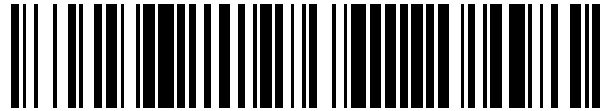


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 927 707**

51 Int. Cl.:

H02P 9/04	(2006.01)
H02P 101/10	(2015.01)
H02P 103/20	(2006.01)
F03B 15/08	(2006.01)
F03B 15/16	(2006.01)
H02J 3/38	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.09.2017 PCT/JP2017/032620**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.03.2018 WO18056088**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.09.2017 E 17852865 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.08.2022 EP 3496263**

54 Título: **Sistema de generación de energía hidroeléctrica**

30 Prioridad:

20.09.2016 JP 2016182609

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

10.11.2022

73 Titular/es:

**DAIKIN INDUSTRIES, LTD. (100.0%)
Umeda Center Building 4-12 Nakazaki-Nishi 2-
chome Kita-ku
Osaka-shi, Osaka 530-8323, JP**

72 Inventor/es:

**ABE TAKAHIRO;
SUHARA ATSUSHI y
YOKOYAMA TAKAHIRO**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 927 707 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema de generación de energía hidroeléctrica

Campo técnico

La presente invención hace referencia a un sistema de generación de energía hidroeléctrica.

Antecedentes de la técnica

- 5 Existe un sistema de generación de energía hidroeléctrica que genera energía mediante un fluido (por ejemplo, agua) que fluye a través de un canal de agua (por ejemplo, una tubería forzada). Por ejemplo, un sistema de generación de energía hidroeléctrica descrito en el Documento de Patente 1 incluye una turbina de agua (máquina hidráulica) conectada a una tubería forzada. Cuando se hace girar la turbina de agua mediante el fluido, se acciona un generador conectado a la turbina de agua. La energía de salida del generador se suministra a un sistema de suministro de energía eléctrica (por ejemplo, el suministro de energía eléctrica comercial) mediante, por ejemplo, un flujo de energía inverso.
- 10 El Documento de Patente 2 describe un sistema de generación de energía hidráulica de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

Lista de citas

Documentos de patente

Documento de Patente 1: Publicación de patente japonesa no examinada n.º 2014-214710

Documento de Patente 2: Documento US 4 496 845 A

Compendio de la invención

- 15 Problema técnico

En el caso de que la potencia eléctrica generada fluya en sentido inverso, puede ser necesario que la tensión del suministro de energía eléctrica comercial se mantenga dentro de un rango predeterminado por ley o similar. En ese caso, es necesario controlar la energía eléctrica que va a fluir en sentido inverso de modo que la tensión del suministro de energía eléctrica comercial no supere el rango.

- 20 Sin embargo, algunos de los sistemas de generación de energía hidroeléctrica se configuran de tal manera que un fluido (por ejemplo, el agua) debe fluir de forma continua (por ejemplo, el caso de un sistema de generación de energía hidroeléctrica instalado en una tubería de una planta hidráulica), y surge un problema cuando la turbina de agua simplemente se detiene.

- 25 En vista de los problemas anteriores, un objetivo de la presente invención es proporcionar una técnica de control de la potencia eléctrica manteniendo al mismo tiempo una cantidad física de fluido (por ejemplo, un caudal total) en un valor deseado.

Solución del problema

- 30 Para lograr el objetivo, un primer aspecto de la presente invención se dirige a un sistema de generación de energía hidroeléctrica. El sistema de generación de energía hidroeléctrica incluye: una máquina hidráulica (W) dispuesta en un canal (1) a través del cual fluye un fluido; un generador (G) accionado por la máquina hidráulica (W); un controlador (20, 30) configurado para controlar al menos una de la potencia eléctrica generada o de la potencia eléctrica a generar por el generador (G) y para suministrar la potencia eléctrica generada por el generador (G) a un sistema de suministro de energía eléctrica (5); una unidad de adquisición de información del suministro de energía eléctrica (32) configurada para adquirir información sobre la oferta y la demanda de energía que incluya la potencia eléctrica aceptable para el sistema de suministro de energía eléctrica (5) o información correlacionada con la potencia eléctrica; y una unidad de adquisición de información del fluido (17, 18) configurada para adquirir información sobre el fluido que incluye información correlacionada con una cantidad física del fluido que sale del canal (1), en donde el controlador (20, 30) controla al menos una de la cantidad física, el canal (1) o la potencia eléctrica generada o la potencia eléctrica a generar por el generador (G) utilizando la información del fluido de modo que la cantidad física sea igual a un valor deseado, controlando al mismo tiempo la potencia eléctrica a suministrar al sistema de suministro de energía eléctrica (5) a la potencia eléctrica aceptable para el sistema de suministro de energía eléctrica (5) o inferior, utilizando la información sobre la oferta y la demanda de energía.

Con esta configuración, el sistema de generación de energía hidroeléctrica se controla teniendo en cuenta al mismo tiempo tanto la potencia eléctrica del generador (G) como la cantidad física de fluido.

- 45 Un segundo aspecto es una forma de realización del primer aspecto. En el segundo aspecto, el canal (1) está provisto de un canal de derivación (13) que baipasea la máquina hidráulica (W), la cantidad física incluye un caudal total (QT)

del fluido en el canal (1), y el controlador (20, 30) controla un caudal (Q2) del fluido en el canal de derivación (13) para hacer que el caudal total (QT) se aproxime a un caudal total objetivo predeterminado (QT*).

5 Con esta configuración, el caudal total (QT) se controla hasta el caudal total objetivo (QT*) mediante el control del caudal del canal de derivación (13) y el control de al menos una de la potencia eléctrica generada o de la potencia eléctrica a generar.

10 De acuerdo con la invención, el controlador (20, 30) estima un caudal (Q1) y una carga hidráulica efectiva (H) en la máquina hidráulica (W) basándose en una característica detectable que esté relacionada con el generador (G) y correlacionada con el caudal (Q1) y la carga hidráulica efectiva (H) en la máquina hidráulica (W) y estima el caudal total (QT) basándose en una línea característica de resistencia al flujo (S) que representa una relación entre la carga hidráulica efectiva (H) y el caudal total (QT) en el canal (1), el caudal (Q1) que se ha estimado y la carga hidráulica efectiva (H) que se ha estimado.

Esto permite el control sin utilizar ningún caudalímetro.

15 Un tercer aspecto es una forma de realización de cualquiera de los aspectos primero a segundo. En el tercer aspecto, el canal (1) es una tubería, y está provista de una válvula de control de caudal (15) conectada en serie a la máquina hidráulica (W) y que controla un caudal del fluido que entra en la máquina hidráulica (W), un valor de la cantidad física incluye una presión (P2) del fluido que sale del canal (1), y el controlador (20, 30) controla un grado de apertura de la válvula de control de caudal (15) para hacer que la presión (P2) se aproxime a una presión objetivo predeterminada (P*).

20 Con esta configuración, la presión (P2) del fluido se controla hasta la presión objetivo (P*) mediante el control de la válvula de control de caudal (15) y el control de al menos una de la potencia eléctrica generada o de la potencia eléctrica a generar.

Un cuarto aspecto es una forma de realización de cualquiera de los aspectos primero a tercero. En el quinto aspecto, el controlador (20, 30) adquiere información sobre la oferta y la demanda de energía basándose en un valor de tensión (Vac) de una línea de distribución del sistema de suministro de energía eléctrica (5).

25 Con esta configuración, la potencia eléctrica aceptable para el sistema de suministro de energía eléctrica (5) se detecta en función del valor de tensión (Vac).

30 Un quinto aspecto es una forma de realización de cualquiera de los aspectos primero a cuarto. En el quinto aspecto, el sistema de generación de energía hidroeléctrica incluye además una unidad de consumo de energía (40) configurada para consumir la potencia eléctrica generada, en donde el controlador (20, 30) suministra una parte o la totalidad de la potencia eléctrica generada a la unidad de consumo de energía (40), de modo que la potencia eléctrica a suministrar al sistema de suministro de energía eléctrica (5) sea igual a un valor deseado.

35 Estas configuraciones, en las que la potencia eléctrica a suministrar al sistema de suministro de energía eléctrica (5) se ajusta mediante la unidad de consumo de energía (40), permite lograr fácilmente la reducción de la potencia eléctrica mediante el inversor de interconexión del sistema (30) y la reducción de al menos una de la potencia eléctrica generada o de la potencia eléctrica a generar mediante el controlador del generador (20) cooperando entre sí, si los controladores (20, 30) se configuran como un controlador del generador (20) y un inversor de interconexión del sistema (30) según se describirá en las siguientes formas de realización.

40 Un sexto aspecto es una forma de realización de uno cualquiera de los aspectos primero a quinto. En el sexto aspecto, el controlador (20, 30) controla un caudal (Q1) en la máquina hidráulica (W) de modo que la potencia eléctrica a suministrar al sistema de suministro de energía eléctrica (5) sea igual a un valor deseado.

En esta configuración, la potencia eléctrica a suministrar al sistema de suministro de energía eléctrica (5) se ajusta mediante el control del caudal (Q1) en la máquina hidráulica (W).

45 Un séptimo aspecto es una forma de realización del tercer aspecto. En el séptimo aspecto, el controlador (20, 30) controla al menos una de la potencia eléctrica generada o de la potencia eléctrica a generar controlando al mismo tiempo el grado de apertura de la válvula de control de caudal (15), de modo que la potencia eléctrica a suministrar al sistema de suministro de energía eléctrica (5) sea igual a un valor deseado.

Con esta configuración se logra un control cooperativo del grado de apertura de la válvula de control de caudal (15) y de la potencia eléctrica a suministrar al sistema de suministro de energía eléctrica (5).

Ventajas de la invención

50 De acuerdo con el primer aspecto, la potencia eléctrica a suministrar se puede controlar al mismo tiempo que la cantidad física de fluido se mantiene en un valor deseado.

De acuerdo con el segundo aspecto, la potencia eléctrica a suministrar se puede controlar al mismo tiempo que el caudal total de un fluido en un canal se mantiene en un valor deseado.

De acuerdo con la invención, se pueden reducir los costes del sistema de generación de energía hidroeléctrica.

De acuerdo con el tercer aspecto, la potencia eléctrica a suministrar se puede controlar al mismo tiempo que una presión del fluido que sale del canal se mantiene en un valor deseado.

De acuerdo con el cuarto aspecto, la información sobre la oferta y la demanda de energía se puede adquirir fácilmente.

Breve descripción de los dibujos

- 5 [FIG. 1] La FIG. 1 ilustra de forma esquemática una configuración general de una tubería que incluye un sistema de generación de energía hidroeléctrica de acuerdo con una primera forma de realización.
- [FIG. 2] La FIG. 2 es un diagrama que ilustra un sistema de suministro de energía eléctrica del sistema de generación de energía hidroeléctrica.
- [FIG. 3] La FIG. 3 es un diagrama de flujo del control realizado por el sistema de generación de energía hidroeléctrica.
- 10 [FIG. 4] La FIG. 4 es un diagrama de flujo del control realizado por un sistema de generación de energía hidroeléctrica de acuerdo con una variación de la primera forma de realización no perteneciente a la invención.
- [FIG. 5] La FIG. 5 es un diagrama de bloques de un controlador del generador y un inversor de interconexión del sistema de acuerdo con una segunda forma de realización.
- 15 [FIG. 6] La FIG. 6 es un diagrama de flujo del control realizado por un sistema de generación de energía hidroeléctrica de acuerdo con la segunda forma de realización.
- [FIG. 7] La FIG. 7 muestra un mapa característico de un sistema de fluido.
- [FIG. 8] La FIG. 8 ilustra de forma esquemática una configuración general de una tubería que incluye un sistema de generación de energía hidroeléctrica de acuerdo con una cuarta forma de realización no perteneciente a la invención.
- 20 [FIG. 9] La FIG. 9 es un diagrama que ilustra un sistema de suministro de energía eléctrica del sistema de generación de energía hidroeléctrica de la cuarta forma de realización no perteneciente a la invención.
- [FIG. 10] La FIG. 10 muestra un mapa característico para explicar el concepto de control en la cuarta forma de realización no perteneciente a la invención.

Descripción de las formas de realización

A continuación, se describirán en detalle las formas de realización de la presente invención con referencia a los dibujos. Las formas de realización que se exponen a continuación son por naturaleza meramente de carácter ejemplar y no pretenden limitar el alcance, las aplicaciones o el uso de la invención.

«Primera forma de realización»

La FIG. 1 ilustra de forma esquemática una configuración general de una tubería (1) que incluye un sistema de generación de energía hidroeléctrica (10) de acuerdo con una primera forma de realización de la presente invención. La tubería (1) tiene una carga hidráulica y permite que un fluido fluya a través de la misma. La tubería (1) es un ejemplo de canal de la presente invención. En esta forma de realización, la tubería (1) forma una parte de una planta hidráulica (4). La planta hidráulica (4) incluye un depósito de almacenamiento (2) y un depósito de recepción de agua (3). La tubería (1) de esta forma de realización se dispone de forma que conecta el depósito de almacenamiento (2) con el depósito de recepción de agua (3) proporcionado aguas abajo del depósito de almacenamiento (2).

<Sistema de generación de energía hidroeléctrica (10)>

35 Según se ilustra en la FIG. 1, el sistema de generación de energía hidroeléctrica (10) incluye una turbina de agua (W) y un generador (G). La FIG. 2 es un diagrama que ilustra un sistema de suministro de energía eléctrica del sistema de generación de energía hidroeléctrica (10). El sistema de generación de energía hidroeléctrica (10) incluye un controlador del generador (20), un inversor de interconexión del sistema (30) y una resistencia regenerativa (40). El sistema de generación de energía hidroeléctrica (10) genera potencia eléctrica y suministra la potencia al sistema de

40 suministro de energía eléctrica (5). En este ejemplo, el sistema de suministro de energía eléctrica (5) es un llamado suministro de energía eléctrica comercial. El sistema de generación de energía hidroeléctrica (10) suministra potencia eléctrica al suministro de energía eléctrica comercial (5) (es decir, realiza el llamado flujo de energía inverso), realizando de este modo la llamada venta de electricidad.

45 Para vender electricidad, el sistema de generación de energía hidroeléctrica (10) suele controlar el generador (G) de tal manera que el generador (G) proporcione una potencia nominal y suministre potencia eléctrica al sistema de suministro de energía eléctrica (5). Este funcionamiento se denomina como funcionamiento normal. La potencia nominal, tal como se utiliza en la presente memoria, hace referencia a la máxima salida de potencia eléctrica que el

5 generador (G) puede alcanzar en el sistema de generación de energía hidroeléctrica (10). Como se describirá en detalle más adelante, el sistema de generación de energía hidroeléctrica (10) controla al menos una de la potencia eléctrica generada o la potencia eléctrica a generar de tal manera que un valor de tensión CA (V_{ac}) de una línea de distribución del sistema de suministro de energía eléctrica (5) se encuentre dentro de un rango de regulación de tensión predeterminado (V_r). Por ejemplo, cuando sea probable que el valor de la tensión CA (V_{ac}) de la línea de distribución del sistema de suministro de energía eléctrica (5) supere el límite superior del rango de regulación de tensión (V_r), se lleva a cabo un funcionamiento de reducción de la potencia eléctrica a suministrar al sistema de suministro de energía eléctrica (5) (un funcionamiento de reducción de al menos una de la potencia eléctrica generada o de la potencia eléctrica a generar, que se describirá más adelante). Además, tanto durante el funcionamiento normal como durante el funcionamiento de reducción de al menos una de la potencia eléctrica generada o de la potencia eléctrica a generar, el sistema de generación de energía hidroeléctrica (10) controla el caudal total (QT) hasta un caudal total objetivo predeterminado (QT*).

-Turbina de agua (W)-

15 La turbina de agua (W) se instala en una parte intermedia la tubería (1), y es un ejemplo de la máquina hidráulica de la presente invención. En este ejemplo, la turbina de agua (W) incluye un impulsor y una carcasa (ninguno de los cuales se muestra). Se utiliza un impulsor de una bomba de voluta como impulsor de la turbina de agua. Un eje (19) está fijado al centro del impulsor. La turbina de agua (W) se configura de tal manera que se haga girar al impulsor al recibir una presión de un flujo de agua desde una entrada de fluido (no mostrada) formada en la carcasa, y por consiguiente, se hace girar al eje (19). El fluido que ha entrado en la turbina de agua (W) se descarga a través de una salida de fluido (no mostrada) formada en la carcasa.

-Generador (G)-

El generador (G) se acopla al eje (19) de la turbina de agua (W), y genera potencia eléctrica cuando se acciona en rotación. En este ejemplo, el generador (G) incluye un rotor interior de imanes permanentes y un estator con bobinas (ninguno de las cuales se muestra).

25 -Sistema de tuberías-

La tubería (1) se conecta a una tubería de entrada de flujo (11), una tubería de salida de flujo (14), una primera tubería de ramificación (12) y una segunda tubería de ramificación (13). La tubería de esta forma de realización está compuesta por una tubería metálica (por ejemplo, una tubería de hierro fundido dúctil). La tubería de entrada de flujo (11) tiene un extremo de entrada de flujo conectado al depósito de almacenamiento (2). La tubería de salida de flujo (14) tiene un extremo de salida de flujo conectado al depósito de recepción de agua (3). La primera tubería de ramificación (12) y la segunda tubería de ramificación (13) se conectan en paralelo entre sí entre la tubería de entrada de flujo (11) y la tubería de salida de flujo (14). La primera tubería de ramificación (12) forma un canal que está más cerca de la turbina de agua (W), y a través del cual fluye el agua para accionar la turbina de agua (W). La segunda tubería de ramificación (13) forma un canal de derivación que baipasea la turbina de agua (W).

35 Un primer caudalímetro (17), una primera válvula accionada por motor (15) y la turbina de agua (W) (concretamente, la entrada de fluido de la turbina de agua (W)) se conectan a la primera tubería de ramificación (12) en este orden en la dirección del flujo. La salida de fluido de la turbina de agua (W) se conecta a la tubería de salida de flujo (14). Un segundo caudalímetro (18) y una segunda válvula accionada por motor (16) se conectan a la segunda tubería de ramificación (13) en este orden en la dirección del flujo.

40 El primer caudalímetro (17) y el segundo caudalímetro (18) se pueden accionar eléctricamente. El primer caudalímetro (17) detecta un caudal de agua que fluye hacia la turbina de agua (W) y emite una señal de detección. El segundo caudalímetro (18) detecta un caudal de agua que fluye a través de la segunda tubería de ramificación (13) y emite una señal de detección.

45 Cada una de la primera válvula accionada por motor (15) y la segunda válvula accionada por motor (16) controla un caudal de un fluido accionando su cuerpo de válvula con un motor eléctrico. La primera válvula accionada por motor (15) entra en un estado cerrado cuando, por ejemplo, se realiza el mantenimiento de la turbina de agua (W) con el fin de evitar que el agua pase a través de la turbina de agua (W) que está en reposo. La primera válvula accionada por motor (15) se abre a un grado de apertura predeterminado (por ejemplo, un valor fijo) cuando el sistema de generación de energía hidroeléctrica (10) está en funcionamiento. La segunda válvula accionada por motor (16) controla el caudal de agua que fluye a través de la segunda tubería de ramificación (13).

50 Obsérvese que la suma del valor detectado del primer caudalímetro (17) y el valor detectado del segundo caudalímetro (18) es el caudal total (QT) del fluido que sale de la tubería (1). El caudal total (QT) es un ejemplo de la "información sobre el fluido que incluye información correlacionada con la cantidad física de fluido que sale de un canal" de la presente invención. El primer caudalímetro (17) y el segundo caudalímetro (18) forman conjuntamente un ejemplo de
55 unidad de adquisición de información del fluido de la presente invención.

-Controlador del generador (20)-

5 El controlador del generador (20) incluye una unidad convertidora CA/CC (21), una unidad de detección de tensión CC (22), una unidad de detección de caudal (23), una unidad de determinación de la orden de caudal (24) y una unidad de control de caudal (25). El controlador del generador (20), junto con el inversor de interconexión del sistema (30), controla la potencia eléctrica a suministrar al sistema de suministro de energía eléctrica (5) manteniendo al mismo tiempo la cantidad física de un fluido (en este caso, el caudal total (QT) de la tubería (1)) en un valor deseado.

La unidad convertidora CA/CC (21) incluye varios elementos de conmutación, y conmuta la potencia eléctrica (energía CA) generada por el generador (G) para convertir la energía CA en energía CC. La energía CC se suaviza mediante un condensador de suavizado (no mostrado) y se suministra al inversor de interconexión del sistema (30).

10 La unidad de detección de tensión CC (22) detecta una tensión salida de la unidad convertidora CA/CC (21). Un valor detectado (tensión CC (Vcc)) por la unidad de detección de tensión CC (22) se transmite a la unidad de determinación de la orden de caudal (24). La unidad de detección de caudal (23) lee los valores detectados del primer caudalímetro (17) y del segundo caudalímetro (18), y transmite los valores detectados a la unidad de control de caudal (25) de forma periódica o en respuesta a una solicitud de la unidad de control de caudal (25).

15 La unidad de determinación de la orden de caudal (24) incluye un microordenador y un dispositivo de memoria que almacena un programa para hacer funcionar el microordenador. La unidad de determinación de la orden de caudal (24) determina, a partir del valor objetivo de la potencia eléctrica y del caudal total objetivo (QT*) que es un valor objetivo del caudal total (QT), un valor de la orden del caudal (Q1*) que es un valor objetivo del caudal (Q1) de la turbina de agua (W). Para esta determinación, el valor objetivo de la potencia eléctrica suele ser una potencia nominal que se describirá más adelante. Sin embargo, en el sistema de generación de energía hidroeléctrica (10), el valor objetivo se modifica en función del valor detectado de la unidad de detección de tensión CC (22), según se describirá más adelante en detalle. El valor de la orden del caudal (Q1*) se puede crear utilizando, por ejemplo, una función o un mapa característico (M), la función y el mapa característico (M) que se definen en el programa de antemano. El mapa característico (M) se describirá más adelante.

25 La unidad de control de caudal (25) se compone de un microordenador y un dispositivo de memoria que almacena un programa para hacer funcionar el microordenador. El microordenador y el dispositivo de memoria se pueden utilizar comúnmente como los que forman la unidad de determinación de la orden de caudal (24), o se pueden proporcionar por separado. La unidad de control de caudal (25) controla la potencia eléctrica a generar por el generador (G) mediante el control de la conmutación en la unidad convertidora CA/CC (21). En concreto, la unidad de control de caudal (25) controla la potencia eléctrica a generar (tensión de salida) el generador (G) realizando un control por retroalimentación de acuerdo con una diferencia entre el valor de la orden del caudal (Q1*) y el caudal actual (Q1).

30 Además, la unidad de control de caudal (25) también controla el caudal total (QT) en la tubería (1). En este ejemplo, la unidad de control de caudal (25) controla el grado de apertura de la segunda válvula accionada por motor (16) de modo que un caudal que tiene una cantidad correspondiente a una diferencia entre el valor objetivo (en lo sucesivo en la presente memoria, denominado "caudal total objetivo (QT*)") del caudal total (QT) de la tubería (1) y el caudal actual (Q1) entra en la segunda tubería de ramificación (13).

-Inversor de interconexión del sistema (30)-

El inversor de interconexión del sistema (30) incluye una unidad inversora (31), una unidad de detección de tensión CA (32) y una unidad de determinación del aumento de tensión (33).

40 La unidad inversora (31) incluye varios elementos de conmutación, recibe una energía CC del controlador del generador (20), y conmuta la energía CC con el fin de convertir la energía CC en energía CA. La energía CA convertida por la unidad inversora (31) se suministra (fluyendo en sentido inverso) hacia el sistema de suministro de energía eléctrica (5). La unidad inversora (31) controla la potencia eléctrica que fluye en sentido inverso hacia el sistema de suministro de energía eléctrica (5) mediante el control de la conmutación.

45 La unidad de detección de tensión CA (32) adquiere información del sistema de suministro de energía eléctrica que incluye la potencia eléctrica aceptable para el sistema de suministro de energía eléctrica (5) o información correlacionada con la potencia eléctrica. En otras palabras, la unidad de detección de tensión CA (32) es un ejemplo de la unidad de adquisición de información de potencia eléctrica de la presente invención. En concreto, la unidad de detección de tensión CA (32) detecta, como información sobre la oferta y la demanda de energía, un valor de tensión (valor de tensión CA (Vac)) de la línea de distribución del sistema de suministro de energía eléctrica (5). El valor de tensión CA (Vac) se transmite a la unidad de determinación del aumento de tensión (33).

55 La unidad de determinación del aumento de tensión (33) compara el valor de tensión CA (Vac) detectado por la unidad de detección de tensión CA (32) con un primer umbral predeterminado (Th1), y emite el resultado de la comparación a la unidad inversora (31). Obsérvese que, por ejemplo, el primer umbral (Th1) se puede determinar teniendo en cuenta, por ejemplo, la normativa legal. Por ejemplo, existe un ejemplo en el que, con respecto a una fuente de alimentación comercial (5) que suministra una corriente alterna de 100 V, se estipula legalmente que una tensión en la línea de distribución se debe mantener dentro de un rango de 95 V a 107 V, y que si la tensión es susceptible de

superar el límite superior del rango, un vendedor de electricidad está obligado a reducir el suministro de energía (flujo de corriente inversa). En este ejemplo, el rango de 95 V a 107 V corresponde al rango de regulación de la tensión (V_r), y el primer umbral (Th_1) se puede ajustar convenientemente a un valor de tensión ligeramente inferior de 107 V, que es el límite superior del rango de regulación de la tensión (V_r).

5 <Control de la potencia eléctrica (tensión CA) y del caudal>

El grado de apertura de la primera válvula accionada por motor (15) es fijo cuando el sistema de generación de energía hidroeléctrica (10) está en funcionamiento. Por el contrario, el grado de apertura de la segunda válvula accionada por motor (16) se puede variar mediante el controlador del generador (20). En este sistema de generación de energía hidroeléctrica (10), cuando se acciona la segunda válvula accionada por motor (16), se cambia el punto de funcionamiento de la turbina de agua (W). Este cambio del punto de funcionamiento de la turbina de agua (W) conduce a un cambio en el caudal (Q_2) de la segunda tubería de ramificación (13). Por consiguiente, es necesario que el sistema de generación de energía hidroeléctrica (10) realice un control cooperativo de la turbina de agua (W) y de la segunda válvula accionada por motor (16), es decir, que realice el control teniendo en cuenta al mismo tiempo tanto la potencia eléctrica a generar (el estado de la turbina de agua (W)) como el estado de la segunda válvula accionada por motor (16).

La FIG. 3 es un diagrama de flujo del control de la potencia eléctrica y del caudal realizado por el sistema de generación de energía hidroeléctrica (10). En la etapa (S01) mostrada en el diagrama de flujo, la unidad de control de caudal (25) controla la conmutación de la unidad convertidora CA/CC (21) de modo que la potencia eléctrica a generar por el generador (G) sea igual al valor objetivo, y controla el grado de apertura de la segunda válvula accionada por motor (16) para que el caudal total (QT) de la tubería (1) sea igual al caudal total objetivo (QT^*). En concreto, en esta forma de realización, en un estado en el que el grado de apertura de la primera válvula accionada por motor (15) se establece en un valor fijo, la unidad de control de caudal (25) controla la conmutación de la unidad convertidora CA/CC (21) mediante, por ejemplo, el control por retroalimentación, de tal manera que el caudal (Q_1) de la turbina de agua (W) sea igual al valor de la orden del caudal (Q_1^*). Por lo tanto, la salida del generador (G) converge al valor objetivo de la potencia eléctrica a generar.

A continuación, cuando el caudal total objetivo (QT^*) difiere del caudal total actual (QT) en este estado de generación de energía, la unidad de control de caudal (25) ajusta el grado de apertura de la segunda válvula accionada por motor (16). En este momento, la unidad de control de caudal (25) ajusta el grado de apertura de la segunda válvula accionada por motor (16) comparando al mismo tiempo el valor detectado del segundo caudalímetro (18) transmitido desde la unidad de detección de caudal (23) con el valor objetivo del caudal (Q_2) (es decir, la diferencia entre el caudal total objetivo (QT^*) y el caudal (Q_1)). Este ajuste del grado de apertura se puede realizar, por ejemplo, mediante un control por retroalimentación. Obsérvese que el ajuste del caudal total objetivo (QT^*) no está limitado. Por ejemplo, se puede considerar ajustar el caudal total objetivo (QT^*) a un caudal total requerido por el administrador de la planta hidráulica (4). El caudal total objetivo (QT^*) puede ser un valor fijo o puede variar, por ejemplo, de acuerdo con las zonas horarias.

En la etapa (S02), la unidad de detección de tensión CA (32) detecta un valor de tensión CA (V_{ac}). En otras palabras, en esta forma de realización, la información sobre la oferta y la demanda de energía se adquiere basándose en el valor de tensión CA (V_{ac}) de la línea de distribución. En la etapa (S03), la unidad de determinación del aumento de tensión (33) compara el valor de tensión CA (V_{ac}) con el primer umbral (Th_1). El resultado de la comparación realizada por la unidad de determinación del aumento de tensión (33) se envía a la unidad inversora (31).

Si el resultado de la comparación en la etapa (S03) indica que el valor de la tensión CA (V_{ac}) es mayor que el primer umbral (Th_1), la unidad inversora (31) realiza el proceso de la etapa (S04). En esta etapa (S04), la unidad inversora (31) controla la conmutación para reducir la potencia eléctrica (tensión) que fluye en sentido inverso, y enciende un interruptor (SW) conectado a la resistencia regenerativa (40). Esto hace que la resistencia regenerativa (40) consuma parte o la totalidad de la salida de potencia CC producida por la unidad convertidora CA/CC (21). Esta operación se denomina como "funcionamiento de reducción de al menos una de la potencia eléctrica generada o de la potencia eléctrica a generar". En otras palabras, la resistencia regenerativa (40) es un ejemplo de la unidad de consumo de energía de la presente invención.

Por otra parte, en la etapa (S05), la unidad de detección de tensión CC (22) detecta una tensión CC (V_{cc}) de la unidad convertidora CA/CC (21). En la Etapa (S06), la unidad de determinación de la orden de caudal (24) compara la tensión CC (V_{cc}) con un segundo umbral predeterminado (Th_2). Cuando se reduce la potencia eléctrica (tensión) que fluye en sentido inverso en la Etapa (S04), la tensión CC (V_{cc}) puede aumentar. Si el resultado de la comparación por parte de la unidad de determinación de la orden de caudal (24) indica que la tensión CC (V_{cc}) es mayor que el segundo umbral (Th_2), el proceso continúa a la Etapa (S07). En la Etapa (S07), la unidad de determinación de la orden de caudal (24) cambia el valor objetivo (reduce el valor objetivo) de la potencia generada, y cambia el valor de la orden del caudal (Q_1^*) (reduce el valor objetivo) basándose en el valor objetivo modificado de la potencia eléctrica a generar. La unidad de determinación de la orden de caudal (24) ordena a la unidad de control de caudal (25) que realice el funcionamiento de reducción de al menos una de la potencia eléctrica generada o de la potencia eléctrica a generar.

Cuando se completa la Etapa (S07), el proceso en el controlador del generador (20) continúa a la Etapa (S01). En este caso, la Etapa (S01) se puede considerar como una parte del funcionamiento de reducción de al menos una de

la potencia eléctrica generada o de la potencia eléctrica a generar. En la etapa (S01), según se describió anteriormente, la conmutación de la unidad convertora CA/CC (21) se controla en función del valor de la orden del caudal (Q1*).

5 Cuando el proceso pasa de la Etapa (S07) a la Etapa (S01), el valor de la orden del caudal (Q1*) se ha modificado, y el caudal (Q1) de la turbina de agua (W) disminuye. Como resultado, la potencia eléctrica generada o a generar por el generador (G) disminuye, y la tensión de la línea de distribución cae dentro del rango de regulación de tensión (Vr). Por otra parte, el grado de apertura de la segunda válvula accionada por motor (16) se controla mediante la unidad de control de caudal (25), y el caudal total (QT) de la tubería (1) converge al caudal total objetivo (QT*). Es decir, esta forma de realización permite mantener el caudal total (QT) en el caudal total objetivo (QT*) controlando al mismo tiempo la potencia eléctrica (tensión la línea de distribución) que fluye en sentido inverso a un valor deseado.

10 Según se puede ver, después de que la energía de salida de la unidad convertora CA/CC (21) se reduzca, el interruptor (SW) se apaga, y se provoca que la resistencia regenerativa (40) deje de consumir la potencia eléctrica. Obsérvese que la resistencia regenerativa (40) absorbe potencia eléctrica durante un período que va desde el inicio de un funcionamiento de reducción de energía por parte de la unidad inversora (31) hasta el inicio de un funcionamiento de reducción de energía por parte de la unidad convertora CA/CC (21), y la capacidad de la resistencia regenerativa (40) se debe ajustar con el fin de poder absorber la potencia eléctrica adicional en este período de tiempo.

15 Si el resultado de la comparación en la Etapa (S03) indica que el valor de la tensión CA (Vac) es igual o menor que el primer umbral (Th1), o si el resultado de la comparación en la Etapa (S06) indica que la tensión CC (Vcc) es igual o menor que el segundo umbral (Th2), el proceso continúa a la etapa (S08). En la Etapa (S08), si el funcionamiento de reducción de al menos una de la potencia eléctrica generada o de la potencia eléctrica a generar se está llevando a cabo actualmente, el interruptor (SW) se apaga, y se provoca que la resistencia regenerativa (40) deje de consumir la potencia eléctrica. Además, la unidad de determinación de la orden de caudal (24) corrige el valor de la orden del caudal (Q1*) con el fin de devolver la potencia eléctrica reducida al nivel original. En concreto, la unidad de determinación de la orden de caudal (24) hace que el valor de la orden del caudal (Q1*) vuelva al valor original (un valor en el momento de la energía nominal) de modo que el generador (G) proporcione la potencia nominal. En respuesta a esto, la unidad de control de caudal (25) controla la unidad convertora CA/CC (21) (Etapa (S01)). Además, la unidad inversora (31) también realiza la conmutación de acuerdo con la energía nominal del generador (G), de modo que la unidad inversora (31) proporciona una potencia nominal (Etapa(S01)). De esta manera, se lleva a cabo el funcionamiento normal.

20 En el ejemplo descrito anteriormente, la Etapa (S04) va seguida de la Etapa (S05) y el proceso posterior. Sin embargo, el tratamiento desde la Etapa (S02) hasta la Etapa (S04) (es decir, el tratamiento realizado principalmente por el inversor de interconexión del sistema (30)) y el tratamiento desde la Etapa (S05) hasta la Etapa (S07) (tratamiento realizado principalmente mediante el controlador del generador (20)) se pueden realizar en paralelo.

<Ventajas de la forma de realización>

35 Según se describió anteriormente, el sistema de generación de energía hidroeléctrica (10) de esta forma de realización permite controlar la potencia eléctrica (la tensión la línea de distribución) manteniendo al mismo tiempo la cantidad física de fluido (en este caso, el caudal total (QT)) en un valor deseado.

«Variación de la primera forma de realización»

40 En el sistema de generación de energía hidroeléctrica (10), el control de la potencia eléctrica (tensión CA) y del caudal se puede realizar utilizando el diagrama de flujo mostrado en la FIG. 4. Además, en esta variante que no pertenece a la invención, el grado de apertura de la primera válvula accionada por motor (15) se fija cuando el sistema de generación de energía hidroeléctrica (10) está en funcionamiento. El grado de apertura de la segunda válvula accionada por motor (16) se varía mediante el controlador del generador (20).

45 En la etapa (S01) mostrada en el diagrama de flujo de la FIG. 4, la unidad de control de caudal (25) controla la conmutación de la unidad convertora CA/CC (21) de modo que la potencia eléctrica generada por el generador (G) sea igual al valor objetivo, y controla el grado de apertura de la segunda válvula accionada por motor (16) de modo que el caudal total (QT) de la tubería (1) sea igual al caudal total objetivo (QT*). En concreto, en esta forma de realización, en un estado en el que el grado de apertura de la primera válvula accionada por motor (15) se establece en un valor fijo, la unidad de control de caudal (25) controla la conmutación de la unidad convertora CA/CC (21) mediante, por ejemplo, un control por retroalimentación, de tal manera que el caudal (Q1) de la turbina de agua (W) sea igual al valor de la orden del caudal (Q1*). Por lo tanto, la salida del generador (G) converge a la potencia eléctrica a generar.

55 A continuación, cuando el caudal total objetivo (QT*) difiere del caudal total actual (QT) en este estado de generación de energía, la unidad de control de caudal (25) ajusta el grado de apertura de la segunda válvula accionada por motor (16). En este momento, la unidad de control de caudal (25) ajusta el grado de apertura de la segunda válvula accionada por motor (16) comparando al mismo tiempo el valor detectado del segundo caudalímetro (18) transmitido desde la unidad de detección de caudal (23) con el valor objetivo del caudal (Q2) (es decir, la diferencia entre el caudal total objetivo (QT*) y el caudal (Q1)). Este ajuste del grado de apertura se puede realizar, por ejemplo, mediante un control por retroalimentación. Obsérvese que el ajuste del caudal total objetivo (QT*) no está limitado. Por ejemplo, se puede

considerar ajustar el caudal total objetivo (QT*) a un caudal total requerido por el administrador de la planta hidráulica (4). El caudal total objetivo (QT*) puede ser un valor fijo o puede variar, por ejemplo, de acuerdo con las zonas horarias.

5 En la etapa (S02), la unidad de detección de tensión CA (32) detecta un valor de tensión CA (Vac). En otras palabras, en esta forma de realización no perteneciente a la invención, la información sobre la oferta y la demanda de energía se adquiere basándose en el valor de tensión CA (Vac) de la línea de distribución. En la etapa (S03), la unidad de determinación del aumento de tensión (33) compara el valor de tensión CA (Vac) con el primer umbral (Th1). El resultado de la comparación realizada por la unidad de determinación del aumento de tensión (33) se envía a la unidad inversora (31).

10 Si el resultado de la comparación en la etapa (S03) indica que el valor de la tensión CA (Vac) es mayor que el primer umbral (Th1), la unidad inversora (31) realiza el proceso de la etapa (S04). En esta etapa (S04), la unidad inversora (31) controla la conmutación para reducir la potencia eléctrica (tensión) que fluye en sentido inverso. Esta operación se denomina como "funcionamiento de reducción de al menos una de la potencia eléctrica generada o de la potencia eléctrica a generar".

15 Por otra parte, en la etapa (S05), la unidad de detección de tensión CC (22) detecta una tensión CC (Vcc) de la unidad convertora CA/CC (21). En la Etapa (S06), la unidad de determinación de la orden de caudal (24) compara la tensión CC (Vcc) con un segundo umbral predeterminado (Th2). Cuando se reduce la potencia eléctrica (tensión) que fluye en sentido inverso en la Etapa (S04), la tensión CC (Vcc) puede aumentar. Si el resultado de la comparación por parte de la unidad de determinación de la orden de caudal (24) indica que la tensión CC (Vcc) es mayor que el segundo umbral (Th2), el proceso continúa a la Etapa (S07). En la Etapa (S07) de esta variación, el encendido del interruptor (SW) conectado a la resistencia regenerativa (40) hace que una parte o la totalidad de la salida de potencia CC de la unidad convertora CA/CC (21) sea consumida por la resistencia regenerativa (40). En la etapa (S07), la unidad de determinación de la orden de caudal (24) cambia el valor objetivo (reduce el valor objetivo) de la potencia eléctrica a generar, y cambia (reduce el valor objetivo) el valor de la orden del caudal (Q1*) basándose en el valor objetivo modificado de la potencia generada. La unidad de determinación de la orden de caudal (24) ordena a la unidad de control de caudal (25) que realice el funcionamiento de reducción de al menos una de la potencia eléctrica generada o de la potencia eléctrica a generar.

20

25

30 Cuando se completa la Etapa (S07), el proceso en el controlador del generador (20) continúa a la Etapa (S01). En este caso, la Etapa (S01) se puede considerar como una parte del funcionamiento de reducción de al menos una de la potencia eléctrica generada o de la potencia eléctrica a generar. En la etapa (S01), como se describió anteriormente, la conmutación de la unidad convertora CA/CC (21) se controla en función del valor de la orden del caudal (Q1*).

35 Cuando el proceso pasa de la Etapa (S07) a la Etapa (S01), el valor de la orden del caudal (Q1*) se ha modificado, y el caudal (Q1) de la turbina de agua (W) disminuye. Como resultado, la potencia eléctrica generada o a generar por el generador (G) disminuye, y la tensión de la línea de distribución cae dentro del rango de regulación de tensión (Vr). Por otra parte, el grado de apertura de la segunda válvula accionada por motor (16) se controla mediante la unidad de control del caudal (25), y el caudal total (QT) de la tubería (1) converge al caudal total objetivo (QT*). Es decir, esta forma de realización permite mantener el caudal total (QT) en el caudal total objetivo (QT*) controlando al mismo tiempo la potencia eléctrica (tensión la línea de distribución) que fluye en sentido inverso a un valor deseado.

40 Si el resultado de la comparación en la Etapa (S06) indica que la tensión CC (Vcc) es igual o menor que el segundo umbral (Th2), el proceso continúa a la Etapa (S08). En la Etapa (S08), el interruptor (SW) se apaga, y se provoca que la resistencia regenerativa (40) deje de consumir la potencia eléctrica. La resistencia regenerativa (40) absorbe la potencia eléctrica durante un período en el que la tensión CC (Vcc) es mayor que el segundo umbral (Th2), y la resistencia regenerativa (40) necesita tener una capacidad para absorber la potencia adicional en el período de tiempo.

45 En la etapa (S08), si el funcionamiento de reducción de al menos una de la potencia eléctrica generada o de la potencia eléctrica a generar se está llevando a cabo actualmente, la unidad de determinación de la orden de caudal (24) corrige el valor de la orden del caudal (Q1*) de forma que la energía reducida vuelva al nivel original. En concreto, la unidad de determinación de la orden de caudal (24) hace que el valor de la orden del caudal (Q1*) vuelva al valor original (un valor en el momento de la potencia nominal) de modo que el generador (G) proporcione la potencia nominal. En respuesta a esto, la unidad de control de caudal (25) controla la unidad convertora CA/CC (21) (Etapa (S01)). Además, la unidad inversora (31) también realiza la conmutación en función de la potencia nominal del generador (G), de modo que la unidad inversora (31) proporciona una potencia nominal (Etapa (S01)). De esta manera, se lleva a cabo el funcionamiento normal.

50

Si el resultado de la comparación en la etapa (S03) indica que el valor de la tensión CA (Vac) es igual o menor que el primer umbral (Th1), el proceso continúa a la Etapa (S09). En la Etapa (S09), si el inversor de interconexión del sistema (30) está llevando a cabo actualmente el funcionamiento de reducción de al menos una de la potencia eléctrica

generada o de la potencia eléctrica a generar, el inversor de interconexión del sistema (30) vuelve a un funcionamiento nominal y, a continuación, el proceso continúa a la etapa (S05).

<Ventajas de la variación>

5 Según se describió anteriormente, el sistema de generación de energía hidroeléctrica (10) de esta variante también permite controlar la potencia eléctrica (la tensión la línea de distribución) manteniendo al mismo tiempo la cantidad física de fluido (en este caso, el caudal total (QT)) en un valor deseado.

«Segunda forma de realización»

10 En una segunda forma de realización de la presente invención, se describirá un ejemplo diferente del funcionamiento de reducción de al menos una de la potencia eléctrica generada o de la potencia eléctrica a generar. Esta forma de realización difiere de la primera forma de realización en las configuraciones del controlador del generador (20) y del inversor de interconexión del sistema (30). Además, en este ejemplo, no se proporciona ni la resistencia regenerativa (40) ni el interruptor (SW). La descripción que sigue a continuación se centrará principalmente en las diferencias entre esta forma de realización y la primera forma de realización.

-Controlador del generador (20)-

15 La FIG. 5 es un diagrama de bloques que ilustra el controlador del generador (20) y el inversor de interconexión del sistema (30) de acuerdo con la segunda forma de realización de la presente invención. Según se ilustra en la FIG. 5, el controlador del generador (20) incluye una unidad convertora CA/CC (21), una unidad de detección de caudal (23), una unidad de determinación de la orden de caudal (24), una unidad de control de caudal (25), una unidad de detección de tensión CA (32) y una unidad de determinación del aumento de tensión (33). Es decir, el controlador del generador
20 (20) de esta forma de realización incluye la unidad de detección de tensión CA (32) y la unidad de determinación del aumento de tensión (33), que se incluyen en el inversor de interconexión del sistema (30) en la primera forma de realización.

25 Como consecuencia de este cambio, el resultado de la comparación realizada mediante la unidad de determinación del aumento de tensión (33) se transmite a la unidad de determinación de la orden de caudal (24). La unidad de determinación de la orden de caudal (24) crea un nuevo valor de la orden del caudal ($Q1^*$) de acuerdo con el resultado de la comparación transmitido desde la unidad de determinación del aumento de tensión (33). El valor de la orden del caudal ($Q1^*$) se puede crear utilizando, por ejemplo, una función o un mapa característico (M), la función y el mapa característico (M) definidos en el programa de antemano. El mapa característico (M) se describirá más adelante. Las funciones de los demás componentes que forman el controlador del generador (20) son las mismas que las de la
30 primera forma de realización.

<Inversor de interconexión del sistema (30)>

Según se ilustra en la FIG. 5, el inversor de interconexión del sistema (30) incluye una unidad inversora (31). La unidad inversora (31) tiene la misma configuración que la de la primera forma de realización.

<Control de la potencia eléctrica (tensión CA) y del caudal>

35 La FIG. 6 es un diagrama de flujo del control de la potencia eléctrica y del caudal realizado por el sistema de generación de energía hidroeléctrica (10) de acuerdo con la segunda forma de realización. En la etapa (S11) mostrada en este diagrama de flujo, la unidad de control de caudal (25) controla la conmutación de la unidad convertora CA/CC (21) de modo que la potencia eléctrica a generar por el generador (G) sea igual al valor objetivo, y controla el grado de apertura de la segunda válvula accionada por motor (16) de modo que el caudal total (QT) de la tubería (1) sea igual al caudal total objetivo (QT^*). En otras palabras, el control en la etapa (S11) es el mismo que en la etapa (S01) de la primera
40 forma de realización.

45 En la etapa (S12), la unidad de detección de tensión CA (32) detecta un valor de tensión CA (Vac). Por lo tanto, en esta forma de realización, el controlador del generador (20) detecta el valor de tensión CA (Vac). En la Etapa (S13), la unidad de determinación del aumento de tensión (33) compara el valor de la tensión CA (Vac) con el primer umbral (Th1). El resultado de la comparación realizada por la unidad de determinación del aumento de tensión (33) se envía a la unidad de determinación de la orden de caudal (24).

50 Si el resultado de la comparación en la Etapa (S13) indica que el valor de la tensión CA (Vac) es mayor que el primer umbral (Th1), el proceso continúa a la Etapa (S14). En esta Etapa (S14), la unidad de control de caudal (25) controla la conmutación de la unidad convertora CA/CC (21) para reducir la potencia eléctrica (tensión) que fluye en sentido inverso. Esta operación se denomina como "funcionamiento de reducción de al menos una de la potencia eléctrica generada o de la potencia eléctrica a generar". En concreto, en la Etapa (S14), la unidad de determinación de la orden de caudal (24) crea un nuevo valor de la orden del caudal ($Q1^*$) de acuerdo con una diferencia entre el valor de la tensión CA (Vac) y el valor objetivo de la misma, y transmite el nuevo valor de la orden del caudal ($Q1^*$) a la unidad

de control de caudal (25). En este caso, el valor de la orden del caudal ($Q1^*$) se reducirá. Para crear el valor de la orden del caudal ($Q1^*$) se puede emplear el mismo método que en la primera forma de realización.

- 5 Cuando se completa la Etapa (S14), el proceso del controlador del generador (20) continua a la Etapa (S11). En este caso, la Etapa (S11) se puede considerar como una parte del funcionamiento de reducción de al menos una de la potencia eléctrica generada o de la potencia eléctrica a generar. En la etapa (S11), como se describió anteriormente, la conmutación de la unidad convertora CA/CC (21) se controla en función del valor de la orden del caudal ($Q1^*$). Cuando el proceso pasa de la etapa (S14) a la etapa (S11), el valor de la orden del caudal ($Q1^*$) se ha modificado, y se varían un valor de par (T) y una velocidad de rotación (N) de la turbina de agua (W) para hacer que el caudal (Q1) disminuya. Como resultado, la potencia eléctrica generada o a generar por el generador (G) disminuye, y la tensión de la línea de distribución cae dentro del rango de regulación de tensión (V_r). Por otra parte, el grado de apertura de la segunda válvula accionada por motor (16) se controla mediante la unidad de control del caudal (25), y el caudal total (QT) de la tubería (1) converge al caudal total objetivo (QT^*). Es decir, esta forma de realización permite mantener el caudal total (QT) en el caudal total objetivo (QT^*) controlando al mismo tiempo la potencia eléctrica (tensión de la línea de distribución) que fluye en sentido inverso a un valor deseado.
- 10 Si el resultado de la comparación en la etapa (S13) indica que el valor de la tensión AC (V_{ac}) es igual o menor que el primer umbral ($Th1$), el proceso continúa a la Etapa (S15). El proceso en la Etapa (S15) es el mismo que en la Etapa (S05) de la primera forma de realización. La unidad de determinación de la orden de caudal (24) corrige el valor de la orden del caudal ($Q1^*$) con el fin de devolver la energía reducida al nivel original. En concreto, la unidad de determinación de la orden de caudal (24) hace que el valor de la orden del caudal ($Q1^*$) vuelva al valor original (un valor en el momento de la potencia nominal) de modo que el generador (G) proporcione la potencia nominal. En respuesta a esto, la unidad de control de caudal (25) controla la unidad convertora CA/CC (21). Además, la unidad inversora (31) también realiza la conmutación de acuerdo con la potencia nominal del generador (G), de modo que la unidad inversora (31) proporcione la potencia nominal.
- 15
- 20

<Ventajas de la forma de realización>

- 25 Según se describió anteriormente, el sistema de generación de energía hidroeléctrica (10) de esta forma de realización también permite controlar la potencia eléctrica (la tensión la línea de distribución) manteniendo al mismo tiempo la cantidad física de fluido (en este caso, el caudal total (QT)) en un valor deseado.

Además, en esta forma de realización, cuando se necesita reducir la potencia eléctrica, la salida de la unidad convertora CA/CC (21) se reduce antes de la reducción de la potencia eléctrica de la unidad inversora (31). Esta característica elimina la necesidad de la resistencia regenerativa (40), y por lo tanto reduce el tamaño del sistema de generación de energía hidroeléctrica (10).

30

«Tercera forma de realización»

En una tercera forma de realización que no pertenece a la presente invención, se describe un ejemplo del control en el que

- 35 no se utilizan ni el primer caudalímetro (17) ni el segundo caudalímetro (18). Para realizar este control, el dispositivo de memoria de la unidad de control de caudal (25) de esta forma de realización almacena un mapa característico (M) (véase la FIG. 7). Este mapa característico (M) es un mapa H-Q cuyo eje vertical representa una carga hidráulica efectiva (H) de una tubería (1) y cuyo eje horizontal representa un caudal (es decir, el caudal total (QT)) de un fluido que sale de la tubería (1). En el mapa característico (M) se registran las características que se pueden detectar en el generador (G) y que se correlacionan con el caudal ($Q1$) de la turbina de agua (W) y la carga hidráulica efectiva (H). En este ejemplo, una característica que se correlaciona con el caudal ($Q1$) y la carga hidráulica efectiva (H) incluye un valor de par (T), una velocidad de rotación (N) y una potencia eléctrica generada (P) del generador (G). Más concretamente, el mapa característico (M) de esta forma de realización es el mapa H-Q en el que se registran varias curvas de par iguales y varias curvas de velocidad de rotación iguales. El mapa característico (M) se almacena en un dispositivo de memoria que forma la unidad de control de caudal (25), en forma de una tabla (tabla numérica) y una expresión matemática (función) en un programa.
- 40
- 45

En el mapa característico (M), una región comprendida entre una curva de velocidad sin restricciones en el caso de que no se aplique ninguna carga al generador (G) y el valor del par sea cero ($T = 0$) y una curva de igual velocidad de rotación en el caso de que el valor de la velocidad de rotación sea cero ($N = 0$) es una región de la turbina hidráulica (región de funcionamiento) en la que se hace girar la turbina hidráulica (W) mediante el flujo de agua. En este caso, la curva de igual velocidad de rotación en el momento en que $N = 0$ se denomina como curva límite de funcionamiento. El generador (G) funciona básicamente cuando es impulsado en rotación por la turbina de agua (W) dentro de la región de la turbina de agua. La región a la izquierda de la curva de velocidad sin restricciones es una región de freno de la turbina de agua (región de funcionamiento de potencia).

50

55 En la región de la turbina de agua, las varias curvas de igual par se extienden a lo largo de la curva de velocidad sin restricciones ($T = 0$), y el valor del par también aumenta de acuerdo con un aumento del caudal ($Q1$) en el mapa. Las varias curvas de igual velocidad de rotación se extienden a lo largo de la curva de igual velocidad de rotación en el caso en que el valor de la velocidad de rotación sea cero ($N = 0$), y la velocidad de rotación aumenta con un aumento

de la carga hidráulica efectiva (H). Además, las curvas de igual potencia generada indicadas por las líneas discontinuas son convexas hacia abajo, y la potencia generada también aumenta con un incremento de la carga hidráulica efectiva (H) y del caudal (Q1). Una curva (E) que conecta juntos los vértices de las varias curvas de igual potencia generada es una curva de potencia eléctrica generada máxima a lo largo de la cual el generador (G) obtiene la máxima potencia eléctrica generada. El mapa característico (M), es decir, el mapa H-Q en el que se registran el valor del par (T), la velocidad de rotación (N) y la potencia generada (P) del generador (G), es independiente de la tubería (1) a la que se conecte el sistema de generación de energía hidroeléctrica (10), y es exclusivo para el sistema de generación de energía hidroeléctrica (10).

Una curva de pérdidas del sistema (S), de la tubería (1), que se han medido en un funcionamiento real se registra entonces en el mapa característico (M). La curva de pérdidas del sistema (S) se almacena también en el dispositivo de memoria que forma la unidad de control de caudal (25), en forma de tabla (tabla numérica) y de una expresión matemática (función) en un programa.

La curva de pérdidas del sistema (S) es una línea característica de la resistencia al flujo que es exclusiva para la tubería (1) mostrada en la FIG. 1. La carga hidráulica efectiva (H) en el momento en que el caudal total (QT) es cero es una carga hidráulica total (Ho). La carga hidráulica efectiva (H) disminuye en forma de curva cuadrática de acuerdo con un aumento del caudal total (QT), y la curvatura de la misma tiene un valor exclusivo para la tubería (1) mostrada en la FIG. 1. El caudal total (QT) en la tubería (1) que incluye el sistema de generación de energía hidroeléctrica (10) y la carga hidráulica efectiva (H) corresponden en este caso a un punto en la curva de pérdidas del sistema (S). Por ejemplo, si la segunda válvula accionada por motor (16) está totalmente cerrada y se suministra agua sólo a la turbina de agua (W), el caudal en la turbina de agua (W) corresponde al caudal total (QT) de la tubería (1) que incluye el sistema de generación de energía hidroeléctrica (10), y el punto correspondiente al caudal (Q1) y a la carga hidráulica efectiva (H) de la turbina de agua (W) en ese momento se encuentra en la curva de pérdidas del sistema (S). En otras palabras, el punto de funcionamiento de la turbina hidráulica (W) se encuentra en la curva de pérdidas del sistema (S).

Si se suministra un fluido (agua) tanto a la turbina hidráulica (W) como a la segunda tubería de ramificación (13), el valor total del caudal en la turbina hidráulica (W) y el caudal en la segunda tubería de ramificación (13) corresponden al caudal total (QT) de la tubería (1) que incluye el sistema de generación de energía hidroeléctrica (10). El caudal total (QT) y la carga hidráulica efectiva (H) en ese momento corresponden a un punto de la curva de pérdidas del sistema (S), mientras que el punto de funcionamiento de la turbina hidráulica (W) no se encuentra en la curva de pérdidas del sistema (S).

Por ejemplo, si se conoce la velocidad de rotación (N) del generador (G) y el valor del par actual (T), se puede encontrar el punto de funcionamiento de la turbina de agua (W) utilizando el mapa característico (M), de modo que se puede encontrar el caudal actual (Q1) en la turbina de agua (W). En consecuencia, es posible conocer el caudal total (QT) y el caudal (Q2) de la segunda tubería de ramificación (13).

A continuación, se describe este enfoque en concreto con referencia a la FIG. 7. El punto de funcionamiento actual es la intersección de una curva de la igual velocidad de rotación correspondiente a la velocidad de rotación actual (N) y una curva de igual par correspondiente al valor de par actual (T). Un caudal (Q1a) que es un valor indicado por una marca de escala, en el eje horizontal, correspondiente al punto de funcionamiento es el caudal (Q1) de la turbina de agua (W). Se obtiene un punto de intersección de una línea que pasa por el punto de funcionamiento y es paralela al eje horizontal y la curva de pérdidas del sistema (S). Un caudal (QTa) que es un valor indicado por una marca de escala, en el eje horizontal, correspondiente al punto de intersección es un caudal total (QT) en ese momento. A continuación, el caudal (Q2) de la segunda tubería de ramificación (13) en ese momento viene dado por la expresión: $QTa - Q1a$.

Una vez determinado el valor objetivo de la potencia eléctrica a generar, se puede determinar el punto de funcionamiento de la turbina de agua (W) utilizando el mapa característico (M). Por consiguiente, según se describió anteriormente, se puede determinar un caudal de fluido a suministrar a la turbina de agua (W), y el valor de este caudal se puede utilizar como valor de la orden del caudal (Q1*). Por ejemplo, la intersección de una línea que pasa por un punto de la curva de pérdidas del sistema (S) correspondiente al caudal total actual (QT) (denominado como el caudal (QTa)) y que es paralela al eje horizontal y una línea de igual potencia generada correspondiente al valor objetivo de la potencia eléctrica a generar corresponde a un punto de funcionamiento objetivo (véase la FIG. 7). Una vez determinado el punto de funcionamiento objetivo, el caudal (Q1a), que es un valor indicado por una escala, en el eje horizontal, correspondiente al punto de operación objetivo corresponde a un valor de la orden del caudal (Q1*) para obtener el valor objetivo de la potencia eléctrica a generar.

Obsérvese que, dado que la carga hidráulica efectiva (H) y la diferencia de presión entre un lado aguas arriba y otro aguas abajo de la turbina de agua (W) tienen una relación proporcional, una curva de pérdidas del sistema en la que la diferencia de presión (diferencia de presión efectiva) entre los lados de aguas arriba y aguas abajo de la turbina de agua (W) se toma como eje vertical es equivalente a una curva de pérdidas del sistema (S) en la que la altura efectiva (H) se toma como eje vertical. En otras palabras, se puede utilizar una curva de pérdidas del sistema en la que el eje vertical represente la diferencia de presión entre los lados de aguas arriba y aguas abajo de la turbina de agua (W) y el eje horizontal represente el caudal total (QT).

Además, el punto de funcionamiento del generador (G) se puede determinar, en el mapa característico (M), mediante una combinación de la velocidad de giro (N) y la potencia generada (P), o una combinación del valor del par (T) y la potencia generada (P). Es decir, las características del generador (G) utilizadas en el mapa característico (M) pueden ser convenientemente una característica del generador (G) tal que se correlacione con el caudal (Q1) de la turbina de agua (W) y la carga hidráulica efectiva (H), y tal que se pueda detectar.

La turbina de agua (W) y el generador (G) que forman el sistema de generación de energía hidroeléctrica (10) no se limitan a ningún tipo en particular, siempre que las características del generador (G) (que se puedan detectar) se puedan asociar con el caudal (Q1) de la turbina de agua (W) y la carga hidráulica efectiva (H) de la turbina de agua (W). Por ejemplo, aunque el funcionamiento de la turbina de agua (W) no se pueda variar mediante el generador (G), es posible estimar el caudal (Q1) y la carga hidráulica efectiva (H) como en esta forma de realización

<Ventajas de la forma de realización>

La aplicación de la técnica de estimación del caudal total (QT) descrita en esta forma de realización al sistema de generación de energía hidroeléctrica (10) de la primera forma de realización, la variación de la primera forma de realización o de la segunda forma de realización permite conocer el caudal (Q1) de la turbina de agua (W) y el caudal (Q1) de la segunda tubería de ramificación (13) sin utilizar el primer caudalímetro (17) ni el segundo caudalímetro (18). En otras palabras, esta forma de realización permite el control sin utilizar ni el primer caudalímetro (17) ni el segundo caudalímetro (18), y por lo tanto, permite omitir el primer caudalímetro (17) y el segundo caudalímetro (18). Es decir, en esta forma de realización se pueden reducir los costes del sistema de generación de energía hidroeléctrica (10).

«Cuarta forma de realización»

En una cuarta forma de realización que no pertenece a la presente invención, se describe un ejemplo de sistema de generación de energía hidroeléctrica (10). Este ejemplo es capaz de controlar la potencia eléctrica que fluye en sentido inverso, manteniendo al mismo tiempo la presión del fluido suministrado a través de la tubería (1) (es decir, la cantidad física del fluido, denominada como presión suministrada) en un valor deseado (presión objetivo (P*)). El sistema de generación de energía hidroeléctrica (10) de esta forma de realización se dispone como un dispositivo alternativo de, por ejemplo, una válvula de descompresión proporcionada en las plantas hidráulicas (4), de modo que la energía del fluido que haya sido utilizada se pueda recuperar como potencia eléctrica.

La FIG. 8 ilustra de forma esquemática la configuración general de la tubería (1) que incluye el sistema de generación de energía hidroeléctrica (10) de acuerdo con la cuarta forma de realización. Según se ilustra en la FIG. 8, la tubería (1) de esta forma de realización se conecta a una tubería de entrada de flujo (11) y a una tubería de salida de flujo (14). La tubería de entrada de flujo (11) tiene un extremo de entrada de flujo conectado al depósito de almacenamiento (2). La tubería de salida de flujo (14) tiene un extremo de salida de flujo conectado al depósito de recepción de agua (3).

Un manómetro del lado de entrada (50), una primera válvula accionada por motor (15) y la turbina de agua (W) (en concreto, la entrada de fluido de la turbina de agua (W)) se conectan a la tubería de entrada de flujo (11) en este orden en la dirección del flujo. En otras palabras, la primera válvula accionada por motor (15) se conecta en serie a la turbina de agua (W). Una tubería de salida de flujo (14) se conecta a la salida de fluido de la turbina de agua (W). Un manómetro del lado de salida (51) se conecta a una parte intermedia de la tubería de salida de flujo (14). El manómetro del lado de entrada (50) detecta una presión (P1) de un fluido a suministrar a la turbina de agua (W), y el manómetro del lado de salida (51) detecta una presión (P2) de salida de la turbina de agua (W). El valor detectado por el manómetro del lado de salida (51) corresponde a la presión suministrada. El valor detectado por el manómetro del lado de salida (51) (presión suministrada = presión (P2)) es un ejemplo de la "información del fluido que incluye información correlacionada con la cantidad física del fluido que sale de un canal". El manómetro del lado de salida (51) es un ejemplo de la unidad de adquisición de información del fluido.

La primera válvula accionada por motor (15) controla el caudal de un fluido accionando el cuerpo de la válvula con un motor eléctrico. El grado de apertura de la primera válvula accionada por motor (15) se controla mediante un controlador del generador (20), que se describirá más adelante. Por lo tanto, se controla el caudal del fluido que entra en la turbina de agua (W). Es decir, la primera válvula accionada por motor (15) es un ejemplo de válvula de control de caudal.

La FIG. 9 es un diagrama que ilustra un sistema de suministro de energía eléctrica del sistema de generación de energía hidroeléctrica (10) de acuerdo con la cuarta forma de realización. Según se ilustra en la FIG. 9, el sistema de generación de energía hidroeléctrica (10) incluye un controlador del generador (20) y un inversor de interconexión del sistema (30). La configuración del inversor de interconexión del sistema (30) es la misma que la de la primera forma de realización, mientras que la configuración del controlador del generador (20) difiere de la de la primera forma de realización. En concreto, el controlador del generador (20) de esta forma de realización incluye un detector de presión (26) en lugar de la unidad de detección de caudal (23) de la primera forma de realización, y un controlador de presión (27) en lugar de la unidad de control de caudal (25).

El detector de presión (26) lee los valores de detección del manómetro del lado de entrada (50) y del manómetro del lado de salida (51), y transmite los valores detectados al controlador de presión (27) de forma periódica o en respuesta

a una solicitud del controlador de presión (27). El controlador de presión (27) controla de forma cooperativa el grado de apertura de la primera válvula accionada por motor (15) y la conmutación de una unidad convertora CA/CC (21), como se describirá más adelante, con el fin de controlar la potencia eléctrica que fluye en sentido inverso manteniendo al mismo tiempo la presión suministrada en un valor deseado.

- 5 Además, en esta forma de realización, cuando el valor de la tensión CA (Vac) de la línea de distribución del sistema de suministro de energía eléctrica (5) es probable que supere el límite superior del rango de regulación de la tensión (Vr), el sistema de generación de energía hidroeléctrica (10) lleva a cabo el funcionamiento de reducción de al menos una de la potencia eléctrica generada o de la potencia eléctrica a generar para reducir la potencia eléctrica a suministrar al sistema de suministro de energía eléctrica (5). En concreto, también en esta forma de realización, cuando el valor de la tensión CA (Vac) detectado por la unidad de detección de tensión CA (32) del inversor de interconexión del sistema (30) supera un primer umbral predeterminado (Th1), la potencia eléctrica a suministrar al sistema de suministro de energía eléctrica (5) se reduce mediante el inversor de interconexión del sistema (30). A continuación, cuando la tensión CC (Vcc) supera el segundo umbral predeterminado (Th2) debido a la reducción de la potencia eléctrica causada por el inversor de interconexión del sistema (30), el controlador del generador (20) también lleva a cabo el funcionamiento de reducción de al menos una de la potencia eléctrica generada o de la potencia eléctrica a generar. Para determinar si es necesario el funcionamiento de reducción de al menos una de la potencia eléctrica generada o de la potencia eléctrica a generar, se transmite un valor de detección de la unidad de detección de tensión CC (22) al controlador de presión (27).

<Control de la potencia eléctrica (tensión CA) y del caudal>

- 20 -Concepto de control de la presión-

La FIG. 10 muestra un mapa característico (M) para explicar el concepto de control en esta forma de realización. En el sistema de generación de energía hidroeléctrica (10), si la suma de una carga hidráulica efectiva (H) en la turbina de agua (W) y una carga hidráulica efectiva (Hv) en la primera válvula accionada por motor (15) se controla de forma que sea un valor constante cuando se reduce la potencia eléctrica, es posible controlar la potencia eléctrica que fluye en sentido inverso manteniendo al mismo tiempo la presión suministrada en un valor deseado. Con referencia a la FIG. 10, se puede observar que el punto de funcionamiento de la turbina de agua (W) sólo se tiene que desplazar directamente por debajo de la ubicación actual.

Sin embargo, como se describió anteriormente, la curva de pérdidas del sistema (S) es una curva como una curva cuadrática, y en el caso de la tubería (1) de esta forma de realización, el punto de funcionamiento de la turbina de agua (W) se mueve en la curva de pérdidas del sistema (S). Por consiguiente, es imposible hacer que la suma de la carga hidráulica efectiva (H) en la turbina de agua (W) y la carga hidráulica efectiva (Hv) en la primera válvula accionada por motor (15) sea un valor constante simplemente mediante el control de la conmutación de la unidad convertora CA/CC (21). En vista de esto, en esta forma de realización, el grado de apertura de la primera válvula accionada por motor (15) también se controla, provocando de este modo que la curva de pérdidas del sistema (S) cambie según se muestra en la FIG. 10. En otras palabras, en esta forma de realización, el punto de funcionamiento se desplaza directamente hacia abajo desde la ubicación actual a través del control cooperativo del grado de apertura de la primera válvula accionada por motor (15) y la conmutación de la unidad convertora CA/CC (21).

En concreto, en esta forma de realización, el controlador de presión (27) supervisa el valor detectado del manómetro del lado de salida (51) (es decir, la salida del detector de presión (26)). Al mismo tiempo, el controlador de presión (27) controla la potencia de salida de la unidad convertora CA/CC (21) ajustando al mismo tiempo el grado de apertura de la primera válvula accionada por motor (15) de modo que el valor detectado sea igual (o se acerque) a la presión objetivo (P*) (control cooperativo). En este caso, el controlador de presión (27) puede utilizar el control por retroalimentación al ajustar el grado de apertura de la primera válvula accionada por motor (15) y controlar la potencia de salida de la unidad convertora CA/CC (21).

Obsérvese que la carga hidráulica efectiva (H) de la turbina de agua (W) se puede obtener, por ejemplo, utilizando el mapa característico (M) descrito anteriormente. Cuando la suma de la carga hidráulica efectiva (H) de la turbina de agua (W) y la carga hidráulica efectiva (Hv) de la primera válvula accionada por motor (15) se establece en un valor constante, se puede determinar un valor objetivo de la carga hidráulica efectiva (Hv) de la primera válvula accionada por motor (15) cuando se determina la carga hidráulica efectiva (H) de la turbina de agua (W). A continuación, dado que la carga hidráulica efectiva (Hv) de la primera válvula accionada por motor (15) y el grado de apertura de la primera válvula accionada por motor (15) tienen una relación de correspondencia expresada como 1:1, es posible determinar el grado de apertura de la primera válvula accionada por motor (15) cuando se determina el valor objetivo de la carga hidráulica efectiva (Hv).

-Operación de control-

- 55 Además, en el sistema de generación de energía hidroeléctrica (10), la unidad de determinación del aumento de tensión (33) supervisa el valor detectado de la unidad de detección de la tensión CA (32). Cuando el valor de la tensión CA (Vac) supera el primer umbral (Th1), el inversor de interconexión del sistema (30) lleva a cabo el funcionamiento de reducción de al menos una de la potencia eléctrica generada o de la potencia eléctrica a generar. Por otra parte, el

controlador de presión (27) supervisa el valor detectado de la unidad de detección de tensión CC (22). Por ejemplo, cuando el valor detectado de la unidad de detección de tensión CC (22) supera un segundo umbral predeterminado (Th2) debido a el funcionamiento de reducción de al menos una de la potencia eléctrica generada o de la potencia eléctrica a generar realizada por el inversor de interconexión del sistema (30), el controlador del generador (20) lleva a cabo el funcionamiento de reducción de al menos una de la potencia eléctrica generada o de la potencia eléctrica a generar.

En el funcionamiento de reducción de al menos una de la potencia eléctrica generada o de la potencia eléctrica a generar mediante el controlador del generador (20), el controlador de presión (27) reduce la carga hidráulica efectiva (H) de la turbina de agua (W) para reducir la potencia generada. Un cambio en la carga hidráulica efectiva (H) de la turbina de agua (W) cambia la suma de la carga hidráulica efectiva (H) de la turbina de agua (W) y la carga hidráulica efectiva (Hv) de la primera válvula accionada por motor (15). Por consiguiente, el controlador de presión (27) cambia el valor objetivo de la carga hidráulica efectiva (Hv) de la primera válvula accionada por motor (15). En concreto, el controlador de presión (27) ajusta el grado de apertura de la primera válvula accionada por motor (15) supervisando al mismo tiempo el valor detectado del manómetro del lado de salida (51) (la salida del detector de presión (26)), de modo que el valor detectado sea igual a la presión objetivo (P*). Como resultado, la presión suministrada se mantiene a una presión objetivo predeterminada (P*) en la tubería (1).

Además, en esta forma de realización, se permite que la resistencia regenerativa (40) consuma la potencia eléctrica cuando se lleva a cabo el funcionamiento de reducción de al menos una de la potencia eléctrica generada o de la potencia eléctrica a generar. El momento en el que el interruptor (SW) conectado a la resistencia regenerativa (40) se enciende se puede establecer para que sea un momento en el que el inversor de interconexión del sistema (30) reduce la potencia eléctrica como en la primera forma de realización, o un momento en el que el controlador del generador (20) reduce la potencia eléctrica como en la variación de la primera forma de realización.

<Ventajas de la forma de realización>

Según se describió anteriormente, el sistema de generación de energía hidroeléctrica (10) de esta forma de realización permite controlar la potencia eléctrica (la tensión en la línea de distribución) manteniendo al mismo tiempo la cantidad física de fluido (la presión suministrada en este caso) en un valor deseado (la presión objetivo (P*)).

Además, en esta forma de realización, el controlador del generador (20) y el inversor de interconexión del sistema (30) se pueden configurar de forma que detecten el valor de la tensión CA (Vac) en el controlador del generador (20) y controlen la potencia eléctrica, como en la segunda forma de realización. Esta configuración permite omitir la resistencia regenerativa (40).

«Otras formas de realización»

El sistema de generación de energía hidroeléctrica (10) se puede instalar no sólo en la tubería (1), sino también en un canal abierto o en un canal que incluya un canal cerrado (por ejemplo, una tubería) y un canal abierto. A modo de ejemplo, se puede considerar instalar el sistema de generación de energía hidroeléctrica (10) en un canal de riego agrícola.

El fluido suministrado a la turbina de agua (W) no se limita al agua. Por ejemplo, se puede utilizar como fluido la salmuera que se utiliza en un aparato de aire acondicionado, por ejemplo, en un edificio.

El caudal y la presión se han descrito como ejemplos no restrictivos de la cantidad física del fluido.

El lugar donde se instala el sistema de generación de energía hidroeléctrica (10) no está limitado a la planta hidráulica (4).

La configuración de cualquiera de la primera forma de realización, la variación de la primera forma de realización, la segunda forma de realización y la tercera forma de realización (es decir, la configuración en la que el caudal total se controla a un valor constante) se puede combinar con la configuración de la cuarta forma de realización (es decir, la configuración en la que la presión suministrada se controla a un valor constante).

La magnitud de la potencia eléctrica a suministrar al sistema de suministro de energía eléctrica (5) (es decir, la potencia eléctrica a vender) se puede determinar desde diversos puntos de vista. Por ejemplo, cuando se va a vender la cantidad total de "potencia generada" (es decir, cuando se suministra toda la potencia generada al sistema de suministro de energía eléctrica), la "potencia generada" se controla de modo que se cumpla la siguiente expresión "potencia eléctrica suministrada al sistema de suministro de energía eléctrica (5)" = "potencia eléctrica a generar" < "potencia eléctrica aceptable para el sistema de suministro de energía eléctrica (5)".

Por otra parte, cuando parte de la potencia generada se gasta en autoconsumo (en lo sucesivo en la presente memoria, la potencia eléctrica gastada en autoconsumo se denomina como "consumo propio de potencia"), y un excedente de la potencia generada (en lo sucesivo en la presente memoria, denominada como "potencia excedente") se suministra al sistema de suministro de energía eléctrica (5), se cumple la siguiente expresión "potencia excedente" = "potencia generada" - "consumo propio de potencia". En este caso, la "potencia generada" se controla de modo que se cumpla

la siguiente expresión "potencia eléctrica suministrada al sistema de suministro de energía eléctrica (5)" = "potencia excedente" < "potencia eléctrica aceptable para el sistema de suministro de energía eléctrica (5)". En este caso, la información para identificar el "consumo propio de potencia" se puede obtener, por ejemplo, midiendo realmente el consumo, estimando el consumo en base a los datos de demanda pasados, o utilizando el consumo propio máximo estimado de antemano. Si la "potencia generada" se gasta en consumo propio, un equipo eléctrico que aumente el consumo de potencia en respuesta a una solicitud se puede utilizar como la "unidad de consumo de potencia", además de la resistencia regenerativa (40).

Cuando se controla la cantidad física del fluido (por ejemplo, el caudal total (QT) de la tubería (1)) a un "valor deseado", el "valor deseado" puede ser un único valor (un único valor constante) o un valor que puede estar en un rango de un valor igual o menor que un umbral predeterminado, o un valor igual o mayor que un umbral predeterminado o en un rango predeterminado de valores.

Los ejemplos que se pueden utilizar como "información sobre la oferta y la demanda de energía" incluyen, además del valor de la tensión (valor de la tensión CA (Vac)) de la línea de distribución del sistema de suministro de energía eléctrica (5), una frecuencia de la tensión de la línea de distribución del sistema de suministro de energía eléctrica (5), una fase de la tensión la línea de distribución del sistema de suministro de energía eléctrica (5), un factor de potencia de la línea de distribución del sistema de suministro de energía eléctrica (5), la energía eléctrica, una solicitud de una compañía eléctrica para reducir la potencia eléctrica que fluye en sentido inverso, el límite superior de generación de potencia determinado por el contrato con la compañía de energía eléctrica.

Aplicabilidad industrial

La presente invención es útil como sistema de generación de energía hidroeléctrica.

Descripción de los símbolos de referencia

- 20 1 Tubería (canal)
- 5 Suministro de energía eléctrica comercial (sistema de suministro de energía eléctrica)
- 10 Sistema de generación de energía hidroeléctrica
- 13 Segunda tubería de ramificación (canal de derivación)
- 15 Primera válvula accionada por motor (válvula de control de caudal)
- 25 17 Primer caudalímetro (unidad de adquisición de información del fluido)
- 18 Segundo caudalímetro (unidad de adquisición de información del fluido)
- 20 Controlador del generador (unidad de control)
- 30 Inversor de interconexión del sistema (unidad de control)
- 32 Unidad de detección de la tensión CA (Unidad de adquisición de información de potencia eléctrica)
- 30 40 Resistencia regenerativa (unidad de consumo de energía)
- G Generador
- W Turbina de agua (máquina hidráulica)

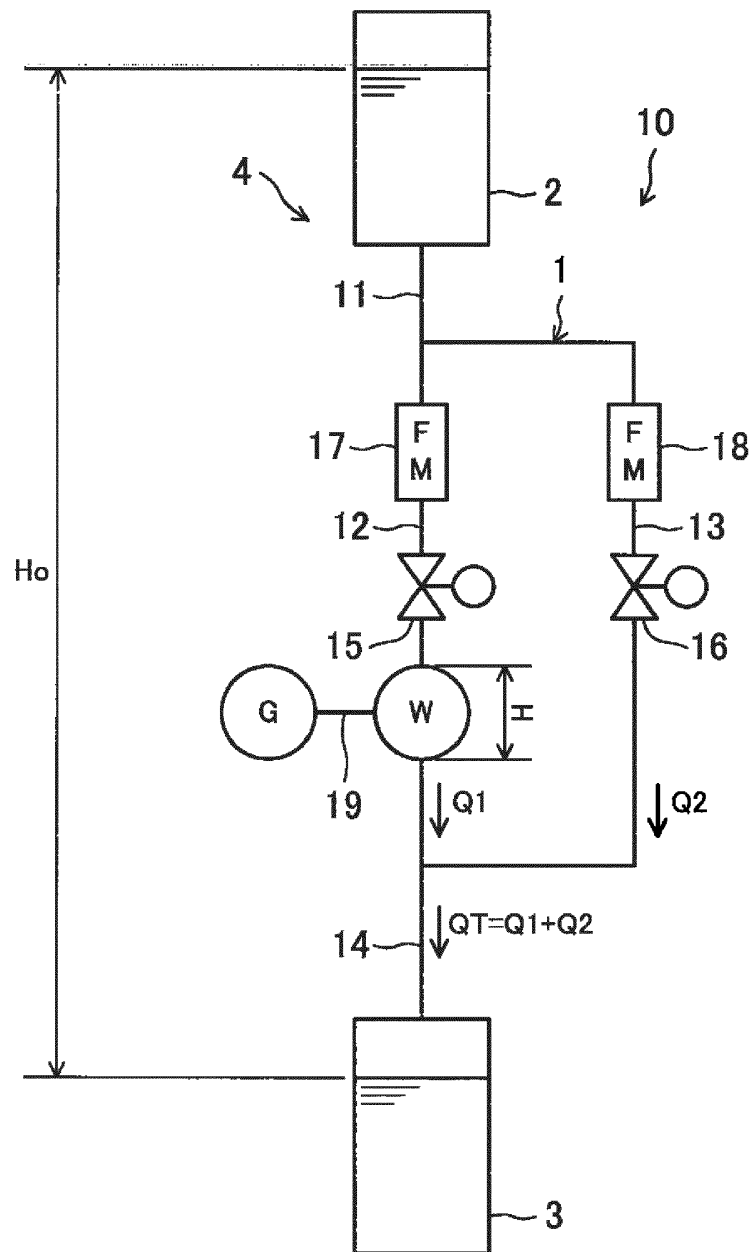
REIVINDICACIONES

1. Un sistema de generación de energía hidroeléctrica que comprende:
una máquina hidráulica (W) dispuesta en un canal (1) a través de la cual circula un fluido;
un generador (G) accionado por la máquina hidráulica (W);
- 5 un controlador (20, 30) configurado para controlar al menos una de la potencia eléctrica generada o de la energía eléctrica a generar por el generador (G) y para suministrar la potencia eléctrica generada por el generador (G) a un sistema de suministro de energía eléctrica (5);
una unidad de adquisición de información sobre la potencia eléctrica (32) configurada para adquirir información sobre la oferta y la demanda de energía, incluyendo la potencia eléctrica aceptable para el sistema de suministro de energía eléctrica (5) o información correlacionada con la potencia eléctrica; y
- 10 una unidad de adquisición de información del fluido (17, 18) configurada para adquirir información del fluido que incluye información correlacionada con una cantidad física del fluido que sale del canal (1), en donde el controlador (20, 30) se configura para controlar al menos una de las cantidades físicas del fluido que sale del canal (1), o la potencia eléctrica generada o la potencia eléctrica a generar por el generador (G) utilizando la información sobre el fluido, de modo que la cantidad física se mantenga en un valor deseado, controlando al mismo tiempo la potencia eléctrica a suministrar al sistema de suministro de energía eléctrica (5) a la potencia eléctrica aceptable para el sistema de suministro de energía eléctrica (5) o inferior, utilizando la información sobre la oferta y la demanda de energía,
caracterizado por que
- 20 el controlador (20, 30) estima un caudal (Q1) y una carga hidráulica efectiva (H) en la máquina hidráulica (W) basándose en una característica detectable que está relacionada con el generador (G) y correlacionada con el caudal (Q1) y la carga hidráulica efectiva (H) en la máquina hidráulica (W) y estima el caudal total (QT) basándose en una línea característica de resistencia al flujo (S) que representa una relación entre la carga hidráulica efectiva (H) y el caudal total (QT) en el canal (1), el caudal (Q1) que se ha estimado y la carga hidráulica efectiva (H) que se ha estimado.
- 25 2. El sistema de generación de energía hidroeléctrica de la reivindicación 1, en donde
el canal (1) está provisto de un canal de derivación (13) que baipasea la máquina hidráulica (W),
la cantidad física incluye un caudal total (QT) del fluido en el canal (1), y
el controlador (20, 30) controla un caudal (Q2) del fluido en el canal de derivación (13) para hacer que el caudal total (QT) se aproxime a un caudal total objetivo predeterminado (QT*).
- 30 3. El sistema de generación de energía hidroeléctrica de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en donde el canal (1) es una tubería, y está provisto de una válvula de control de caudal (15) conectada en serie a la máquina hidráulica (W) y que controla un caudal del fluido que entra en la máquina hidráulica (W),
un valor de la magnitud física incluye una presión (P2) del fluido que sale del canal (1), y
el controlador (20, 30) controla un grado de apertura de la válvula de control de caudal (15) para hacer que la presión (P2) se aproxime a una presión objetivo predeterminada (P*).
- 35 4. El sistema de generación de energía hidroeléctrica de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el controlador (20, 30) adquiere la información sobre la oferta y la demanda de energía basándose en un valor de tensión (Vac) de una línea de distribución del sistema de suministro de energía eléctrica (5).
- 40 5. El sistema de generación de energía hidroeléctrica de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende, además:
una unidad de consumo de potencia (40) configurada para consumir la potencia eléctrica generada, en donde el controlador (20, 30) suministra una parte o la totalidad de la potencia eléctrica generada a la unidad de consumo de potencia (40), de modo que la potencia eléctrica a suministrar al sistema de suministro de energía eléctrica (5) sea igual a un valor deseado.
- 45 6. El sistema de generación de energía hidroeléctrica de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde el controlador (20, 30) controla un caudal (Q1) en la máquina hidráulica (W) de modo que la potencia eléctrica a suministrar al sistema de suministro de energía eléctrica (5) sea igual a un valor deseado.
7. El sistema de generación de energía hidroeléctrica de la reivindicación 3, en donde

ES 2 927 707 T3

el controlador (20, 30) controla la al menos una de la potencia eléctrica generada o de la potencia eléctrica a generar controlando al mismo tiempo el grado de apertura de la válvula de control de caudal (15) de modo que la potencia eléctrica a suministrar al sistema de suministro de energía eléctrica (5) sea igual a un valor deseado.

FIG.1



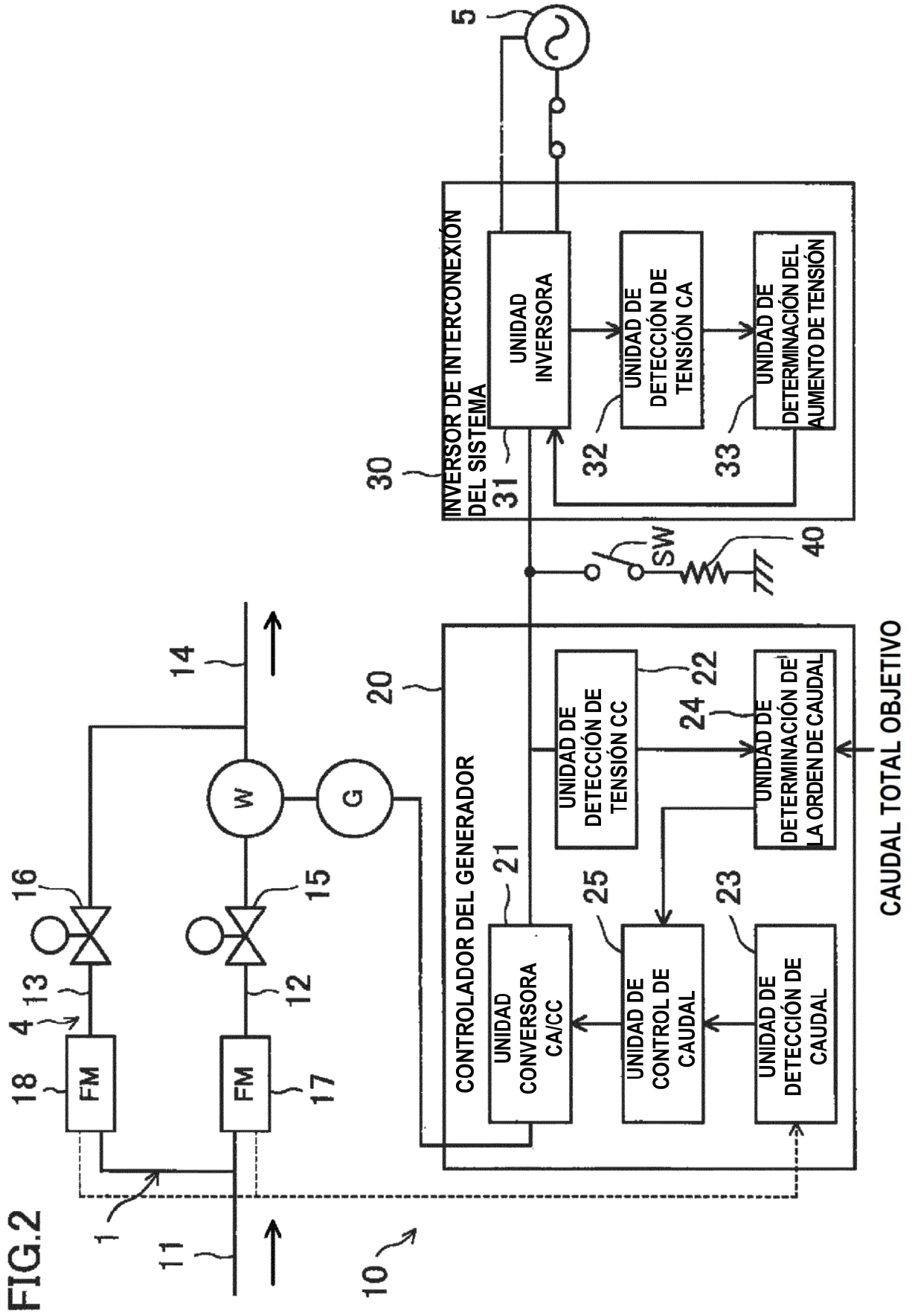


FIG.3

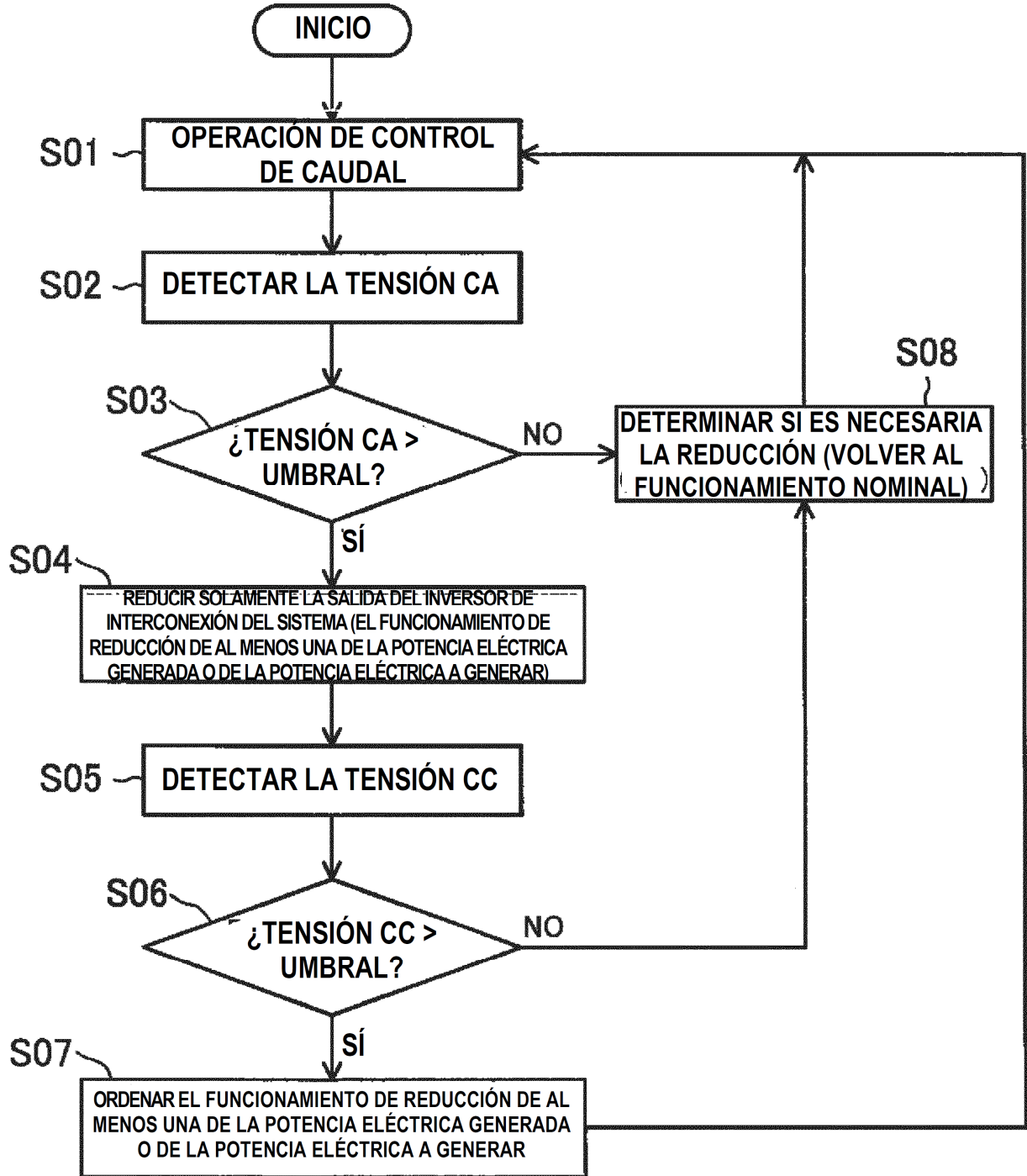
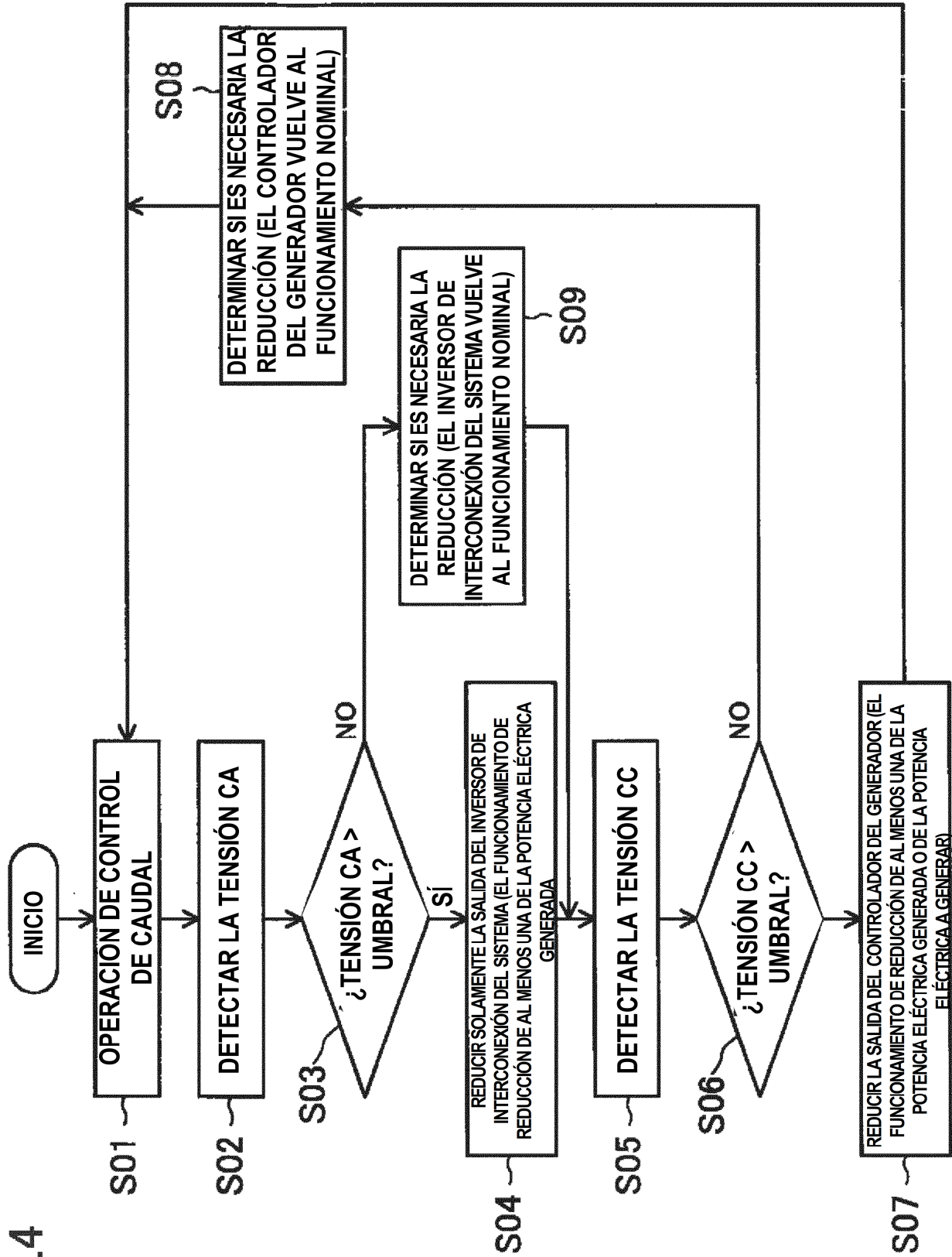


FIG.4



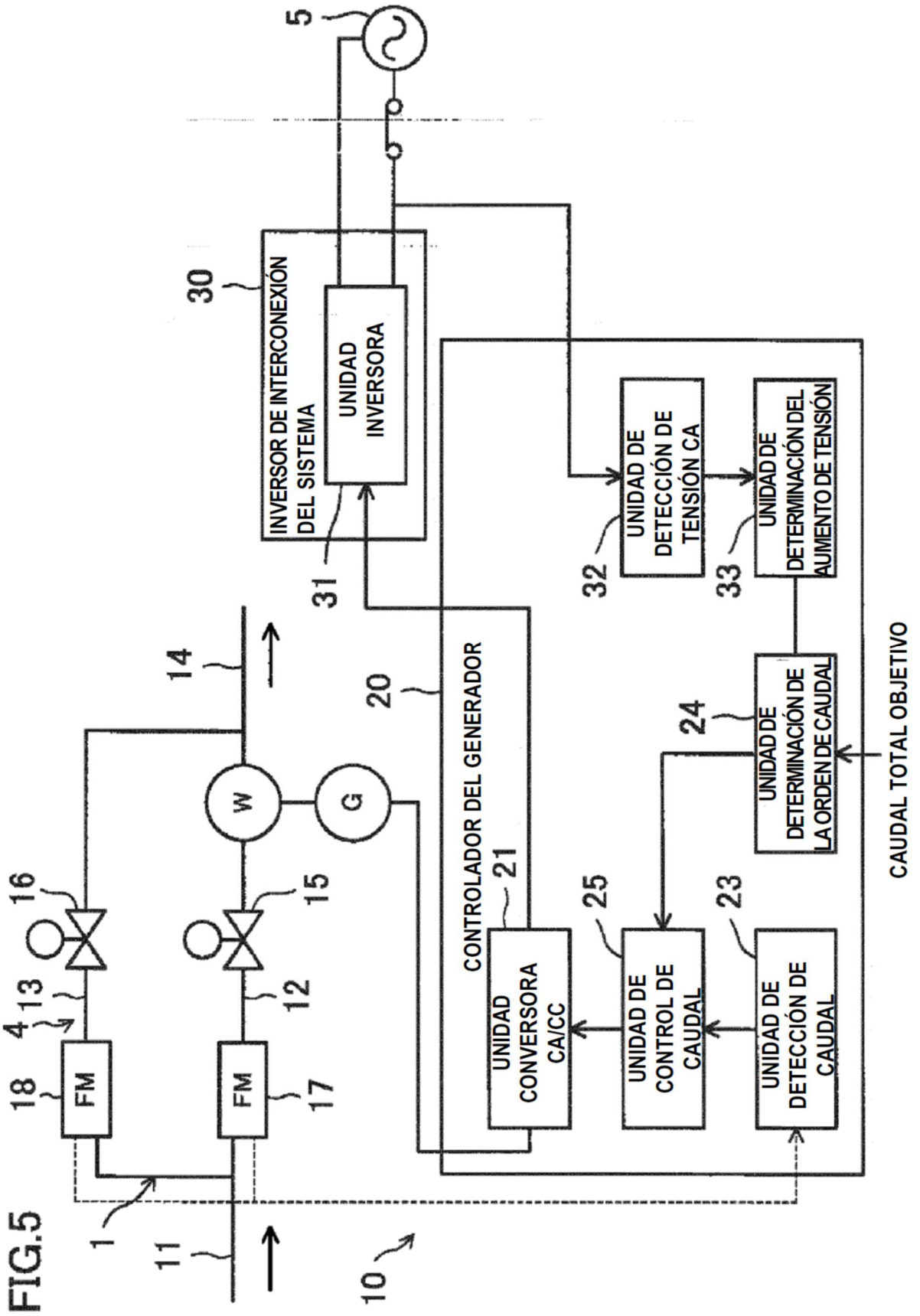


FIG.6

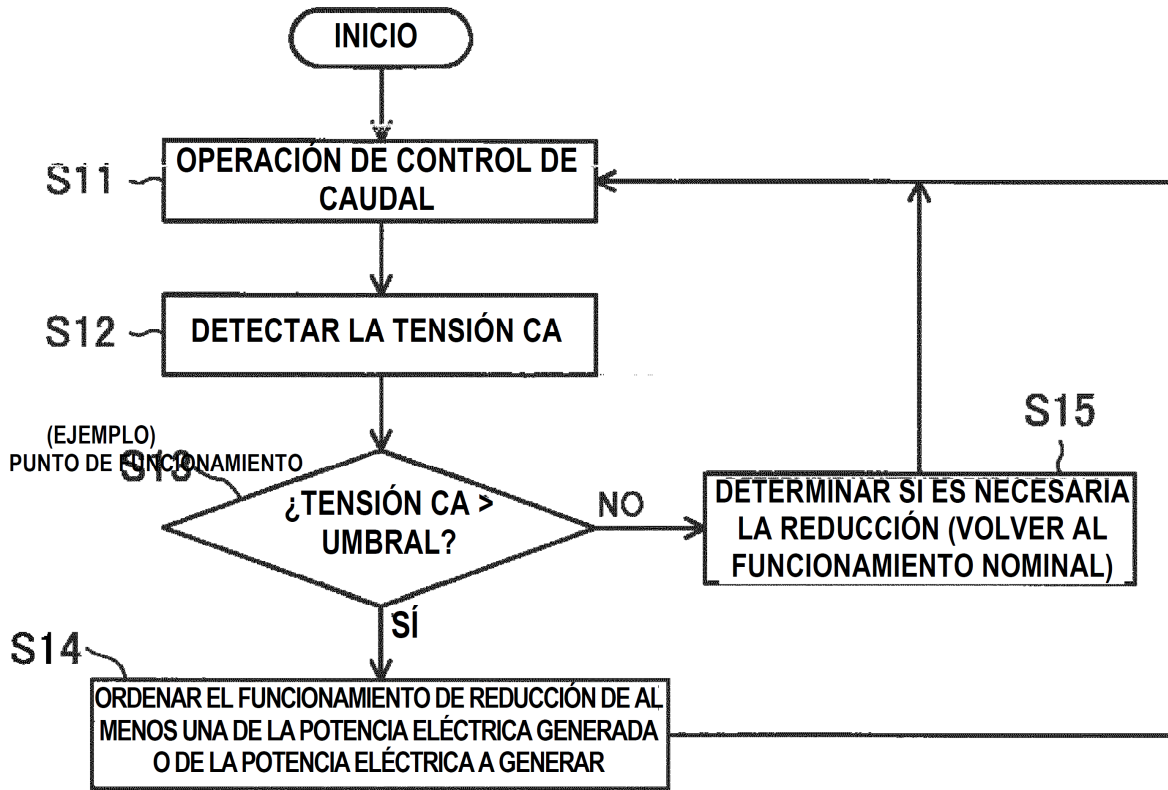


FIG.7

CURVA DE IGUAL PAR

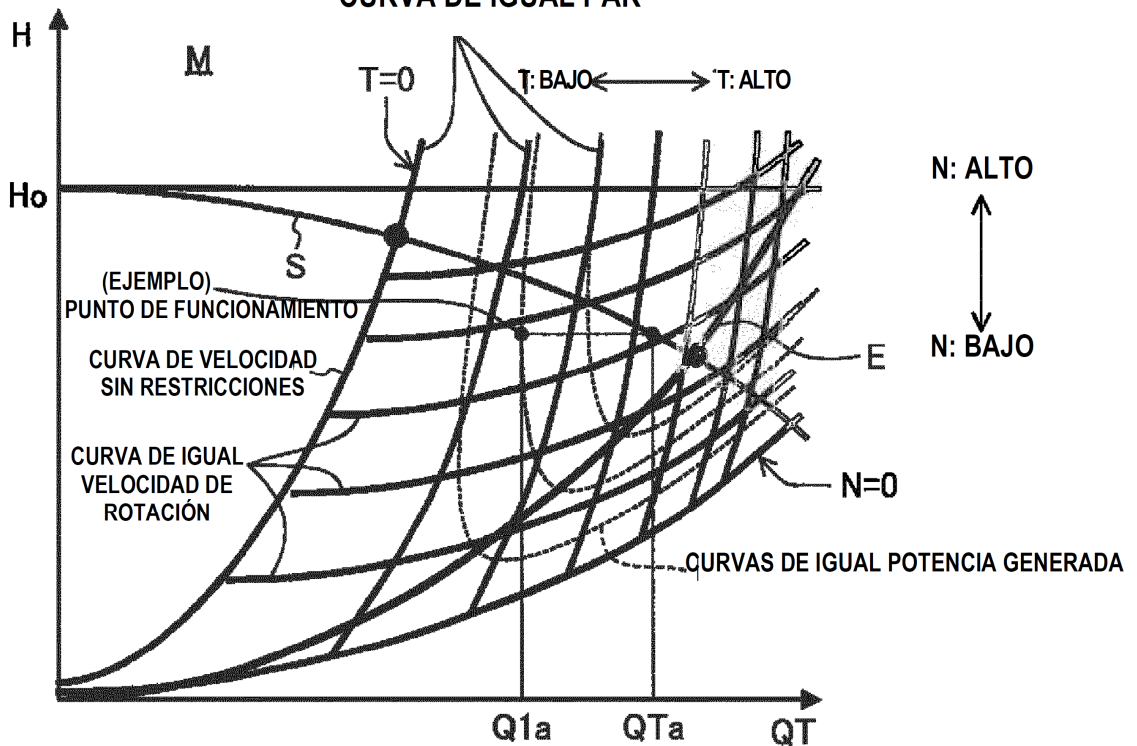


FIG.8

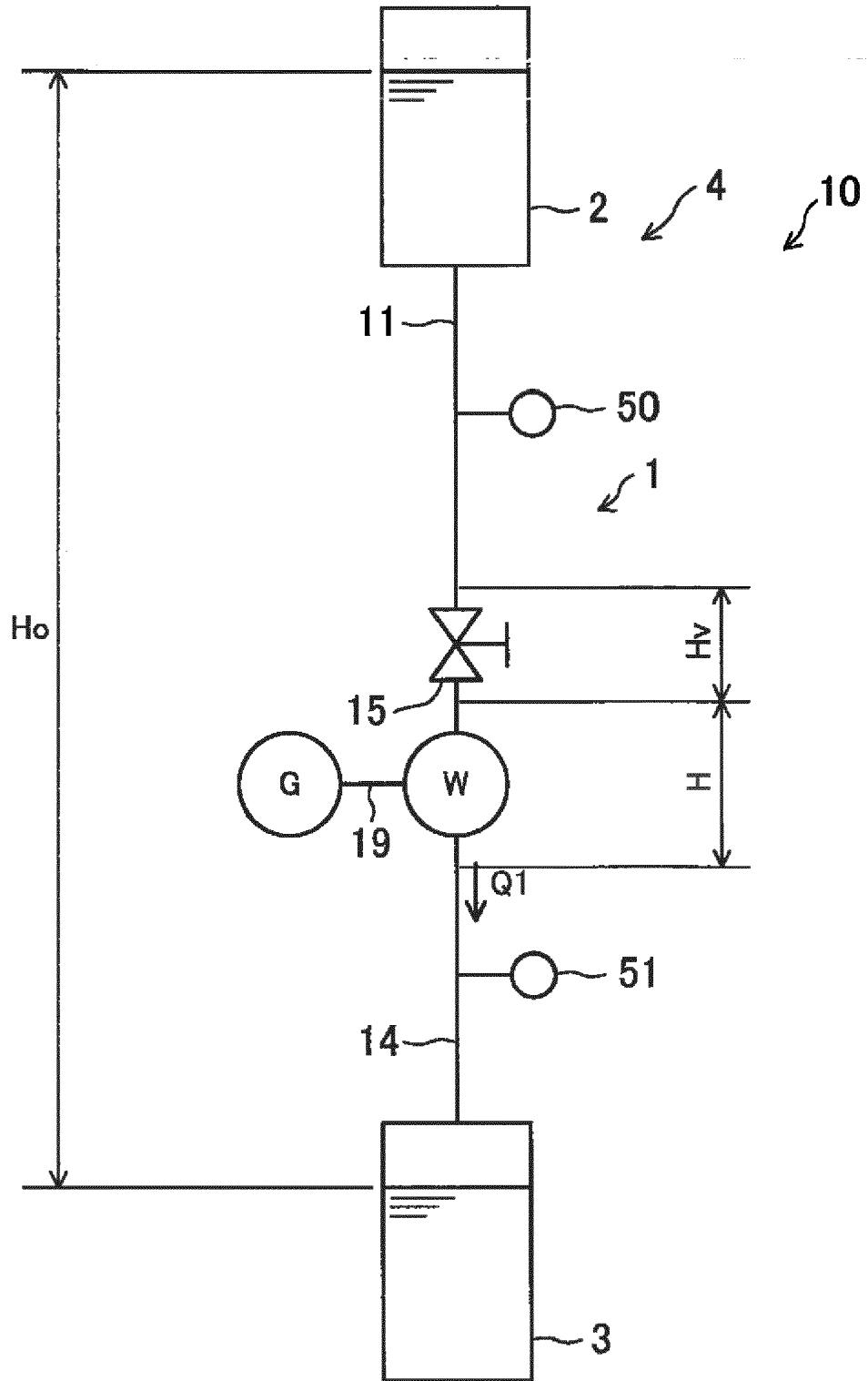


FIG.9

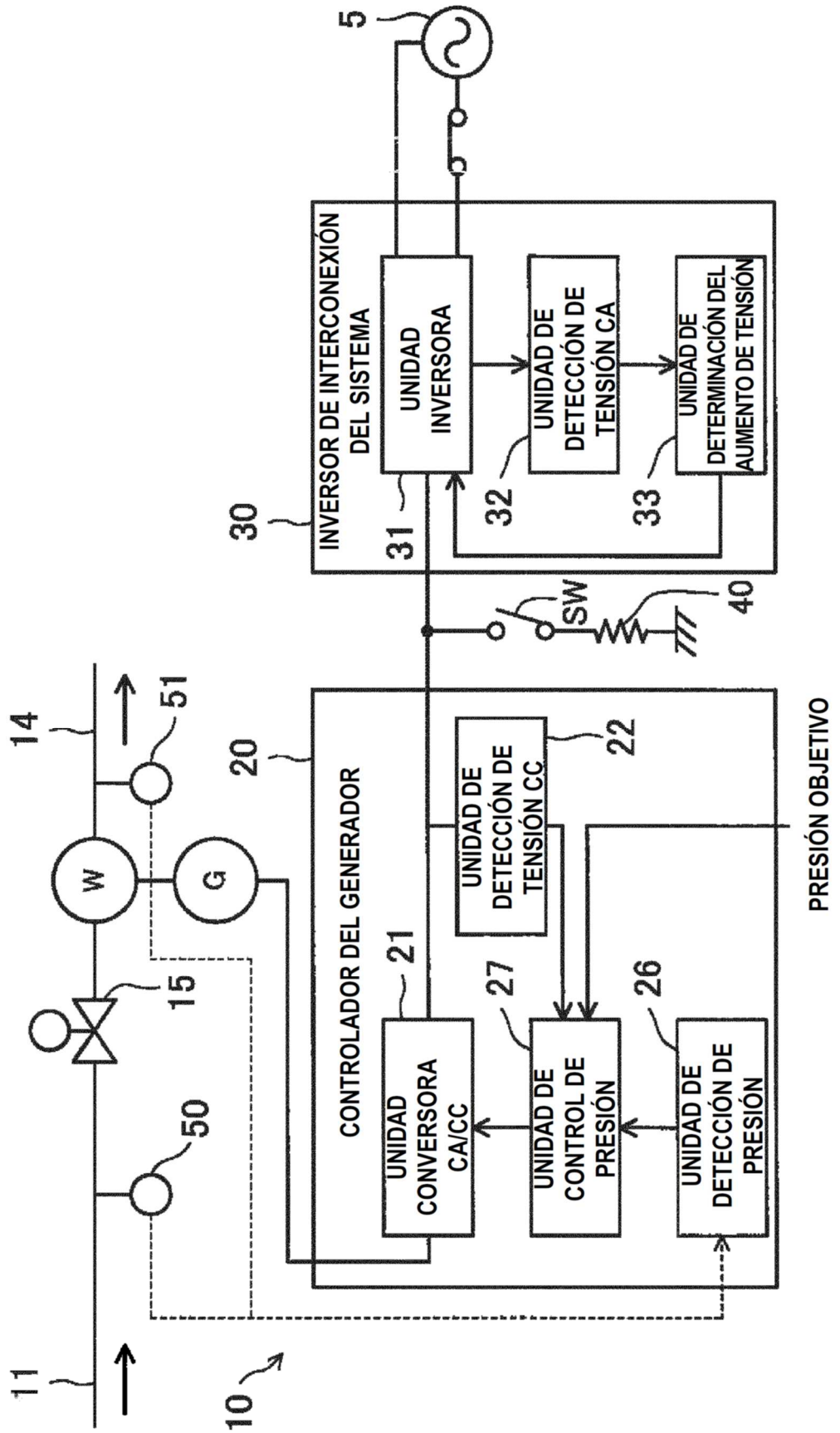


FIG.10

