



327075

MEMORIA DESCRIPTIVA.

PATENTE DE INVENCION.

PAIS : ESPAÑA.

DURACION : 20 AÑOS.

OBJETO : "UNA DISPOSICION DE CONTROL
"PARA UNA TURBINA".

A nombre de : GENERAL ELECTRIC COMPANY.

Residente en : SCHENECTADY (New-York),
1, River-Road.

Nacipnalidad : ESTADOUNIDENSE.



327075

Este invento se refiere en general a un sistema de control para una turbina y, en particular, a un sistema de control compuesto perfeccionado en el cual la velocidad de la turbina y la presión del fluido motor, actúan con interde-

5.- dependencia para regular la velocidad y la presión en una instalación turbo-generadora.

Aun cuando la práctica de este invento está sometida a una gran variedad de modificaciones y variaciones, es adecuado para su empleo con una instalación de reactor nuclear del tipo de agua hirviente de "ciclo doble" para suministrar vapor a una turbina y en este sentido lo describiremos en esta memoria.

10.- En una instalación de reactor de agua hirviente, el agua enfría al reactor y, al hacerlo, es convertida parcialmente en vapor de agua que es obligado a pasar directamente del reactor a una turbina. En una instalación de reactor de agua hirviente de ciclo doble, el refrigerante no se usa sólo como fuente directa de vapor, sino que una parte de él es hecha pasar a un permutador de calor o generador de vapor para proporcionar una fuente secundaria de vapor de agua. Este vapor es, necesariamente, de una presión menor y se introduce en pasos intermedios o de baja presión del sistema de la turbina. Además, del vapor primario al lado de alta presión de la turbina, y del vapor secundario al lado intermedio o de baja presión, hay una de-

15.-

20.-

25.-



rivación de vapor que suministra vapor primario directamente al condensador, en el caso de presión excesiva. Por tanto, hay tres juegos de válvulas que han de maniobrarse y regularse: válvulas de control primario que admiten el vapor de alta presión del reactor a la turbina; válvulas de control secundario, que admiten vapor desde el generador de vapor secundario a la turbina; válvulas de derivación que derivan la turbina y llevan el vapor del reactor directamente al condensador, si se está produciendo más vapor primario que el que es admitido por la turbina.

La Patente española Nº. 237.754 a nombre de la solicitante describe un sistema de regulación del tipo general señalado, mediante el cual los juegos de válvulas son coordinados apropiadamente por la acción interdependiente de medios de regulación que responden a la velocidad y que responden a la presión.

El presente invento proporciona un sistema de regulación del mismo tipo general arriba mencionado. Sin embargo, además de esta estructura, el presente invento proporciona un sistema hidráulico que responde a las señales de los dos reguladores interdependientes y por el cual esas señales son amplificadas para producir el movimiento exigido. Es decir que, puesto que las señales del presente sistema son hidráulicamente amplificadas para llevar a cabo la función de apertura y cierre de ciertas válvulas, el aparato y la estructura mediante los cuales las señales son percibidas y transmitidas pueden ser menores que el aparato y la estructura equivalentes de un sistema que carezca de la amplificación hidráulica.

Por consiguiente, es un objeto del presente invento

327075

- 4 -

24 MAR



proporcionar un sistema de control compuesto perfeccionado para una turbina, que funciona a valores de fuerza relativamente bajos.

Otro objeto de este invento es proporcionar un sistema
60.- de control compuesto perfeccionado para una turbina que reduce la fricción y la histéresis, proporcionando de este modo una regulación mejorada.

Estos y otros objetos, características y ventajas de este invento se comprenderán mejor por la siguiente descripción considerada en relación con el dibujo adjunto, que es un diagrama esquemático del sistema de control de este invento y que se muestra en relación de trabajo con un sistema de turbina de vapor generado por un reactor nuclear que está en estado de equilibrio.
65.-

Brevemente, de acuerdo con uno de sus aspectos, este invento comprende un sistema de control de turbina que incluye una válvula de vapor primario o de alta presión, una válvula de vapor secundario o de menor presión, una válvula de derivación de la turbina, un regulador de velocidad que regula la válvula secundaria, un regulador que responde a la presión que regula la válvula de derivación, actuando el regulador que responde a la velocidad y el regulador que responde a la presión para regular juntos la válvula primaria.
70.-
75.-

Con referencia, ahora, al dibujo, un reactor nuclear 1 de agua hirviente proporciona vapor para la turbina 2 directamente a través de una tubería 3 de vapor primario e indirectamente, por medio de la tubería 4 de vapor secundario, desde el generador de vapor 5 que es un intercambiador de calor que toma el calor del ciclo de refrigerante
80.-
85.-



del reactor 6, y le entrega al vapor de la tubería 4 de vapor secundario. Una tubería 7 de derivación del vapor conecta la tubería de vapor primario 3 directamente con el lado de cuerpo del condensador 8, permitiendo que el vapor
90.- derive la turbina y se evacue directamente al condensador en determinadas condiciones de carga de turbina demasiado baja o de velocidad excesiva de la turbina. La tubería de vapor primario 3, la tubería de vapor secundario 4 y la tubería de derivación 7 están gobernadas por válvulas de estrangulación 9, 10 y 11 respectivamente, que a su vez son
95.- accionadas por servo-motores 12, 13 y 14, respectivamente. Un regulador centrífugo 15 es movido por la turbina 2 y gobierna su velocidad. Un regulador de presión o sensible a la presión, 16, responde a la presión del vapor primario
100.- en la tubería 3, y la gobierna.

El regulador de velocidad 15 actúa para regular la velocidad o la carga en la turbina por medio de un mecanismo de control que incluye un brazo 20 que está conectado a pivotamiento en un extremo 21 a un brazo 15a y en el otro extremo 22 a la extremidad de otro brazo 24. El brazo 15a es
105.- accionado por el regulador de velocidad 15 en un extremo y su punto de apoyo en el otro extremo se ajusta por el selector 15b de referencia de la carga. En un punto 23 entre sus extremos 21 y 22, el brazo 20 está conectado a pivotamiento al eje de una válvula piloto de control de la velocidad,
110.- 40, que a su vez está conectada directamente a la señal de entrada del servomotor 13 de la válvula secundaria 13.

El regulador 16, sensible a la presión, o regulador de presión, actúa para regular la presión del vapor primario
115.-

327075

- 6 -

24



- por medio de un mecanismo de control similar al conectado a regulador de velocidad, que incluye un brazo 30 que está conectado a pivotamiento en un extremo 31 al regulador de presión 16 y en el otro extremo 32 al extremo de otro brazo 34. En un punto 33 intermedio a sus extremos 31 y 32, el brazo 30 está conectado a pivotamiento al eje de una válvula piloto 50 de control de la presión que, a su vez, está directamente conectada a la señal de entrada del servomotor 14 de la válvula de derivación.
- 125.- Los brazos 24 y 34 están conectados a pivotamiento a estructuras fijas en puntos 25 y 35 entre sus extremos. Los puntos extremos 26 y 36 de los brazos 24 y 34, respectivamente, están conectados a pivotamiento al eje de un cilindro de simple acción o relé primario 60 que, a su vez, está conectado directamente a la señal de entrada del servomotor 12 de la válvula primaria. Por consiguiente, los brazos 24 y 34 actúan como sistemas articulados "de restauración" para las válvulas piloto 40 y 50, respectivamente.
- 135.- El relé primario 60 incluye un pistón 61 que está cargado en una dirección por un muelle 62 y en la otra por presión hidráulica. La presión hidráulica al relé primario 60 es suministrada a través de las mencionadas válvulas piloto 40 y 50, estando éstas conectadas en serie como sigue: La válvula piloto 40 de control de velocidad y la válvula piloto 50 de control de la presión tienen cada una tres lumbreras. La lumbrera de presión 51 de la válvula 50 está conectada a un manantial de presión hidráulica (no mostrado). La lumbrera de escape 52 está puesta en comunicación con un depósito de aceite (no mostrado). La lumbrera de salida 53 está conectada a la lumbrera de pre-



si6n 41 de la v6lvula piloto 40 de control de la velocidad. La lumbrera de escape 42 est6 puesta en comunicaci6n con un dep6sito de aceite (no mostrado). La lumbrera de salida 43 est6 conectada al lado hidr6ulico del rel6 primario 60.

- 150.- Directamente conectados a los ejes 40a y 50a, respectivamente, de cada v6lvula piloto 40 y 50 y del rel6 primario 60, hay indicadores que se mueve con sus respectivos ejes con relaci6n a escalas de indicador estacionarias que est6n divididas en funci6n del grado de apertura o de cierre de las v6lvulas de estrangulaci6n de vapor 9, 10 y 11.
- 155.- Con el fin de que este invento sea comprendido, la v6lvula 10 de control secundario del vapor puede imaginarse como subiendo y bajando con el eje 40a de la v6lvula piloto. Similarmen- te, la v6lvula de derivaci6n del vapor 11 puede ser imaginada como subiendo y bajando con el eje 50a de la v6lvula piloto. Por consiguiente, cada eje de v6lvula piloto realiza una doble funci6n: mover una v6lvula de vapor directamente y controlar tambi6n el paso de aceite al rel6 primario 60.
- 160.- El funcionamiento del servomecanismo de control que consiste en las v6lvulas piloto 40, 50, rel6 primario 60 y sistemas articulados asociados, se describir6 primero sin referencia a la instalaci6n motriz o v6lvula de vapor 10 y 11 que son movidas adicionalmente por la acci6n directa de las v6lvulas piloto. Los movimientos de entrada en los puntos 21 o 31 mover6n a los ejes 40a, 50a, respectivamente, de las v6lvulas piloto. Como las v6lvulas piloto 40, 50, est6n conectadas en serie para controlar el aceite a un pist6n de servomotor com6n 61 del rel6 primario 60, cada v6lvula piloto es capaz de vencer a la otra en una direcci6n predeter-
- 165.-
- 170.-
- 175.-

3270725



minada. Las conexiones son tales que la válvula piloto que exija la posición más baja del pistón 61 será la que ejerza el control. La válvula piloto vencida tendrá su eje elevado por encima de la posición de control en una cuantía proporcional a la diferencia entre la posición del servomotor exigida por la válvula piloto vencida y la posición del servomotor asumida realmente debido a la acción de la otra válvula piloto (la que manda). Así, la válvula de piloto vencida o mandada, aunque inactiva en cuanto se refiere al relé primario 60, se mueve en una magnitud que es proporcional a una deficiencia o error en el servomecanismo que deja de satisfacer dos señales de entrada al mismo tiempo. Esta señal de error puede utilizarse, por consiguiente, para controlar válvulas adicionales, es decir, las válvulas de vapor 10 u 11, para satisfacer los requisitos opuestos de dos señales de entrada al mismo relé 60 que controla a la válvula 9 de vapor primario.

Describiremos ahora el funcionamiento del sistema. Para tener un punto de referencia, supongamos una condición de funcionamiento inicial o "normal" como se muestra en la figura 1, en la cual la presión del vapor primario es gobernada por el regulador de presión que coloca en posición a la válvula primaria 9 y la carga de la turbina es mantenida por el vapor primario solo, de modo que la válvula de estrangulación 10 del vapor secundario está cerrada, la válvula de estrangulación 11 de derivación del vapor está cerrada, y la válvula de estrangulación 9 del vapor primario está en algún punto entre plenamente abierta y cerrada. También, el eje 50a de la válvula piloto está en una posición de control sobre la lumbrera 53 y el eje 40 de la válvula piloto



está ligeramente encima de la lumbrera 43, permitiendo que el fluido hidráulico comunique desde la válvula piloto 50 al relé primario 60.

Supongamos ahora que aumenta la carga en la turbina,
210.- Esto se consigue ya sea por la acción del operador utilizando el selector 15b de referencia de la carga para subir el punto de apoyo de la palanca 15a permaneciendo fija la velocidad, o por el regulador de velocidad 15 subiendo el extremo de la izquierda de la palanca 15a debido a una disminución de la velocidad de la turbina.
215.-

Se comprenderá por parte de los extremos que, cuando el turbo-generador está conectado eléctricamente con otros turbo-generadores en un sistema de central grande, como es usual, de modo que la carga sea compartida por muchas unidades, el regulador de velocidad 15 está percibiendo en realidad la velocidad, es decir, la frecuencia eléctrica del sistema total. Las pequeñas variaciones de velocidad, por consiguiente, se convierten en una medida de la carga, que es añadida o compartida por la turbina 2.
220.-

El aumento de la carga, por tanto, hará que el punto 21 de la palanca 20 se mueva hacia arriba. Se comprenderá que la anterior descripción aplicable a un sistema de turbo-generadores interconectados, sería también aplicable si la unidad mostrada estuviera funcionando independientemente y que una disminución de la velocidad, ya sea a causa de la carga añadida o por alguna otra razón, hará también que el punto 21 se mueva hacia arriba. Esta acción sube el eje 40a de la válvula piloto 40 aumentando la apertura de la lumbrera de 43. Sin embargo, la válvula piloto 50 responde sólo a la regulación por el regulador de presión 16 y, como no ha
230.-
235.-



- habido señal del regulador de presión, la válvula piloto 50 no se mueve y la lumbrera 53 permanece cerrada. Por consiguiente, aunque el regulador de velocidad 15 quiera aumentar la presión hidráulica al relé primario 60 para enviar señales al servomotor 12 para abrir la válvula primaria 9, el regulador de velocidad es vencido por el regulador de presión. Los dos deben trabajar de común acuerdo para abrir la válvula primaria 9. Ni el regulador de presión ni el regulador de velocidad pueden hacerlo individualmente. Sin embargo,
- 240.- para bajar o cerrar la válvula primaria 9, el regulador de presión o el regulador de velocidad, cualquiera de ellos que requiera una posición más baja de la válvula, superará al otro y será capaz de regular por sí solo. La elevación de la válvula piloto 40 por encima de la posición de control en la lumbrera 43 indica un fallo del relé primario 60 para responder a la señal para un aumento de la carga. La distancia en que la válvula piloto 40 es elevada por encima de la posición de la lumbrera es una medida del error entre la carga deseada por el regulador de velocidad y la carga soportada por la válvula primaria. Esta señal de error se usa para situar la válvula secundaria. Cuando la válvula piloto 40 sube más que una pequeña cantidad predeterminada por encima de la posición de la lumbrera, la entrada al servomotor 13 hará que la válvula secundaria 10 comience a abrirse.
- 245.- De este modo, cualquier parte de la demanda de carga no satisfecha por la válvula primaria será suministrada por la válvula secundaria. El regulador de velocidad 15 tiene así un control sin restricciones de la potencia de la turbina en respuesta a la carga, cualquiera que sea la condición en el sistema de control de la presión. El regulador entregará
- 250.-
- 255.-
- 260.-
- 265.-



vapor a la turbina a través de la válvula primaria 9 con preferencia, pero si existieran restricciones por el sistema de control de la presión, abrirá automáticamente la válvula secundaria 10 para lograr la potencia que se requiera.
270.- para soportar cualquier carga adicional que sea percibida.

Supóngase ahora que la carga es devuelta a la normalidad por eliminación de la carga añadida. El regulador 15 tirará hacia abajo de la palanca 20 y con ella del eje de la válvula 40 que, por medio de su señal al servo-motor 13,
275.- cierra la válvula secundaria 10. El sistema está de nuevo en la condición de referencia de la Fig. 1.

Supongamos que la carga de la turbina se reduce más, ya sea por el descenso del selector de referencia de la carga 15b, ya porque el regulador 15 perciba un aumento de
280.- velocidad. El regulador 15 hará que baje la válvula piloto 40 hasta que llega a la posición de control en la lumbrera 43. Cualquier descenso ulterior del punto 21 hará que la válvula piloto de control de la velocidad haga descender al pistón 61 del relé primario por comunicación a través de la lumbrera 42, retirando el control de la válvula
285.- piloto de control de la presión. El descenso del pistón 61 hace que el punto 36 descienda y que suban los puntos 32 y 33. El punto 31 permanece fijo porque es situado sólo por la presión del reactor. Cuando la válvula piloto 50 sube en
290.- una pequeña cuantía predeterminada por encima de la posición de control sobre la lumbrera 53, el servomotor 14 comenzará a abrir la válvula de derivación 11. Así, la subida de la válvula piloto 50 por encima de la posición de la lumbrera, que ocurre como resultado de que la válvula piloto
295.- 40 tome el control del relé primario 60, se convierte en



la señal de error que abre las válvulas de derivación. No ha existido perturbación de la presión ni ha sido necesario situar de nuevo el regulador de presión 16. La elevación del punto 33 por las palancas 30 y 34, ha hecho que las válvulas de derivación se abran en la cuantía necesaria para mantener constante el paso del vapor primario desde el reactor, incluso aunque el paso del vapor primario a la turbina se haya reducido.

El sistema de control de la presión, pues, tiene un control no restringido de la presión del vapor en el reactor cualesquiera que sean las condiciones en el sistema de control de la velocidad. El sistema de control de la presión entregará vapor a la turbina a través de la válvula primaria 9 con preferencia, pero si la válvula primaria estuviera restringida por el regulador de velocidad, la válvula de derivación 11 será abierta automáticamente en la cuantía necesaria para mantener la presión deseada en el reactor.

Supongamos ahora que la carga ha aumentado de nuevo al valor original. El regulador 15 empuja hacia arriba al punto 21. El pistón 61 subirá bajo el control de la válvula piloto 40 en la lumbrera 43. A medida que sube el pistón 61, abriendo la válvula primaria y aumentando el flujo primario a la turbina, el punto 36 es subido y son bajados los puntos 32 y 33. El descenso del punto 33 determina la bajada del servo-motor 14 y el cierre de la válvula de derivación 11. De este modo, la válvula de derivación es cerrada en la misma cuantía en que se abre la válvula primaria y permanece constante el paso desde el reactor. Cuando se baja al punto 33 al punto en que la válvula piloto 50 está en posición de control en la lumbrera 53, la válvula de derivación estará



totalmente cerrada. El regulador 15 no será capaz de abrir más la válvula primaria porque no se dispone de más vapor primario y la válvula piloto 50 ha superado a la válvula piloto 40. Cualquier demanda de carga adicional del regulador hará que la válvula piloto 40 sea elevada por encima de la lumbrera de control 43 y que la válvula secundaria se abra para satisfacer el requisito de carga.

En la forma que ha sido descrita, el regulador de velocidad tiene un control no restringido de la carga de la turbina, dentro de las limitaciones de la capacidad del sistema, abriendo primero la válvula primaria con preferencia y luego la válvula secundaria si la apertura de la válvula primaria es restringida por otros medios. La elevación excesiva de la válvula piloto 40 más allá de la lumbrera de control 43 proporciona la señal de error que sitúa automáticamente la válvula secundaria en la posición necesaria para satisfacer los requisitos de la carga.

Similarmente, el regulador de presión tiene un control sin restricciones de la presión del reactor abriendo primero la válvula primaria con preferencia y luego la válvula de derivación si la apertura de la válvula primaria es restringida por otros medios. La elevación excesiva de la válvula piloto 50 más allá de la lumbrera de control 53 proporciona la señal de error que sitúa la válvula de derivación automáticamente en la posición requerida por el regulador para mantener la deseada presión en el reactor.

En una forma modificada de este invento, en que no hay sistema de vapor secundario, el regulador de velocidad 15 funcionará como se ha descrito más arriba, salvo que la válvula 10 y el servo 13 serían eliminados, es decir, que el



360.- eje de la válvula piloto 40 de regulación de la velocidad no estaría conectado más que al brazo 20. En esta modificación, el regulador de velocidad 15 funciona sólo para vigilar la válvula primaria 9 en conjunción con el sistema de control de la presión. El regulador de presión funcionaría como se ha descrito, controlando la presión en el reactor por apertura de la válvula primaria con preferencia y la válvula de derivación en el caso de que la apertura de la válvula primaria estuviera restringida.

365.- Es evidente que el sistema de control compuesto de este invento es adecuado para uso con instalaciones generadoras de energía mecánica y centrales distintas de las instalaciones ilustradas de reactor de agua hirviente de doble ciclo.

370.- N O T A.-

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta Patente de Invención en España, por veinte años, son los siguientes:

375.- 1º.- Una disposición de control para una turbina alimentada con fluido motor desde una fuente de presión que comprende: una válvula primaria conectada para controlar el paso de fluido motor desde dicha fuente de presión a dicha turbina, una válvula adicional conectada para controlar el paso de fluido motor desde dicha fuente de modo que se ajuste cualquier desequilibrio entre el paso de fluido motor generado por la fuente de presión a una presión dada y el paso de fluido motor requerido por la turbina a una carga dada, primeros medios que responden a la presión de fluido motor y que incluyen una primera válvula piloto gobernada por ella,

380.-



- 385.- segundos medios que responden a la velocidad de dicha turbina y que incluyen una segunda válvula piloto gobernada por ella, un servo-motor primario gobernado conjuntamente por dichas válvulas piloto primera y segunda y dispuesto para mover dicha válvula primaria hacia una posición más abierta
- 390.- al aumentar la presión del fluido motor o al disminuir la velocidad de la turbina, respectivamente, estando dichas válvulas piloto conectadas de modo que la válvula piloto que exija la posición más baja de la válvula primaria venza a la otra válvula piloto para ejercer ella sola el control
- 395.- sobre el servo-motor primario mientras que la válvula piloto superada se mueve de manera no restringida, con lo cual el movimiento de la válvula piloto superada indica un desequilibrio potencial en el paso de fluido motor entre la fuente de presión y la turbina, y un servo-motor adicional conectado para accionar dicha válvula adicional para corregir dicho desequilibrio en respuesta a movimientos de la válvula piloto superada.
- 400.-

22.- Una disposición de control según el punto 12, en la cual dicha válvula adicional es una válvula que hace que el fluido motor derive la turbina y en la cual dicho servo-motor adicional está conectado para ser accionado por la primera válvula piloto.

405.-

32.- Una disposición de control según el punto 12, en la cual dicha válvula adicional gobierna una fuente suplementaria de fluido motor desde la fuente de presión a la turbina y en la cual dicho servo-motor adicional está conectado para ser accionado por dicha segunda válvula piloto.

410.-

42.- Una disposición de control según el punto 22, que incluye además una válvula secundaria que gobierna el paso

327075



415.- de fluido motor secundario desde dicha fuente de presión a dicha turbina, y dicha segunda válvula piloto está conectada operativamente a dicha válvula secundaria, gobernando el movimiento de dicha segunda válvula piloto el grado de apertura de dicha válvula secundaria.

420.- 52.- "UNA DISPOSICION DE CONTROL PARA UNA TURBINA", todo tal y conforme se describe en la presente memoria, la cual consta de 423 líneas y a título de ejemplo se representa en los adjuntos dibujos.

Madrid, 24 MAY. 1966

