes directo-  
res, es decir, mediante la disminución de la abertura de los  
30 álabes directores, a la característica representada por la

1 curva 2. La curva característica 2 tiene la sección-S que  
es de menor longitud que la sección-S de la curva caracte-  
rística 1, de modo que los efectos perjudiciales en cuestión  
pueden ser reducidos mediante este desplazamiento de la ca-  
5 racterística. Desde este punto de vista no se prefieren los  
métodos de las Figs. 2A y 2B. Es de hacer notar, además, que  
no deberá efectuarse el cierre rápido cuando el funcionamien-  
to de la turbobomba esté siguiendo la sección-S en el senti-  
do de reducción de  $Q_1$ , puesto que mediante tal cierre rápido  
10 se reducen indeseablemente los valores de  $Q_1$  y  $N_1$ , aumentán-  
dose el efecto perjudicial de la sección-S. Los métodos de  
las Figs. 2A y 2B son peligrosos por cuanto no se puede de-  
terminar claramente la sincronización del cierre rápido de  
los álabes directores. Si se efectúa el cierre rápido duran-  
15 te el funcionamiento de la turbobomba siguiendo la sección-S  
en el sentido de aumentar  $Q_1$ , estos métodos serán eficaces  
en cierta medida. No obstante, si ello se hace mientras es-  
tá siendo seguida la sección-S en el sentido de disminución  
de  $Q_1$ , los efectos perjudiciales en la sección-S pueden ser  
20 multiplicados indeseablemente.

Incidentalmente, como se ha explicado antes, el  
funcionamiento de la turbobomba sigue la sección-S de una  
manera oscilante casi ininterrumpidamente y con un periodo  
constante, en el sentido de disminución de  $Q_1$ , y luego en  
25 el sentido de aumento de  $Q_1$ , una vez que el funcionamiento  
cae dentro de la región de la sección-S, en tanto que se  
mantengan los álabes directores con una abertura mayor que  
una abertura de un grado predeterminado.

Esto significa que la oportunidad en que ha de  
hacerse que el control fuerce el funcionamiento fuera de la

1 sección-S se produce no solamente en un periodo específico  
inmediatamente después de la retirada de la carga, sino que  
surge repetidamente después, y es necesario excluir el des-  
5 ventajoso cambio de presión anormal en todas esas oportuni-  
dades.

El método como el ilustrado en la Fig. 2C se ha  
descrito en la Publicación de Patente Japonesa nº 40902/74.  
En este método, se cierran primero rápidamente los álabes  
directores al ser retirada bruscamente la carga, y se cierran  
10 luego lentamente durante el funcionamiento de la turbina  
en tal área, en la que se disminuye grandemente el caudal a  
través de la turbobomba con el aumento de la rotación de  
la turbobomba, y finalmente se cierran rápidamente. Este  
método tiene el defecto de que la sincronización de la rea-  
15 lización de la operación final de cierre rápido no está  
claramente determinada. Si se efectúa este cierre rápido  
durante el funcionamiento de la turbina siguiendo la sec-  
ción-S en el sentido de reducción de  $Q$ , se producirá la  
situación peligrosa que se ha descrito en lo que antecede.  
20 Además, en el caso en que solamente estén conectadas una  
conducción hidráulica que se extienda a través de una tur-  
bobomba y otra conducción hidráulica que se extiende a tra-  
vés de otra turbobomba en el extremo de aguas arriba a un  
canal de toma común y en el extremo de aguas abajo a un tu-  
25 bo de descarga común, el funcionamiento de una de las tur-  
bobombas es afectado de modo inconveniente por el funciona-  
miento de la otra. En tal caso, existe una cierta posibili-  
dad de que, incluso aunque no se haya retirado la carga de  
una de las turbobombas, esa turbobomba pueda funcionar cer-  
30 ca de la sección-S bajo la influencia de, por ejemplo, un

1 golpe de ariete originado por la otra turbobomba. Si la pri-  
mera operación de cierre rápido en la Fig. 2C se efectúa  
en la turbobomba antes mencionada que funciona cerca de  
la sección-S, existe el temor de que el cierre rápido de  
5 los álabes directores sea efectuado mientras esa turbobomba  
funciona en la sección-S en el sentido de reducción de  $Q_1$ .

Además, ha de señalarse que ese cierre rápido no  
sugiere en absoluto la sincronización con la cual ha de ha-  
cerse que comience el cierre rápido final. Esta sincroniza-  
10 ción se considera crítica, puesto que la turbobomba sigue  
aparentemente la sección-S repetidamente en los sentidos  
de reducción y aumento de  $Q_1$ , incluso en el periodo inter-  
medio en el cual se cierran lentamente los álabes directo-  
res.

15 Según el método de la Fig. 2D, el cierre de los  
álabes directores se efectúa en dos pasos. Este método es  
también defectuoso por cuanto la sincronización para la  
operación de cierre no está claramente definida.

Como se ha descrito en lo que antecede, los méto-  
20 dos de la técnica anterior tienen el defecto común de que  
la sincronización para efectuar el cierre de los álabes di-  
rectores no esté determinada bajo la plena consideración  
de la característica-S. A fin de evitar la desventajosa va-  
riación de presión anormal, es esencial controlar los ála-  
25 bes directores de tal modo que no se efectúe el cierre rápi-  
do de los mismos mientras la turbobomba funciona siguiendo  
la sección-S en el sentido de reducción de  $Q_1$ . También se  
comprenderá que no deberán abrirse los álabes directores  
mientras esté siendo seguida la sección-S en el sentido de  
30 aumento de  $Q_1$ .

1 El inventor ha llevado a cabo un análisis de la  
característica-S aquí dada en lo que antecede, y ha compro-  
bado que se pueden obtener resultados de control preferi-  
bles mediante la adopción de métodos de control de los ála-  
5 bes directores, las solicitudes de patentes relativas a  
los cuales han sido ya presentadas en los EE. UU. Estas so-  
licitudes de patentes de los EE. UU. se han citado en la  
"Lista de Referencias de Anteriores Solicitudes" de la pre-  
sente Memoria Descriptiva. El antes mencionado método de  
10 control de los álabes directores se describirá aquí en lo  
que sigue.

En primer lugar, el inventor ha comprobado que,  
a fin de evitar los efectos perjudiciales en la sección-S  
al ser retirada o desaparecer la carga, es eficaz abrir  
15 temporalmente los álabes directores mientras está siendo  
efectuado el cierre de los álabes directores. Esta apertu-  
ra temporal de los álabes directores puede ser efectuada  
cuando se detecte que los álabes directores se hayan cerra-  
do hasta un grado de abertura predeterminado. Como alterna-  
20 tiva, se puede efectuar la apertura temporal cuando haya  
transcurrido un periodo de tiempo predeterminado después de  
la retirada o desaparición de la carga.

A fin de suprimir los efectos perjudiciales ori-  
ginados durante el seguimiento en la sección-S en el senti-  
25 do de reducción de  $Q_1$ , es necesario excluir al menos el  
cierre rápido de los álabes directores durante ese segui-  
miento. No obstante, es más preferible que la apertura de  
los álabes directores se efectúe al ser detectado el fun-  
cionamiento de la turbina siguiendo la sección-S en el sen-  
30 tido de disminución de  $Q_1$ . Como se comprenderá de las Figs.

1 -1A y 1B, cuando se efectúa el funcionamiento de la turbo-  
 bomba siguiendo la sección-S, se satisfacen las relaciones  
 $\partial Q_1 / \partial N_1 > 0$  y  $\partial T_1 / \partial N > 0$ . En el caso en que se siga la  
 sección-S en el sentido de reducción de  $Q_1$ , se satisfacen  
 5 ambas relaciones  $dN_1/dt < 0$  y  $dQ_1/dt < 0$  toma en las que  
 $t$  representa el tiempo. Si se satisface la relación  
 $dQ_1/dt < 0$ , también deberá satisfacerse la relación  
 $dP/dt > 0$  (indicando  $P$  la presión en el canal de toma). Así,  
 es posible la detección del funcionamiento de la turbobomba  
 10 siguiendo la sección-S mediante discriminación de las antes  
 mencionadas diversas condiciones. Más en particular, se  
 puede juzgar sobre el funcionamiento de la turbobomba si-  
 guiendo la sección-S en el sentido de reducción de  $Q_1$  de-  
 tectando para ello que se satisfagan cualquiera de las tres  
 15 siguientes condiciones.

(A)  $dN_1/dt < 0$ , y  $dQ_1/dt < 0$ ;

(B)  $dN_1/dt < 0$ , y  $dP/dt > 0$ ; y

(C)  $dT_1/dt < 0$ , y  $dN_1/dt < 0$ .

20 Para un juicio y detección precisos del funcio-  
 namiento de la turbobomba, es preferible detectar si se  
 satisface totalmente cualquiera de las antes relacionadas  
 condiciones A a C. Desde el punto de vista de la finalidad  
 del invento, sin embargo, se pueden sustituir las condicio-  
 nes A a C por las siguientes condiciones A' a C':

25 (A')  $dN_1/dt < \text{un valor próximo a cero}$ , y  
 $dQ_1/dt < \text{un valor próximo a cero}$ ;

(B')  $dN_1/dt < \text{un valor próximo a cero}$ , y  
 $dP/dt > \text{un valor próximo a cero}$ ; y

30 (C')  $dT_1/dt < \text{un valor próximo a cero}$ , y  
 $dN_1/dt < \text{un valor próximo a cero}$ .

1 Análogamente, la fórmula que se explica aquí en lo que sigue  $d^2N/dt^2 < 0$  puede ser sustituida por  $d^2N/dt^2 < \text{un valor próximo a cero}$ .

5 El inventor ha demostrado que se puede efectuar una detección sustancialmente precisa incluso cuando se sustituyen los valores de  $dN_1/dt$ ,  $dQ_1/dt$  y  $dT_1/dt$  por los valores de  $dN/dt$ ,  $dQ/dt$  y  $dT/dt$ , respectivamente. Esta sustitución se hace en la hipótesis de que la altura de elevación útil (H) de la turbobomba es constante. Se comprenderá que la detección del funcionamiento de la turbobomba siguiendo la sección-S puede efectuarse también a partir de otros factores. Por ejemplo, puede hacerse detectando que se satisfagan ciertas relaciones entre los factores que intervienen en cualquiera de los apartados que se dan a continuación:

15 (1) Velocidad de rotación de la turbobomba (N), altura de elevación útil de la turbobomba (H), salida de la turbobomba o par de la turbobomba (T), y abertura de los álabes directores (Y);

20 (2) H, salida de la turbobomba, e Y (siendo posible la detección de estos factores a condición de que la turbobomba esté en funcionamiento en línea y pueda esperarse que N se mantenga sustancialmente constante);

25 (3) Salida de la turbobomba y, si es necesario, Y (con la misma condición que para el apartado (2) anterior);

(4)  $\partial T_1 / \partial N_1$  y, si es necesario, Y;

(5)  $dT/dt$ ,  $dN_1/dt$  y, si es necesario, Y;

(6)  $dT/dt$ ,  $dH/dt$  y, si es necesario, Y (con la misma condición que para el apartado (2) anterior);

30 (7) N, H, Q e Y;

1 (8) H, Q, Y, (con la misma condición que para el apartado (2));

(9)  $\partial Q_1 / \partial N_1$  y, si es necesario, Y;

(10)  $dQ/dT$ ,  $dN_1/dt$  y, si es necesario, Y;

5 (11)  $dQ/dt$ ,  $dH/dt$  y, si es necesario, Y (con la misma condición que para el apartado (2));

(12) N, H e Y (cuando pueda esperarse que la salida de la turbobomba o el valor de Q sean sustancialmente constantes); y

10 (13)  $d^2N/dt^2$ ,  $dN/dt$  y, si es necesario, Y.

Como se ha descrito en lo que antecede, la detección puede hacerse a partir de varios factores. No obstante, es deseable que se efectúe la detección exclusivamente a partir de la rotación (N) de la turbobomba como en el apartado (13) anterior, dado que la variación de la rotación de la turbobomba durante el funcionamiento de la turbobomba es continua y moderada y puede ser detectada de un modo exacto y fácil. En general, es difícil detectar los valores de H, Q y T con una gran precisión. El inventor ha comprobado que se puede juzgar sobre el funcionamiento de la turbobomba siguiendo la sección-S en el sentido de reducción de  $Q_1$ , detectando para ello que se satisfacen simultáneamente las dos condiciones  $dN/dt < 0$  y  $d^2N/dt^2 < 0$ .

25 La exposición de la anterior solicitud se ha hecho en líneas generales en lo que antecede.

El solicitante, como se ha descrito en lo que antecede, ha comprobado que la detección de la turbobomba siguiendo la sección-S puede hacerse preferiblemente mediante los factores relacionados en el apartado (13). La detección de N y  $dN/dt$  puede efectuarse mediante interruptores mecá-

1 nicos fiables (interruptores de velocidad e interruptores  
de aceleración) mientras que la detección de  $d^2N/dt^2$  debe  
efectuarse, en general, por medio de circuitos eléctricos,  
los cuales no son totalmente fiables en las condiciones  
5 existentes.

### EXPOSICION DEL INVENTO

Es por tanto un objeto principal del invento  
proporcionar un método para controlar una turbobomba, en  
10 el cual se juzga sobre el modo en que es seguida la sección-S  
de la curva característica por el punto de funcionamiento  
de la turbobomba, mediante la detección de la velocidad de  
rotación (N) o de la aceleración (dN/dt) de la turbobomba  
por medio de interruptores mecánicos de gran fiabilidad.

15 Para este fin, de acuerdo con un primer aspecto  
del invento, se ha previsto un método para controlar una  
turbobomba que tiene una sección-S en su curva caracterís-  
tica, en el cual se detecta, durante el funcionamiento de  
la turbobomba en la sección-S en el sentido de reducción  
20 del caudal, que la velocidad de rotación de la turbobomba  
llega a quedar por debajo de un nivel predeterminado. Al  
producirse tal detección, se juzga que el punto representa-  
tivo del funcionamiento de la turbobomba ha comenzado a se-  
guir la sección-S en el sentido de aumentar el caudal.

25 De acuerdo con un segundo aspecto del invento, se  
ha previsto un método para controlar una turbobomba que  
tiene una sección-S en su curva característica, en el cual  
se detecta que ha aumentado la velocidad de rotación de la  
turbobomba más allá de una primera velocidad predeterminada  
30 debido a la apertura del disyuntor o por una razón similar

1 y, subsiguientemente, que la velocidad de rotación de la  
turbobomba durante el seguimiento de la sección-S en el  
sentido de reducción del caudal ha llegado a quedar por de-  
bajo de una segunda velocidad predeterminada. Al detectar-  
5 se las dos condiciones de velocidad anteriores, se juzga  
que el punto representativo del funcionamiento de la turbo-  
bomba ha comenzado a seguir la sección-S en el sentido de  
aumento del caudal.

De acuerdo con un tercer aspecto del invento, se  
10 ha previsto un método para controlar una turbobomba que  
tiene una sección-S en su curva característica, según el  
cual se juzga que el punto representativo del funciona-  
miento está siguiendo la sección-S en el sentido de reducción  
del caudal cuando se detectan los hechos de que la acelera-  
15 ción  $dN/dt$  de la turbobomba es negativa y que la velocidad  
de rotación  $N$  de la turbobomba es mayor que una velocidad  
predeterminada. Entonces, al detectarse el hecho de que la  
velocidad de rotación  $N$  de la turbobomba ha llegado a que-  
dar por debajo de la velocidad predeterminada, se juzga  
20 que el punto representativo del funcionamiento ha empezado  
a seguir la sección-S en el sentido de aumento del caudal.

#### BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

25 Las Figs. 1A y 1B son ilustraciones de la caracte-  
rística-S peculiar de las turbobombas.

Las Figs. 2A, 2B, 2C y 2D son ilustraciones del  
método usual para controlar una turbobomba.

La Fig. 3 ilustra una característica de respues-  
ta transitoria en el momento de la apertura del disyuntor,  
es decir, en el momento en que es retirada la carga, pre-  
30

1 sentada por una turbobomba bajo control por un método de control del invento.

La Fig. 4 ilustra también la característica de respuesta transitoria presentada por una turbobomba controlada según el método del invento en el momento de la apertura del disyuntor, es decir, en el momento en que es retirada la carga.

La Fig. 5 es una ilustración esquemática de un aparato para llevar a la práctica el método del invento.

10 La Fig. 6 es también una ilustración esquemática de un aparato para llevar a la práctica el método del invento; y

La Fig. 7 ilustra una característica de respuesta transitoria presentada por una turbobomba controlada de acuerdo con el método del invento.

#### DESCRIPCION DEL INVENTO

Se describirá en lo que sigue una primera realización del invento, con referencia específica a la Fig. 3, ilustrándose la característica de respuesta transitoria presentada por una turbobomba controlada por el método del invento en el momento de la apertura del disyuntor, es decir, en el momento en que es retirada la carga. Más concretamente, en la Fig. 3 las curvas A y B ilustran, respectivamente, los cambios en la carrera del servomotor de accionamiento de los álabes directores y en la velocidad de rotación de la turbobomba, observados después de la apertura del disyuntor. También se han ilustrado en las curvas C y D, respectivamente, los cambios de presión en el lado de aguas arriba (canal de toma) de la turbobomba y en el lado de,

1 aguas abajo (tubo de descarga) de la misma.

Con referencia a la Fig. 3, las condiciones  
5  $dN/dt < 0$  y  $d^2N/dt^2 < 0$  se satisfacen simultáneamente en  
la región de tiempo  $\delta_A$ . Esto significa que el punto de fun-  
cionamiento de la turbobomba sigue, en esa región de tiem-  
po  $\delta_A$ , la sección-S en el sentido de reducción del caudal.

De la observación de la Fig. 3, se comprende que  
el punto de funcionamiento de la turbobomba sigue la sec-  
ción-S en el sentido de reducción del caudal, mientras la  
10 velocidad de rotación  $N$  disminuye, pero es todavía conside-  
rablemente alta en comparación con la velocidad de rotación  
nominal  $N_0$ . Como se comprenderá de este hecho, puede juz-  
garse que el punto de funcionamiento de la turbobomba está  
siguiendo la sección-S en el sentido de reducción del cau-  
15 dal, con tal de que se satisfagan material y simultáneamen-  
te ambas condiciones  $dN/dt < 0$  y  $N > N_a$  ( $N_a$  se ha seleccio-  
nado en un punto ligeramente más alto que  $N_0$ , como se ha  
ilustrado en la Fig. 3). Es posible, sobre la base de tal  
juicio, disminuir o aliviar el efecto perjudicial origina-  
do durante el funcionamiento en la sección-S, abriendo para  
20 ello los álabes directores, como se ha ilustrado mediante  
la curva A en la Fig. 3, o bien disminuyendo la velocidad  
de cierre de los álabes directores.

En la Fig. 4 se ilustra otro método de control de  
25 acuerdo con el invento, en el cual se cierran rápidamente  
los álabes directores en un periodo predeterminado ( $t_0$  a  $t_1$ )  
o hasta que estén cerrados hasta una posición predetermi-  
nada después de retirada la carga, pero se reduce luego  
la velocidad de cierre. Entonces, en el instante en que  
30 la sección-S ha sido seguida hasta su extremidad en

1 el sentido de reducción del caudal, es decir, en el instan-  
 te representado por un punto (A) en la curva A que represen-  
 ta el cambio de carrera del servomotor de accionamiento de  
 los álabes directores, comienza de nuevo el cierre rápido  
 5 de los álabes directores. En los métodos de control como  
 el ilustrado en la Fig. 4, no es necesario accionar los  
 álabes directores en el sentido de apertura, en contraposi-  
 ción con el método de control como el ilustrado en la Fig.  
 3. Es por tanto posible efectuar un buen control si se lo-  
 caliza exactamente el punto (A). Al ser detectado el punto  
 10 (A), se efectúa el cierre rápido final de los álabes direc-  
 tores para atenuar la oscilación de la presión de agua en  
 una carrera. El punto (A) puede ser determinado, según el  
 método de control como el ilustrado en la Fig. 4, simple-  
 15 mente como el punto en el cual termina la región de tiempo  
 $\delta_B$ , siendo la región de tiempo  $\delta_B$  una región en la cual  
 se satisfacen simultáneamente ambas condiciones  $dN/dt < 0$   
 y  $N > N_a$ .

20 En la Fig. 5 se ilustra un aparato adecuado para  
 uso en la puesta en práctica del método de control como el  
 ilustrado en la Fig. 3.

Más concretamente, un solenoide SOL está conecta-  
 do entre una fuente de energía eléctrica de corriente conti-  
 nua positiva  $P_B$  y una fuente de energía eléctrica de corrien-  
 te continua negativa  $N_B$ . Este solenoide SOL está destinado  
 25 a ser excitado solamente cuando han sido conectados los  
 tres siguientes interruptores. El primer interruptor es un  
 interruptor de detección de velocidad mecánico SSW, el cual  
 está destinado a ser conectado cuando se cumple la condi-  
 ción  $N > N_a$ , mientras que el segundo interruptor es un in-  
 30

1 'terruptor de detección de aceleración mecánica destinado a  
ser conectado cuando se cumple la condición  $dN/dt < 0$ . Al  
mismo tiempo, el tercer interruptor es un interruptor de  
baja potencia LSW, que está destinado a ser conectado cuan-  
do el generador pierde la carga ejercida sobre el mismo. Al  
5 ser excitado el solenoide, éste conmuta una válvula de carre-  
te asociada 6, de modo que permita que una presión hidráu-  
lica  $PO_1$ , que viene de un depósito de aceite bajo presión,  
actúe sobre la cara inferior de un émbolo obturador 11, pa-  
ra accionar con ello a este último hacia arriba hasta el  
10 fin de carrera definido por un cilindro 10. Consiguiente-  
mente, se hace girar una palanca 8 alrededor de un pivote 7,  
de modo que se eleve un collarín obturador 9 el cual está  
conectado, a través de un émbolo de servomotor de relé, al  
15 pistón 13 de una válvula distribuidora de presión de aceite  
principal 14. Aunque en este momento se alivia la presión  
de control hidráulica 24 de acuerdo con el control por un  
regulador de velocidad (no ilustrado), y una presión cons-  
tante  $PO_2$  que actúa sobre la parte superior del pistón del  
20 servomotor de relé actúa para empujar al pistón 13 hacia aba-  
jo, la fuerza hacia arriba del pistón obturador 11 supera a  
la fuerza hacia abajo y el pistón 13 es obligado a moverse  
hacia arriba. Entonces la válvula distribuidora de presión  
de aceite principal 14 permite que la presión hidráulica  $PO_2$   
25 que viene del depósito de aceite bajo presión llegue a un pa-  
so 19, al tiempo que pone a un paso 20 en comunicación con  
un conducto de drenaje 23. En consecuencia es movido el ém-  
bolo 22 de un servomotor 21 de accionamiento de los álabes  
directores en el sentido de abrir los álabes directores.

Entonces, al hacerse la velocidad de rotación N

1 inferior a la velocidad predeterminada  $N_a$ , se desconecta el  
interruptor de velocidad SSW para restablecer el solenoide  
SOL, de modo que el émbolo obturador 11 sea movido hacia  
5 abajo de manera que haga que la palanca 8 libere por com-  
pleto hacia abajo al collarín obturador 9, y de nuevo, el  
servomotor 21 de accionamiento de los álabes directores es-  
tá exclusivamente bajo el control de una presión hidráulica  
de control 24 o de la señal de mando procedente del regula-  
dor. Puesto que la velocidad de rotación  $N$  es en esta situa-  
10 ción todavía considerablemente alta, comparada con la ve-  
locidad nominal  $N_0$ , el regulador de velocidad (no ilustra-  
do) actúa para poner la presión 24 hidráulica de control en  
comunicación con el lado de drenaje. Por consiguiente, el  
émbolo 18 del servomotor del relé es movido en todo su re-  
15 corrido hacia la cara inferior. Más concretamente, el pis-  
tón 13 de la válvula distribuidora de presión de aceite  
principal 14 es hecho descender hasta el extremo inferior  
de su carrera, la cual ha sido previamente ajustada y limi-  
tada por medio de tuercas de tope 16-1 y 16-2. Por consi-  
20 guiente, se invierte la aplicación de la presión hidráuli-  
ca para accionar rápidamente al émbolo 22 del servomotor  
de accionamiento de los álabes directores en sentido de  
cerrar los álabes directores, de modo que se efectúe el  
cierre rápido de los álabes directores siguiendo la curva  
25 A hacia abajo desde el punto A. En la Fig. 5, los números  
de referencia 17-1 y 17-2 representan tuercas de tope,  
mientras que los números 15-1 y 15-2 representan pernos.

En la Fig. 7 se ilustra un método de control que  
es otro método del invento. En la Fig. 7, como en las Figs.

1 3 y 4, se han ilustrado los cambios de carrera del servo-  
motor de accionamiento de los álabes de control, la veloci-  
dad de rotación, la presión de agua en el lado de aguas  
arriba de la turbobomba (presión de agua en el canal de to-  
5 ma) y la presión en el lado de aguas abajo de la turbobomba  
(presión en el tubo de descarga) después del instante  $t_0$   
en el que se ha retirado la carga, mediante las curvas A,  
B, C y D, respectivamente.

10 Como se verá de la Fig. 7, después de la retirada:  
da de la carga, se completa el seguimiento de la sección-S:  
hasta su primer extremo en el sentido de reducción del ca-  
dal, cuando la velocidad de rotación ha disminuido hasta  
estar aproximadamente al nivel de la velocidad nominal  $N_0$ .  
después de un aumento temporal de la misma. Por lo tanto,  
15 en el método como el ilustrado en la Fig. 7 se hace uso de  
un dispositivo para recordar que la velocidad de rotación  
ha rebasado una vez una primera velocidad predeterminada  
 $N_{20}$  y de un dispositivo para detectar que la velocidad de  
rotación ha llegado a quedar por debajo de una segunda ve-  
20 locidad predeterminada  $N_{20}$ . Se encuentra entonces la sin-  
cronización en cuestión (punto A en la Fig. 7) en la con-  
dición de funcionamiento del segundo dispositivo para detec-  
tar que la velocidad de rotación ha llegado a quedar por  
debajo de la velocidad  $N_{10}$  después del funcionamiento del  
25 primer dispositivo para recordar que la velocidad de rota-  
ción ha llegado a exceder de la velocidad  $N_{10}$ .

En la Fig. 6 se ilustra un aparato adecuado para  
uso en la puesta en práctica del método de control como el  
ilustrado en la Fig. 7. En la Fig. 6 se usan los mismos nú-  
30 meros de referencia para representar los mismos miembros o

1 partes que los de la Fig. 5.

5 En el funcionamiento de este aparato, al ser retirada la carga mediante la apertura de un disyuntor, se cierra un contacto 32 de modo que el mismo se haga conductor. Entonces, cuando la abertura  $Y$  de los álabes directores se hace menor que una abertura predeterminada  $Y_a$ , como en el punto (B) en la Fig. 7, se cierra un contacto 29 que está destinado a cerrarse cuando se cumple la condición de  $Y < Y_a$ , para conectar con ello un relé 25. El relé 25 mantiene el estado de conexión, puesto que el mismo tiene un circuito de automantenimiento 25a, y actúa para desexcitar al solenoide SOL para accionar la válvula 6. En estas condiciones, se abre un contacto 26b.

15 Mientras tanto, se aumenta temporalmente la velocidad de rotación  $N$  de la turbobomba, después de la retirada de la carga. Al ser aumentada esta velocidad de rotación  $N$  más allá de la primera velocidad predeterminada  $N_{10}$  antes mencionado, se conecta un contacto 31, el cual está destinado a ser cerrado cuando se cumple la condición de  $N > N_{10}$ .  
20 Luego se excita un relé 27, el cual tiene también un circuito de automantenimiento, de modo que se recuerde el hecho de que se ha aumentado temporalmente la velocidad de rotación  $N$ .

25 Después, cuando se hace descender la velocidad de rotación  $N$  de la turbobomba hasta un nivel por debajo de la segunda velocidad predeterminada  $N_{20}$  antes mencionada, se conecta un contacto 30 que está destinado a ser cerrado con la condición de que  $N < N_{20}$ . En consecuencia, se suministra una corriente eléctrica, a través del contacto 30 y de un contacto 27b que ha sido conectado mediante la excita-

30

1 -ción del relé 27, al relé 26, para excitar con ello a este  
último. Como resultado, se conecta un contacto 26b en el  
circuito de solenoide SOL, el cual ha sido desconectado,  
para permitir la excitación del solenoide SOL de nuevo.

5 Es decir, se mantiene al solenoide SOL en estado  
de desconectado durante un periodo de tiempo que va desde  
un instante correspondiente al punto (B) hasta un instante  
correspondiente al punto (A) en la Fig. 7. Durante este pe-  
riodo, la válvula 6 está conmutada para permitir que la  
10 presión hidráulica actúe sobre la cara inferior del émbolo  
obturador 11, de modo que este último sea movido hasta el  
extremo superior de su carrera. Luego, el collarín obtura-  
dor 9 que está acoplado directamente al pistón 13 de la  
válvula distribuidora de presión de aceite principal 14 es  
15 elevado por la palanca 8 de modo que el pistón 13 es obli-  
gado a moverse hacia arriba, de manera que se impida que se  
mueva hacia abajo. En consecuencia, los álabes directores  
de la turbobomba se cierran con una velocidad baja.

20 Luego, al descender la velocidad de rotación  $N$   
de la turbobomba por debajo de la segunda velocidad prede-  
terminada  $N_{20}$ , es excitado de nuevo el solenoide SOL, de  
manera que sea hecho descender el émbolo obturador 11 para  
hacer que la palanca 8 libre al collarín obturador 9 hacia  
abajo. Por lo tanto, el servomotor de accionamiento de los  
25 álabes directores es puesto bajo control de la presión hi-  
dráulica de control 24, la cual es aplicada a la cámara  
por debajo del émbolo 18 del servomotor de relé, para ac-  
cionar al pistón 13 de la válvula distribuidora de presión  
de aceite principal 14.

30 En este estado, puesto que la velocidad de rota-

1 -ción  $N$  es considerablemente alta en comparación con la ve-  
locidad nominal  $N_0$ , la parte de control de un regulador de  
velocidad (no representado) ha puesto la presión hidráulica  
de control en comunicación con el lado de drenaje, de  
5 modo que se hunda por completo el émbolo 18 del servomotor  
de relé. Así, el pistón 13 de la válvula distribuidora de  
presión de aceite principal es hecho descender hasta la po-  
sición límite inferior, la cual ha sido previamente fijada  
por las tuercas de tope 16-1 y 16-2. Por consiguiente, se  
10 invierte la presión hidráulica en el sentido de cierre de  
los álabes directores, y es movido rápidamente el émbolo  
22 del servomotor para accionamiento de los álabes directores  
en el sentido de cerrar los álabes directores. En este  
aparato, es innecesario decirlo, las velocidades predeter-  
15 minadas primera y segunda  $N_{10}$  y  $N_{20}$  se han seleccionado de  
modo que la primera velocidad  $N_{10}$  es mayor que la segunda  
velocidad  $N_{20}$ .

Como una aplicación o modificación de este método  
de control, es posible combinar los interruptores de detec-  
20 ción de velocidad para detectar las velocidades predetermi-  
nadas primera y segunda con un interruptor operante en res-  
puesta al cambio de abertura de los álabes directores, de  
tal modo que las velocidades predeterminadas primera y se-  
gunda sean cambiadas en respuesta al cambio de nivel de la  
25 carga ejercida sobre la turbobomba. Haciéndolo así, es po-  
sible obtener una mayor precisión del control de la turbo-  
bomba.

Como se comprenderá de la anterior descripción,  
de acuerdo con el invento, puede ser exactamente detectado  
30 el comportamiento del punto representativo del funcionamien-

to de la turbobomba durante el seguimiento de la sección-S mediante una combinación de interruptores de detección de velocidad mecánicos simples. Es de hacer resaltar que se puede efectuar el control previsto de la turbobomba de una manera bastante sencilla y fiable.

#### UTILIDAD INDUSTRIAL DEL INVENTO

La demanda de turbobombas aumentará todavía más en el futuro, a fin de proporcionar un equilibrio entre la demanda y el suministro de energía eléctrica. En particular, debido a las limitaciones en cuanto a condiciones de emplazamiento, así como desde un punto de vista de capacidad, existe una demanda cada vez mayor de turbobombas que puedan hacerse funcionar con una gran altura de elevación. En estas circunstancias, el presente invento tiene una gran utilidad industrial, ya que constituye una medida eficaz para disminuir y suprimir los efectos perjudiciales conocidos originados por la característica-S que es inevitable en el funcionamiento de una turbobomba.

En las figuras de los dibujos 2A a 2D en ordenadas se representa la apertura de los álabes directores y en abscisas el tiempo.

En las figuras 3, 4 y 7 en abscisas se representa el tiempo.

En las figuras 5 y 6 debe leerse "Apertura ← → cierre".

## - REIVINDICACIONES -

5 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 que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

10 1ª.- Un método de controlar una bomba-turbina que tiene una sección-S en su curva característica, caracterizado porque los álabes directores de dicha turbobomba son controlados cuando se juzga que el punto representativo del funcionamiento de dicha turbobomba ha comenzado a seguir dicha sección-S en el sentido de aumento del caudal, haciéndose dicho juicio mediante la detección del hecho de que la velocidad de rotación de dicha turbobomba, durante el seguimiento de dicha sección-S en el sentido de reducción del caudal, ha disminuido por debajo de una velocidad pre-

20 2ª.- Un método de controlar una turbobomba que tiene una sección-S en su curva característica, según la reivindicación 1ª, caracterizado porque se cierran dichos álabes directores, a condición de que se haya hecho dicho juicio, a una velocidad mayor que la velocidad a la cual se cierran dichos álabes directores durante el seguimiento de dicha sección-S por dicho punto representativo del funcionamiento de dicha turbobomba en el sentido de reducción del caudal.

30 3ª.- Un método de controlar una bomba-turbina que tiene una sección-S en su curva característica, caracteri-

1 zado porque comprende las operaciones de: detectar que la  
velocidad de rotación de dicha turbobomba ha aumentado más  
allá de una primera velocidad predeterminada, debido a una  
aceleración de dicha turbobomba después de una retirada o  
5 desaparición de la carga; detectar que la velocidad de ro-  
tación de dicha turbobomba que funciona siguiendo dicha  
sección-S en el sentido de reducción del caudal, ha descen-  
dido por debajo de una segunda velocidad predeterminada;  
juzgar a partir de dichas dos detecciones anteriores que  
10 el punto representativo del funcionamiento de dicha turbo-  
bomba ha comenzado a seguir dicha sección-S en el sentido  
de aumento del caudal; y controlar entonces los álabes di-  
rectores de dicha turbobomba con la condición de que se ha-  
ya hecho dicho juicio.

15 4ª.- Un método de controlar una bomba-turbina que  
tiene una sección-S en una curva característica, caracte-  
rizado porque los álabes directores de dicha turbobomba son  
controlados cuando se juzga que el punto representativo del  
funcionamiento de dicha turbobomba está siguiendo dicha  
20 sección-S en el sentido de reducción del caudal, haciéndose  
dicho juicio mediante las detecciones de los hechos de que  
la aceleración  $dN/dt$  de dicha turbobomba es negativa, y de  
que la velocidad de rotación  $N$  de dicha turbobomba es mayor  
que una velocidad predeterminada.

25 5ª.- Un método según la reivindicación 4ª, en el  
que se juzga que dicho punto representativo del funciona-  
miento de dicha turbobomba ha comenzado a seguir dicha sec-  
ción-S en el sentido de aumento del caudal, mediante la de-  
tección del hecho de que dicha velocidad de rotación de di-  
cha turbobomba ha descendido por debajo de dicha velocidad



predeterminada.

6.º.- Un método según las reivindicaciones 1.º, 2.º, 3.º, 4.º o 5.º, en el que se determina dicha velocidad predeterminada de acuerdo con el nivel de la carga ejercida sobre dicha turbobomba.

7.º.- Un método de controlar una bomba-turbina.

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

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

Madrid, 20 JUN 1979

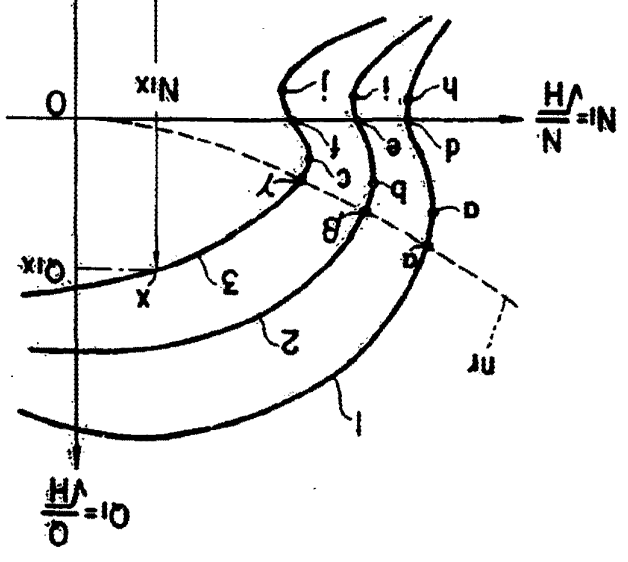
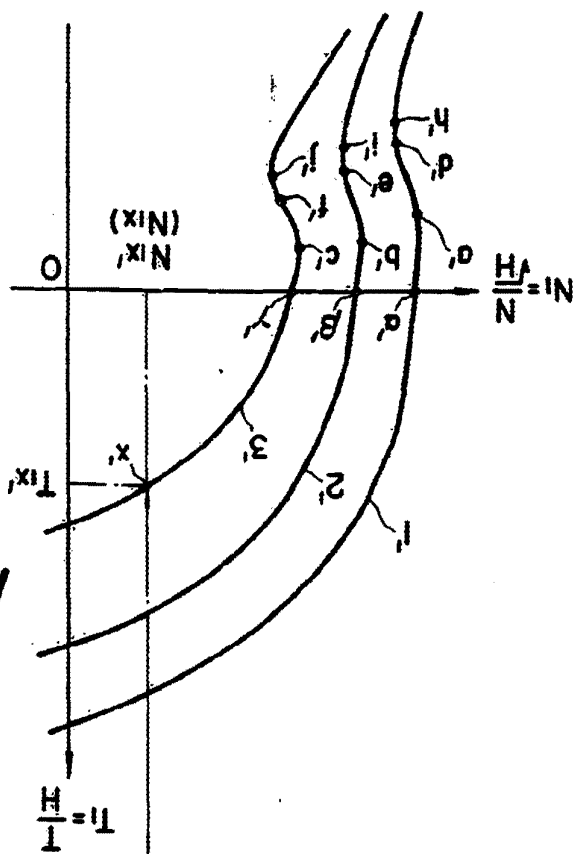
F.º.  
Alberto de Elizabury  
Por Poder.



1  
5  
10  
15  
20  
25

ho

Alberto de Elizaburu  
Por Poderes



P71615

FIG. 2A

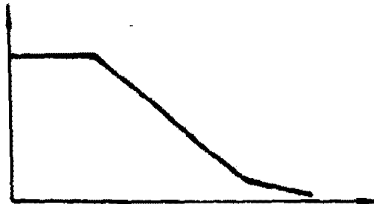


FIG. 2B

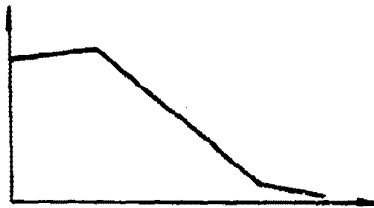


FIG. 2C

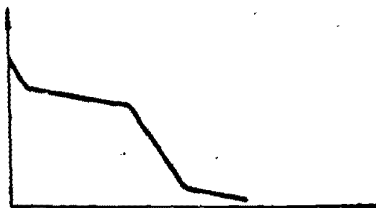


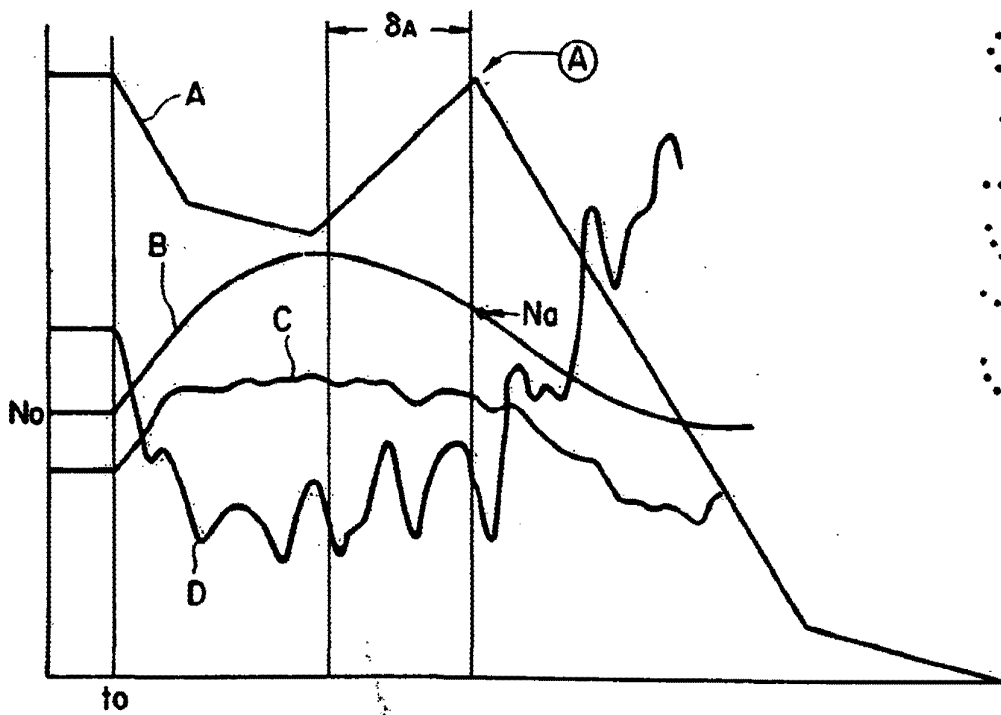
FIG. 2D



Alberto de Szaburo  
For Patent

P71615

FIG. 3



Alberto de Siza  
P. 111/VII

Alberto de Siza  
for exam

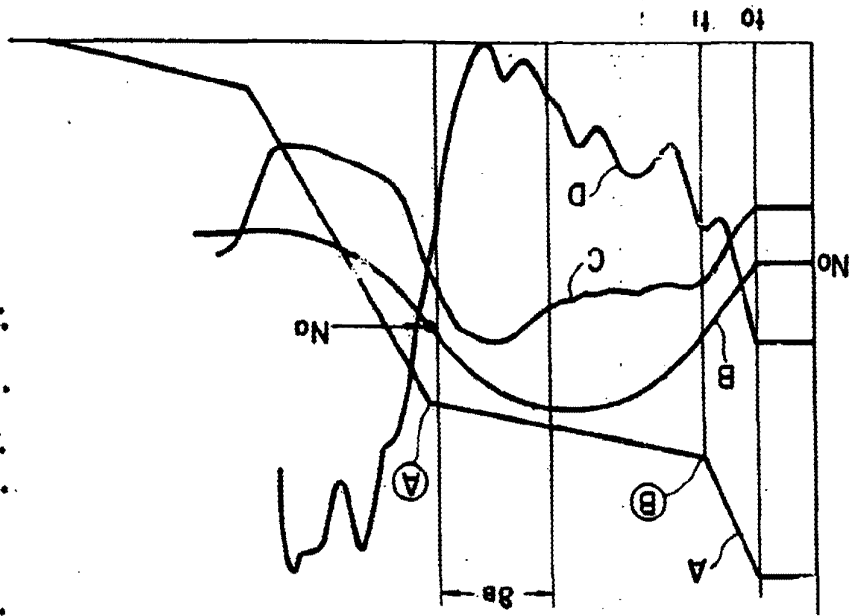
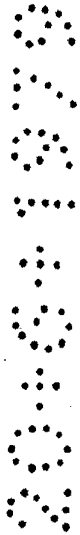


FIG. 4



P71615

IV/VII

HINACHI, LTD.

Alberto de Szabur  
 For Patent

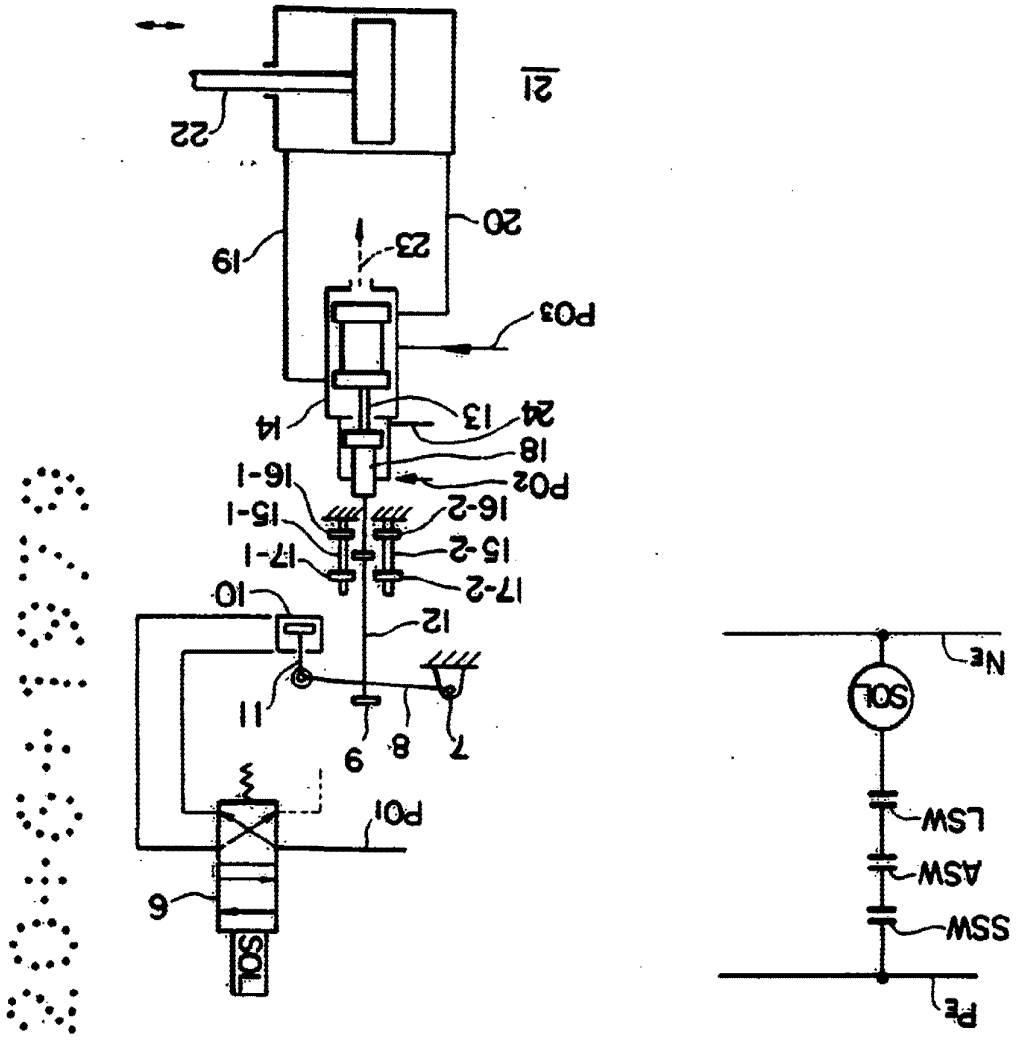


FIG. 5

P71615

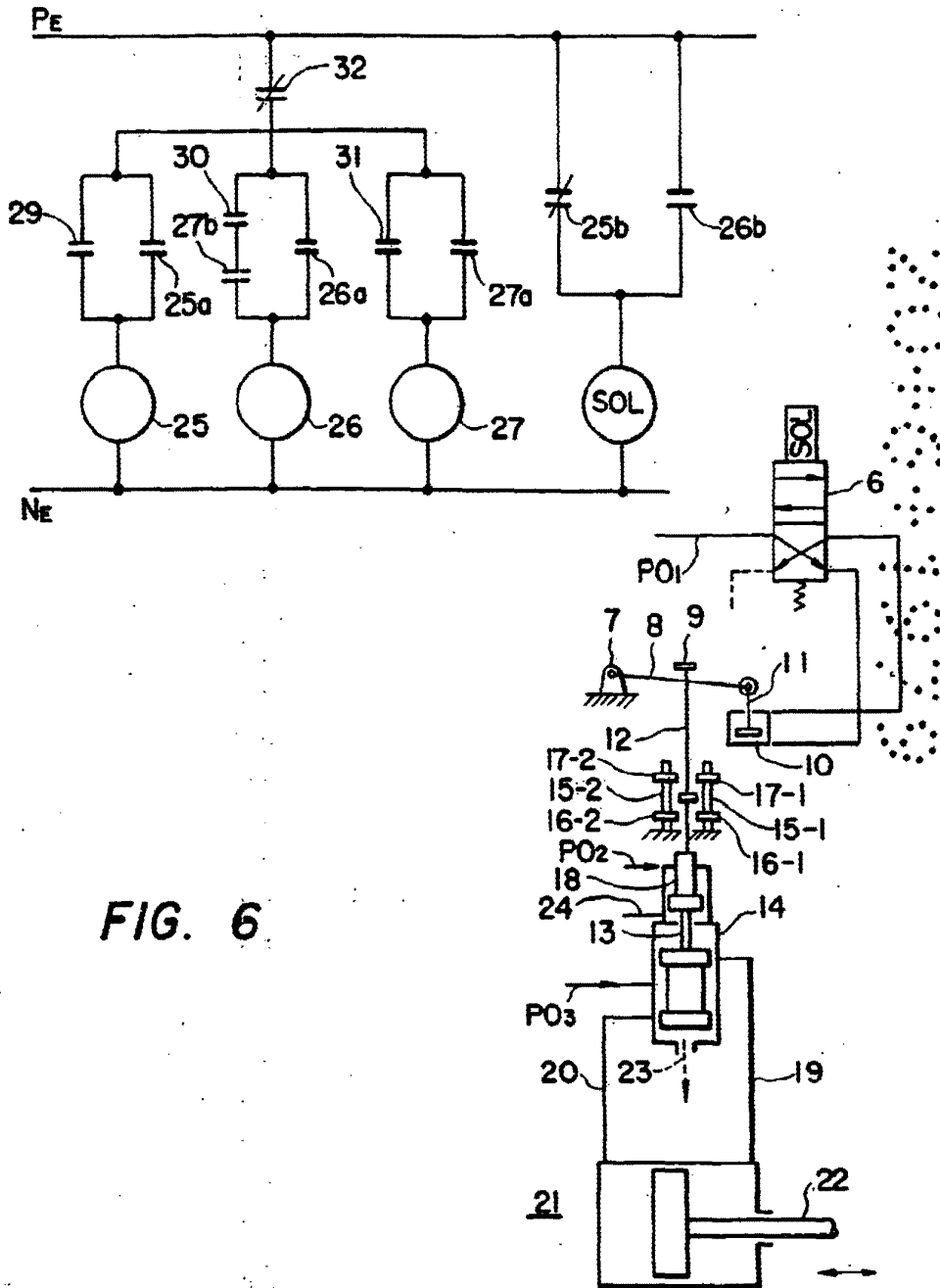


FIG. 6

Alberto de Szoburu  
Per S.p.A.

Alberto de Elzabitu  
Por medio de

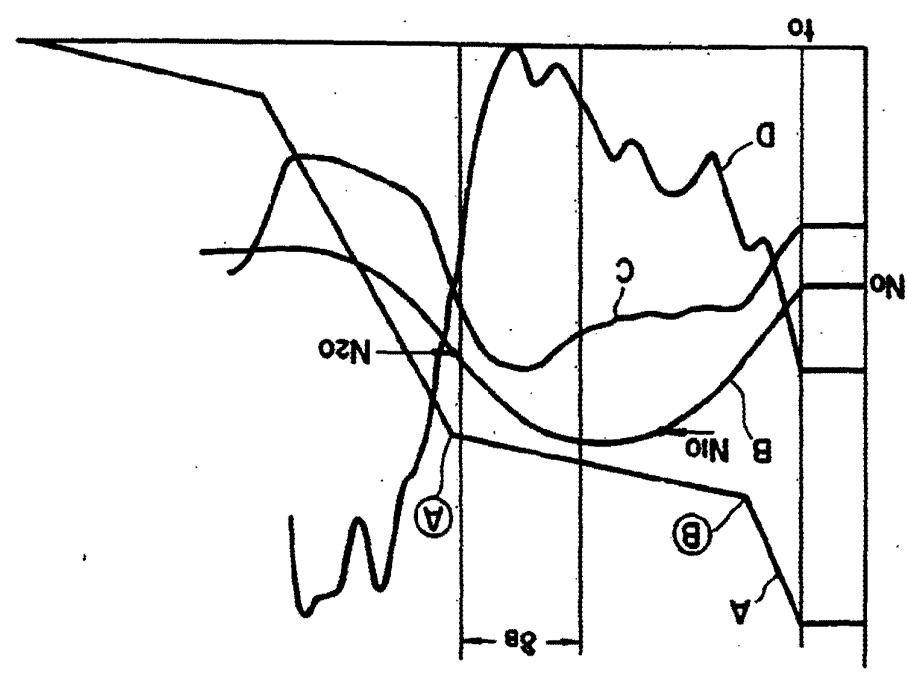


FIG. 7

P71615

VII/VII

HITACHI, LTD.