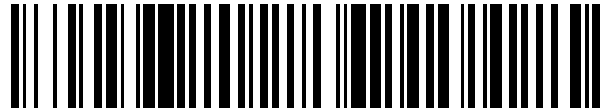


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 800 723**

51 Int. Cl.:

F03B 13/06 (2006.01)
F03B 15/04 (2006.01)
H02P 9/00 (2006.01)
H02P 9/04 (2006.01)
H02P 23/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.12.2015 PCT/JP2015/086131**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **29.06.2017 WO17109921**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.12.2015 E 15911359 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.05.2020 EP 3396847**

54 Título: **Dispositivo de generación hidroeléctrica de almacenamiento por bombeo de velocidad variable**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.01.2021

73 Titular/es:
**HITACHI MITSUBISHI HYDRO CORPORATION
(100.0%)
29-14, Shiba 5-chome Minato-ku
Tokyo 108-0014, JP**

72 Inventor/es:
YOSHIDA, MASAHIRO

74 Agente/Representante:
LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 800 723 T3

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

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de generación hidroeléctrica de almacenamiento por bombeo de velocidad variable

5 Campo

La presente invención se refiere a un aparato de generación de potencia de almacenamiento por bombeo de velocidad variable y, más en particular, a un aparato de generación de potencia de almacenamiento por bombeo de velocidad variable que realiza un control de velocidad mediante una turbina de bomba en un modo de generación de potencia para poder continuar con un funcionamiento estable sin desviarse de un intervalo de velocidad variable predeterminado y con una potencia de salida que sigue de forma monótona un comando de potencia de salida.

ANTECEDENTES

15 Un aparato de generación de potencia de almacenamiento por bombeo de velocidad variable en un modo de generación de potencia utiliza un procedimiento en el que una turbina de bomba se encarga de controlar la velocidad de rotación de acuerdo con la potencia y el cabezal, y un motor de generador se encarga del control de potencia que hace que la potencia siga directamente un comando de potencia de salida procedente del exterior. Un procedimiento de este tipo puede obtener una rápida respuesta de potencia próxima al comando de potencia de salida, pero el control de velocidad depende del control de flujo en el lado de la turbina de bomba con una respuesta lenta; por lo tanto, las fluctuaciones de velocidad y la sobreoscilación son inevitables. En consecuencia, un aparato convencional de generación de potencia de almacenamiento por bombeo de velocidad variable utiliza un control de protección tal como un procedimiento para evitar que la frecuencia de deslizamiento exceda el límite del intervalo de velocidad variable mediante la adición de un comando de corrección de potencia de salida, que se define de acuerdo con la velocidad de rotación o frecuencia de deslizamiento, al comando de potencia de salida cuando la frecuencia de deslizamiento se acerca al límite del intervalo de velocidad variable.

La bibliografía de patente 1 ofrecida posteriormente describe el procedimiento para evitar que la frecuencia de deslizamiento exceda el límite del intervalo de velocidad variable añadiendo el comando de corrección de potencia de salida. La bibliografía de patente 2 ofrecida posteriormente muestra un ejemplo adicional de un aparato de generación de potencia de almacenamiento por bombeo de velocidad variable.

La FIG. 3 es un diagrama que ilustra una configuración de un aparato de generación de potencia de almacenamiento por bombeo de velocidad variable descrito en la bibliografía de patente 1. La FIG. 3 ilustra un motor de generador 1. El motor de generador 1 es accionado de forma rotativa por una turbina de bomba 2 conectada directamente a un rotor y, al mismo tiempo, realiza una operación de velocidad variable de modo que un devanado secundario 1b del motor de generador 1 recibe una corriente de excitación de CA ajustada a una frecuencia predeterminada de acuerdo con la velocidad de rotación N del motor de generador 1 desde un controlador de excitación secundario 3 equipado con un convertidor de frecuencia, y una potencia de CA con la misma frecuencia que la frecuencia de un sistema de CA 4 se proporciona desde un devanado primario 1a del motor de generador 1.

La FIG. 3 ilustra además un generador de función característica de turbina 5. El generador de función característica de turbina 5 recibe un comando de potencia de salida P_o y una señal de detección de nivel de agua H desde el exterior, y genera un comando de velocidad de rotación óptima N_a y una apertura óptima de paleta guía Y_a para realizar la operación con la máxima eficacia. La FIG. 3 ilustra además un controlador de velocidad de rotación 16. El controlador de velocidad de rotación 16 compara el comando de velocidad de rotación óptima N_a con la velocidad de rotación real N detectada por un detector de velocidad de rotación 6 y emite una señal de corrección de apertura de paleta guía ΔY . La apertura óptima de paleta guía Y_a del generador de función característica de turbina 5 se introduce en un sumador 21 junto con la señal de corrección de apertura de paleta guía ΔY para introducirse en una unidad de accionamiento de paleta guía 10, por lo que la unidad de accionamiento de paleta guía 10 controla una paleta guía 11.

La FIG. 3 ilustra además un detector de fase de deslizamiento 7. El detector de fase de deslizamiento 7 detecta una fase de deslizamiento S_p que es igual a la diferencia entre la fase de potencial del sistema de CA 4 y la fase de rotación secundaria del motor de generador 1 expresada en grados eléctricos. La fase de deslizamiento S_p se introduce en el controlador de excitación secundario 3. Además, la velocidad de rotación N detectada por el detector de velocidad de rotación 6 se introduce en una unidad de corrección de comando de potencia de salida 25A.

La unidad de corrección de comando de potencia de salida 25A mantiene una señal de salida de la misma a cero cuando la velocidad de rotación N se encuentra entre los valores establecidos N_{klg} y N_{kug} , reduce la señal de salida en proporción a la disminución de la velocidad de rotación N cuando la velocidad de rotación N cae por debajo del valor establecido N_{klg} , y aumenta la señal de salida en proporción al aumento de la velocidad de rotación N cuando la velocidad de rotación N excede el valor establecido N_{kug} . Esta operación se conoce como

control de protección de velocidad. La señal de salida de la unidad de corrección de comando de potencia de salida 25A se introduce en un ajustador de característica transitoria 25B, que ajusta la capacidad de respuesta y la estabilidad del sistema de control de protección de velocidad a través del controlador de excitación secundario 3. La FIG. 3 ilustra un elemento de retardo de primer orden como un ejemplo del ajustador de característica transitoria 25B. Debe observarse que el carácter de referencia S denota un operador de Laplace. La FIG. 3 ilustra además un sumador 26 que suma una salida $\Delta P1$ del ajustador de característica transitoria 25B y el comando de potencia de salida Po proporcionado desde el exterior para producir un comando de salida de motor de generador Pg .

El comando de salida de motor de generador Pg y la fase de deslizamiento Sp del detector de fase de deslizamiento 7 se introducen en el controlador de excitación secundario 3. El controlador de excitación secundario 3 controla una corriente de excitación de CA suministrada al devanado secundario 1b del motor de generador 1 de modo que una señal de salida detectada P del motor de generador 1 detectada por un detector de potencia activa 9 sea igual al comando de salida de motor de generador Pg .

El aparato de generación de potencia de almacenamiento por bombeo de velocidad variable descrito en la bibliografía de patente 1 con una configuración de este tipo puede reducir en gran medida una sobreoscilación transitoria de la velocidad de rotación en una dirección opuesta con respecto a un aumento o disminución repentinos en el comando de potencia de salida Po .

Lista de referencias

Bibliografía de patente

Bibliografía de patente 1: Patente japonesa n.º 3144451

Bibliografía de patente 2: Patente japonesa n.º 2012-16242.

Resumen

Problema técnico

Sin embargo, la señal de salida de la unidad de corrección de comando de potencia de salida es opuesta en dirección al aumento o disminución del comando de potencia de salida Po , de modo que la salida de la unidad de corrección de comando de potencia de salida cambia repentinamente en la dirección opuesta a la del cambio en el comando de potencia de salida Po y esto, posiblemente, puede causar una perturbación en el lado de un sistema de potencia en muchos casos durante el control de protección de velocidad, particularmente durante un funcionamiento con un cabezal bajo y una pluralidad de aparatos.

Además, el control PID se aplica típicamente a un circuito de control en el controlador de velocidad de rotación, que compara la desviación entre la velocidad de rotación N y el comando de velocidad de rotación óptimo Na que acompaña al cambio en el comando de potencia de salida Po y emite la señal de corrección de apertura de paleta guía ΔY . Cuando un aumento o disminución en el comando de potencia de salida Po continúa en un elemento de control integral de un elemento I, los comandos para reducir o aumentar la desviación de velocidad se acumulan para hacer que la señal de corrección de apertura de paleta guía ΔY se emita continuamente aunque después del cambio en el comando de potencia de salida Po disminuya o pase a ser cero. Como resultado, la apertura de paleta guía Y se controla muy poco o demasiado con respecto a la apertura óptima de paleta guía Ya para provocar una sobreoscilación de la velocidad de rotación N ; por lo tanto, la frecuencia de deslizamiento posiblemente se acerca al límite del intervalo de velocidad variable. Además, en este caso, el control de protección de velocidad posiblemente entra en acción para provocar un cambio repentino en la potencia de salida.

La presente invención se ha realizado en vista de lo anterior, y un objetivo de la invención es obtener un aparato de generación de potencia de almacenamiento por bombeo de velocidad variable que pueda evitar una perturbación en el lado de un sistema de potencia.

Solución al problema

Para resolver los problemas anteriores y lograr el objetivo, un aspecto de la presente invención es un aparato de generación de potencia de almacenamiento por bombeo de velocidad variable que comprende un motor de generador de velocidad variable que tiene un lado primario conectado sincrónicamente a un sistema de potencia comercial aunque se incluye un convertidor de frecuencia y un rotor gira a una velocidad variable, y una turbina de bomba que está conectada directamente al rotor del motor de generador de velocidad variable para accionar el rotor en un modo de generación de potencia y para ser accionada por el rotor en un modo de bombeo, donde el aparato de generación de potencia de almacenamiento por bombeo de velocidad variable realiza, en el modo de generación de potencia, un control de velocidad proporcionando, a la turbina de bomba que es un motor, un

comando de control de velocidad que es calculado por un controlador de velocidad de rotación que incluye un elemento de control proporcional, un elemento de control integral y un elemento de control de diferencial, sobre la base de una desviación entre la velocidad de rotación del rotor y un comando de velocidad de rotación del rotor, y un control de potencia proporcionando un comando de potencia de salida al motor de generador de velocidad variable. El aparato de generación de potencia de almacenamiento por bombeo de velocidad variable realiza un control en el modo de generación de potencia para establecer una tasa de cambio máxima de la constante de comando de potencia de salida cuando una frecuencia de deslizamiento que es una diferencia entre una frecuencia de sistema de potencia comercial y una frecuencia correspondiente a la velocidad de rotación del rotor está dentro de un intervalo de funcionamiento normal, limitar la tasa de cambio máxima del comando de potencia de salida multiplicando la tasa de cambio máxima por un valor en un intervalo de uno a cero de acuerdo con una cantidad de desviación de la frecuencia de deslizamiento con respecto al intervalo de funcionamiento normal cuando la frecuencia de deslizamiento está dentro de un intervalo que está por debajo de un límite inferior del intervalo de funcionamiento normal en un valor predeterminado o menos o dentro de un intervalo que excede un límite superior del intervalo de funcionamiento normal en un valor predeterminado o menos, y limitar la tasa de cambio máxima del comando de potencia de salida multiplicando la tasa de cambio máxima por cero cuando la frecuencia de deslizamiento está en un intervalo que está por debajo del límite inferior en el valor predeterminado o más o en un intervalo que excede el límite superior en el valor predeterminado o más.

20 Efectos ventajosos de la invención

El aparato de generación de potencia de almacenamiento por bombeo de velocidad variable de acuerdo con la presente invención tiene un efecto en el que se puede evitar que la potencia de salida altere el lado del sistema de potencia.

25 Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es un diagrama que ilustra una configuración ejemplar de un aparato de generación de potencia de almacenamiento por bombeo de velocidad variable de acuerdo con la presente invención.

30 La FIG. 2 es un diagrama que ilustra una configuración ejemplar de un controlador de velocidad de rotación.

La FIG. 3 es un diagrama que ilustra una configuración de un aparato convencional de generación de potencia de almacenamiento por bombeo de velocidad variable.

35 Descripción de los modos de realización

A continuación se describirá en detalle un modo de realización de un aparato de generación de potencia de almacenamiento por bombeo de velocidad variable de acuerdo con la presente invención con referencia a los dibujos. Debe observarse que la presente invención no se limita al modo de realización.

Primer modo de realización

45 La FIG. 1 es un diagrama que ilustra una configuración ejemplar de un aparato de generación de potencia de almacenamiento por bombeo de velocidad variable de acuerdo con la presente invención. En la FIG. 1, números de referencia idénticos a los de la FIG. 3 usados para describir el ejemplo convencional indican partes idénticas o equivalentes a las de la FIG. 3. Se omite la descripción de las partes denotadas por los mismos números de referencia que los de la FIG. 3.

50 Un aparato de generación de potencia de almacenamiento por bombeo de velocidad variable 100 ilustrado en la FIG. 1 se configura reemplazando el controlador de velocidad de rotación 16 del aparato de generación de potencia de almacenamiento por bombeo de velocidad variable ilustrado en la FIG. 3 por un controlador de velocidad de rotación 161 y, además, reemplazando la unidad de corrección de comando de potencia de salida 25A, el ajustador de característica transitoria 25B y el sumador 26 para generar el comando de salida de motor de generador Pg por un convertidor 30, un limitador de tasa de cambio de comando de potencia de salida 31, un multiplicador 32, un restador 33, un determinador de signo 34, un multiplicador 35 y un integrador 36.

60 En el aparato de generación de potencia de almacenamiento por bombeo de velocidad variable 100, una salida f_N del convertidor 30 y una frecuencia f del sistema de CA 4 se introducen en el limitador de tasa de cambio de comando de potencia de salida 31, donde el convertidor 30 calcula la salida f_N correspondiente a la frecuencia sincrónica del motor de generador 1, que es un motor de generador de velocidad variable, a partir de la velocidad de rotación real N detectada por el detector de velocidad de rotación 6. El limitador de tasa de cambio de comando de potencia de salida 31 no establece un límite en la tasa de cambio de un comando de potencia de salida y emite 1,0 (un valor constante) como señal de salida cuando una diferencia $f - f_N$ entre f_N correspondiente a la frecuencia sincrónica del motor de generador 1 y la frecuencia f del sistema de CA 4 está en un intervalo de funcionamiento normal, que es un intervalo establecido entre un límite superior (Δf_1) y un límite inferior ($-\Delta f_2$).

- 5 Cuando la diferencia $f-f_N$ está en un intervalo entre el límite superior Δf_1 y Δf_3 o en un intervalo entre el límite inferior $-\Delta f_2$ y $-\Delta f_4$, el limitador de tasa de cambio de comando de potencia de salida 31 genera un valor entre 1,0 y 0,0 proporcional a un aumento o disminución de la diferencia $f-f_N$ como señal de salida. Además, el limitador de tasa de cambio de comando de potencia de salida 31 emite 0,0 (un valor constante) como señal de salida
- 10 cuando la diferencia $f-f_N$ excede Δf_3 o cuando la diferencia $f-f_N$ está por debajo de $-\Delta f_4$. Aquí, los valores de Δf_1 , Δf_3 , $-\Delta f_2$ y $-\Delta f_4$ se establecen para satisfacer $\Delta f_1 < \Delta f_3$ y $-\Delta f_4 < -\Delta f_2$ dentro de un intervalo de frecuencia límite de aparición del controlador de excitación secundario 3 de modo que la velocidad de rotación N no excede el límite del intervalo de velocidad variable del aparato de generación de potencia de almacenamiento por bombeo de velocidad variable 100.
- 15 El multiplicador 32 multiplica la salida del limitador de tasa de cambio de comando de potencia de salida 31 por una tasa de cambio máxima PR del comando de potencia de salida y proporciona una tasa de cambio de comando de potencia de salida.
- 20 El restador 33 resta el comando de salida de motor de generador P_g al comando de potencia de salida P_o proporcionado de forma externa, proporcionando así una cantidad de cambio requerida $P_o - P_g$ del comando de salida de motor de generador.
- 25 El determinador de signo 34 recibe la cantidad de cambio requerida $P_o - P_g$ del comando de salida de motor de generador, que es la salida del restador 33, y emite 1,0 o -1,0 dependiendo de si el signo de $P_o - P_g$ es positivo o negativo. Debe observarse que el determinador de signo 34 puede proporcionar una zona muerta para emitir 0,0 con respecto al valor de $P_o - P_g$ que es un valor positivo o negativo predeterminado o más pequeño próximo a cero.
- 30 El multiplicador 35 multiplica la tasa de cambio de comando de potencia de salida, que es la salida del multiplicador 32, por un valor de determinación de signo positivo/negativo determinado para la cantidad de cambio requerida del comando de salida de motor de generador, que es la salida del determinador de signo 34, para generar una tasa de cambio de aumento/disminución de comando de potencia de salida y proporciona la tasa de cambio generada de aumento/disminución de comando de potencia de salida.
- 35 El integrador 36 integra la tasa de cambio de aumento/disminución de comando de potencia de salida, que es la salida del multiplicador 35, para generar el comando de salida de motor de generador P_g y proporciona el comando de salida generado de motor de generador P_g .
- 40 La FIG. 2 es un diagrama que ilustra una configuración ejemplar del controlador de velocidad de rotación 161.
- 45 El controlador de velocidad de rotación 161 incluye un restador 40, multiplicadores 41 y 42, un elemento de control integral 43, un elemento de control diferencial 44, un sumador 47, funciones de limitación de límite superior 60 y 61, un multiplicador 62, funciones de limitación de límite inferior 70 y 71 y un multiplicador 72. El elemento de control integral 43 incluye un restador 48, una función de control integral 49, una función de selección de valor mínimo 51 y una función de selección de valor máximo 52. El elemento de control diferencial 44 incluye una función diferencial imperfecta 45 y un multiplicador 46.
- 50 El restador 40 recibe la salida de comando de velocidad de rotación óptima N_a desde el generador de función característica de turbina 5 y la velocidad de rotación real N del rotor del motor de generador detectado por el detector de velocidad de rotación 6, resta la velocidad de rotación N del comando de velocidad de rotación óptima N_a y proporciona la desviación de velocidad de rotación $N_a - N$ del rotor del motor de generador.
- 55 El multiplicador 41 multiplica la desviación de velocidad de rotación $N_a - N$ del rotor del motor de generador, que es la salida del restador 40, por un recíproco de una velocidad de rotación síncrona N_0 del rotor del motor de generador con respecto a la frecuencia nominal del sistema de CA 4, proporcionando así una desviación de velocidad de rotación adimensional $(N_a - N)/N_0$ del rotor del motor de generador.
- 60 El multiplicador 42 es una función de control proporcional de un elemento de control proporcional del controlador de velocidad de rotación 161, y emite una señal obtenida multiplicando la desviación de velocidad de rotación adimensional $(N_a - N)/N_0$ del rotor del motor de generador por una ganancia proporcional K_p . En el elemento de control integral 43, que es un elemento de control integral del controlador de velocidad de rotación 161, el restador 48 resta un valor de salida de un restador 50 a la desviación de velocidad de rotación adimensional $(N_a - N)/N_0$ del rotor del motor de generador, y la función de control integral 49 realiza la integración multiplicando el valor de salida del restador 48 por una ganancia integral K_i . Además, la función de selección de valor mínimo 51 compara el valor de salida de la función de control integral 49 con el valor de salida del multiplicador 62, y proporciona el mínimo de los valores de salida como un límite del límite superior de un circuito de prevención de embalamiento de salida de elemento de control integral. La función de selección de valor máximo 52 compara el valor de salida de la función de selección de valor mínimo 51 con el valor de salida del multiplicador 72, y proporciona el máximo de los valores de salida como un límite del límite inferior del circuito de prevención de embalamiento de salida de elemento de control integral. El elemento de control diferencial 44 es un elemento de

control diferencial del controlador de velocidad de rotación 161, y proporciona un valor obtenido multiplicando el valor de salida de la función diferencial imperfecta 45, en la que se introduce la desviación de velocidad de rotación adimensional $(N_a - N)/N_0$ del rotor del motor de generador, por una ganancia diferencial K_d en el multiplicador 46. El sumador 47 suma el valor de salida del multiplicador 42, el valor de salida del elemento de control integral 43 y el valor de salida del elemento de control diferencial 44, proporcionando así el resultado de la suma como la señal de corrección de apertura de paleta guía ΔY que es la salida del controlador de velocidad de rotación 161.

Obsérvese que el restador 50 en el elemento de control integral 43 resta el valor de salida de la función de selección de valor máximo 52 al valor de salida de la función de control integral 49 y proporciona el resultado de la resta al restador 48.

A continuación se describirá la función limitante de límite superior y la función limitante de límite inferior del circuito de prevención de embalamiento de salida de elemento de control integral del elemento de control integral de acuerdo con la presente invención.

La función limitante de límite superior 60 es un ejemplo de una función limitante de límite superior determinada de acuerdo con la apertura óptima de paleta guía Y_a de un circuito de prevención de embalamiento de salida de elemento de control integral convencional, y proporciona un valor de 1,0 a 0,0 con respecto al valor de entrada de 0,0 a 1,0 de la apertura óptima de paleta guía Y_a .

La función limitante de límite superior 61 es un ejemplo de una función limitante de límite superior determinada de acuerdo con la desviación de velocidad de rotación adimensional $(N_a - N)/N_0$ que es la salida del multiplicador 41. Para limitar el valor de salida de la señal de corrección de apertura positiva de paleta guía ΔY debido a la salida de la acumulación en el elemento de control integral del controlador de velocidad de rotación 161 en un estado en que la velocidad de rotación N excede el comando de velocidad de rotación óptimo N_a , la función limitante de límite superior 61 proporciona un valor "b" cuando la desviación de velocidad de rotación adimensional $(N_a - N)/N_0$ es menor que o igual a 0,0, proporciona proporcionalmente un valor de "b" a 1,0 cuando la desviación de velocidad de rotación adimensional $(N_a - N)/N_0$ está en el intervalo de 0,0 a n_3 , y proporciona 1,0 cuando la desviación de velocidad de rotación adimensional $(N_a - N)/N_0$ es n_3 o mayor. Aquí, el valor "b" de salida cuando la desviación de velocidad de rotación adimensional $(N_a - N)/N_0$ es 0 o menor, se selecciona dentro de un intervalo de 0,01 a 0,5.

El multiplicador 62 multiplica el valor de salida de la función limitante de límite superior 60, que se determina de acuerdo con la apertura óptima de paleta guía Y_a del circuito de prevención de embalamiento de salida de elemento de control integral, por el valor de salida de la función limitante de límite superior 61 para la desviación de velocidad de rotación adimensional $(N_a - N)/N_0$, y proporciona el resultado de la multiplicación.

La función limitante de límite inferior 70 es un ejemplo de una función limitante de límite inferior determinada de acuerdo con la apertura óptima de paleta guía Y_a del circuito de prevención de embalamiento de salida de elemento de control integral convencional, y proporciona un valor de 0,0 a -1,0 con respecto al valor de entrada de 0,0 a 1,0 de la apertura óptima de paleta guía Y_a .

La función limitante de límite inferior 71 es un ejemplo de una función limitante de límite inferior determinada de acuerdo con la desviación de velocidad de rotación adimensional $(N_a - N)/N_0$ que es la salida del multiplicador 41. Para limitar el valor de salida de la señal de corrección de apertura negativa de paleta guía ΔY debido a la salida de la acumulación en el elemento de control integral 43 del controlador de velocidad de rotación 161 dentro de un intervalo en el que la velocidad de rotación N está por debajo del comando de velocidad de rotación óptima N_a o dentro de un determinado intervalo próximo a cero en un estado en el que la velocidad de rotación N excede el comando de velocidad de rotación óptima N_a , la función limitante de límite inferior 71 proporciona un valor "a" cuando la desviación de velocidad de rotación adimensional $(N_a - N)/N_0$ es mayor que o igual a $-n_2$, proporciona proporcionalmente un valor de "a" a 1,0 cuando la desviación de velocidad de rotación adimensional $(N_a - N)/N_0$ está en el intervalo de $-n_2$ a $-n_1$, y proporciona 1,0 cuando la desviación de velocidad de rotación adimensional $(N_a - N)/N_0$ es $-n_1$ o menor. Aquí, el valor "a" de salida cuando la desviación de velocidad de rotación adimensional $(N_a - N)/N_0$ es mayor que o igual a $-n_2$ se selecciona dentro del intervalo de 0,01 a 0,5. Debe observarse que el intervalo del comando de velocidad de rotación óptima para la turbina de bomba de velocidad variable en el modo de generación de potencia se limita con frecuencia a un lado inferior del intervalo de velocidad variable; por lo tanto, las desviaciones de velocidad de rotación adimensional $-n_1$ y $-n_2$ se seleccionan dentro del intervalo de $(N_a - N_0)/N_0 < -n_1 < -n_2 < 0,0$.

El multiplicador 72 multiplica el valor de salida de la función limitante de límite inferior 70, que se determina de acuerdo con la apertura óptima de paleta guía Y_a del circuito de prevención de embalamiento de salida de elemento de control integral, por el valor de salida de la función limitante de límite inferior 71 para la desviación de velocidad de rotación adimensional $(N_a - N)/N_0$, y proporciona el resultado de la multiplicación.

Como se describió anteriormente, el aparato de generación de potencia de almacenamiento por bombeo de

5 velocidad variable 100 de acuerdo con el presente modo de realización incluye el limitador de tasa de cambio de
 comando de potencia de salida 31 que establece la tasa de cambio máxima del comando de potencia de salida
 en el valor constante de 1,0 cuando la frecuencia de deslizamiento está dentro del intervalo de funcionamiento
 normal, establece la tasa de cambio máxima del comando de potencia de salida en el valor constante de 0
 10 cuando la frecuencia de deslizamiento está por debajo del límite inferior del intervalo de funcionamiento normal
 en un valor predeterminado o más o cuando la frecuencia de deslizamiento excede el límite superior del intervalo
 de operación normal en un valor predeterminado o más, y establece un límite multiplicando la tasa de cambio
 máxima del comando de potencia de salida por el valor en el intervalo de 1 a 0 de acuerdo con la cantidad de
 desviación de la frecuencia de deslizamiento con respecto al intervalo de funcionamiento normal cuando la
 15 frecuencia de deslizamiento está cerca del intervalo de funcionamiento normal, es decir, cuando la cantidad de
 desviación de la frecuencia de deslizamiento con respecto al límite inferior del intervalo de funcionamiento normal
 está dentro de un valor predeterminado o cuando la cantidad de desviación de la frecuencia de deslizamiento
 con respecto al límite superior del intervalo de funcionamiento normal está dentro de un valor predeterminado.
 Como resultado, se puede evitar un cambio repentino en la potencia de salida. Es decir, se puede implementar el
 aparato de generación de potencia de almacenamiento por bombeo de velocidad variable que puede evitar una
 perturbación en el lado del sistema de potencia.

Lista de signos de referencia

20 1 motor, 2 turbina de bomba, 3 controlador de excitación secundario, 4 sistema de CA, 5 generador de función
 característica de turbina, 6 detector de velocidad de rotación, 7 detector de fase de deslizamiento, 9 detector de
 potencia activa, 10 unidad de accionamiento de paleta guía, 11 paleta guía, 12 transformador de recepción, 16
 controlador de velocidad de rotación, 21, 26, 47 sumador, 30 convertidor, 31 limitador de tasa de cambio de
 25 comando de potencia de salida, 32, 35, 41, 42, 46, 62, 72 multiplicador, 33, 40, 48, 50 restador, 34 determinador
 de signo, 36 integrador, 43 elemento de control integral, 44 elemento de control diferencial, 45 función diferencial
 imperfecta, 49 función de control integral, 51 función de selección de valor mínimo, 52 función de selección de
 valor máximo, 60, 61 función limitante de límite superior, 70, 71 función limitante de límite inferior.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un aparato de generación de potencia de almacenamiento por bombeo de velocidad variable (100) que comprende un motor de generador de velocidad variable (1) que tiene un lado primario conectado sincrónicamente a un sistema de potencia comercial (4) aunque se incluye un convertidor de frecuencia y un rotor gira a una variable velocidad, y una turbina de bomba (2) que está conectada directamente al rotor del motor de generador de velocidad variable (1) para accionar el rotor en un modo de generación de potencia y ser accionada por el rotor en un modo de bombeo, donde el aparato de generación de potencia de almacenamiento por bombeo de velocidad variable (100) realiza, en el modo de generación de potencia, un control de velocidad proporcionando, a la turbina de bomba (2) que es un motor, un comando de control de velocidad que es calculado por un controlador de velocidad de rotación (161) que incluye un elemento de control proporcional, un elemento de control integral y un elemento de control diferencial, sobre la base de una desviación entre la velocidad de rotación del rotor y un comando de velocidad de rotación del rotor, y un control de potencia proporcionando un comando de potencia de salida al motor de generador,
- 10
- 15 donde
- el aparato de generación de potencia de almacenamiento por bombeo de velocidad variable (100) realiza un control en el modo de generación de potencia para establecer una tasa de cambio máxima de la constante de comando de potencia de salida cuando una frecuencia de deslizamiento que es una diferencia entre una potencia de sistema de potencia comercial (f) y una frecuencia (f_N) correspondiente a la velocidad de rotación (N) del rotor está dentro de un intervalo de funcionamiento normal, limitar la tasa de cambio máxima del comando de potencia de salida multiplicando la tasa de cambio máxima por un valor en un intervalo de uno a
- 20
- 25 cero de acuerdo con una cantidad de desviación de la frecuencia de deslizamiento con respecto al intervalo de funcionamiento normal cuando la frecuencia de deslizamiento está dentro de un intervalo que está por debajo de un límite inferior del intervalo de funcionamiento normal en un valor predeterminado o menos o dentro de un intervalo que excede un límite superior del intervalo de funcionamiento normal en un valor predeterminado o menos, y limitar la tasa de cambio máxima del comando de potencia de salida multiplicando la tasa de cambio máxima por cero cuando la frecuencia de deslizamiento está en un intervalo que está por debajo del límite inferior en el valor predeterminado o más o en un intervalo que excede el límite superior en el valor predeterminado o más.
- 30
- 35 2. El aparato de generación de potencia de almacenamiento por bombeo de velocidad variable (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que cada una de una función limitante de límite superior (60) y una función limitante de límite inferior (70) determinadas de acuerdo con una apertura óptima de paleta guía (Y_a) de un circuito de prevención de embalamiento de salida de elemento de control integral en un elemento de control integral (43) del controlador de velocidad de rotación (161) se multiplica por una función limitante de límite superior (61) o una función limitante de límite inferior (71) que varía dentro de un intervalo de uno o menos a un valor fijo (a, b) de acuerdo con una desviación entre un comando de velocidad de rotación óptima (N_a) y la velocidad de rotación (N) y se determina de acuerdo con una desviación de velocidad de rotación para limitar la salida del comando de control de velocidad debido a la salida de acumulación en una función de control integral cuando la tasa de cambio de comando de potencia de salida disminuye repentinamente.
- 40
- 45 3. El aparato de generación de potencia de almacenamiento por bombeo de velocidad variable (100) de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el valor fijo (b) en la función limitante de límite superior (61) se selecciona de un intervalo de 0,01 a 0,5 en un intervalo en el que la velocidad de rotación (N) excede el comando de velocidad de rotación óptima (N_a), y el valor fijo (a) en la función limitante de límite inferior (71) se selecciona de un intervalo de 0,01 a 0,5 dentro de un intervalo en el que la velocidad de rotación (N) está por debajo del comando de velocidad de rotación óptima (N_a) o dentro de un intervalo fijo próximo a cero en un estado en el
- 50 que la velocidad de rotación (N) excede el comando de velocidad de rotación óptima (N_a).

FIG. 1

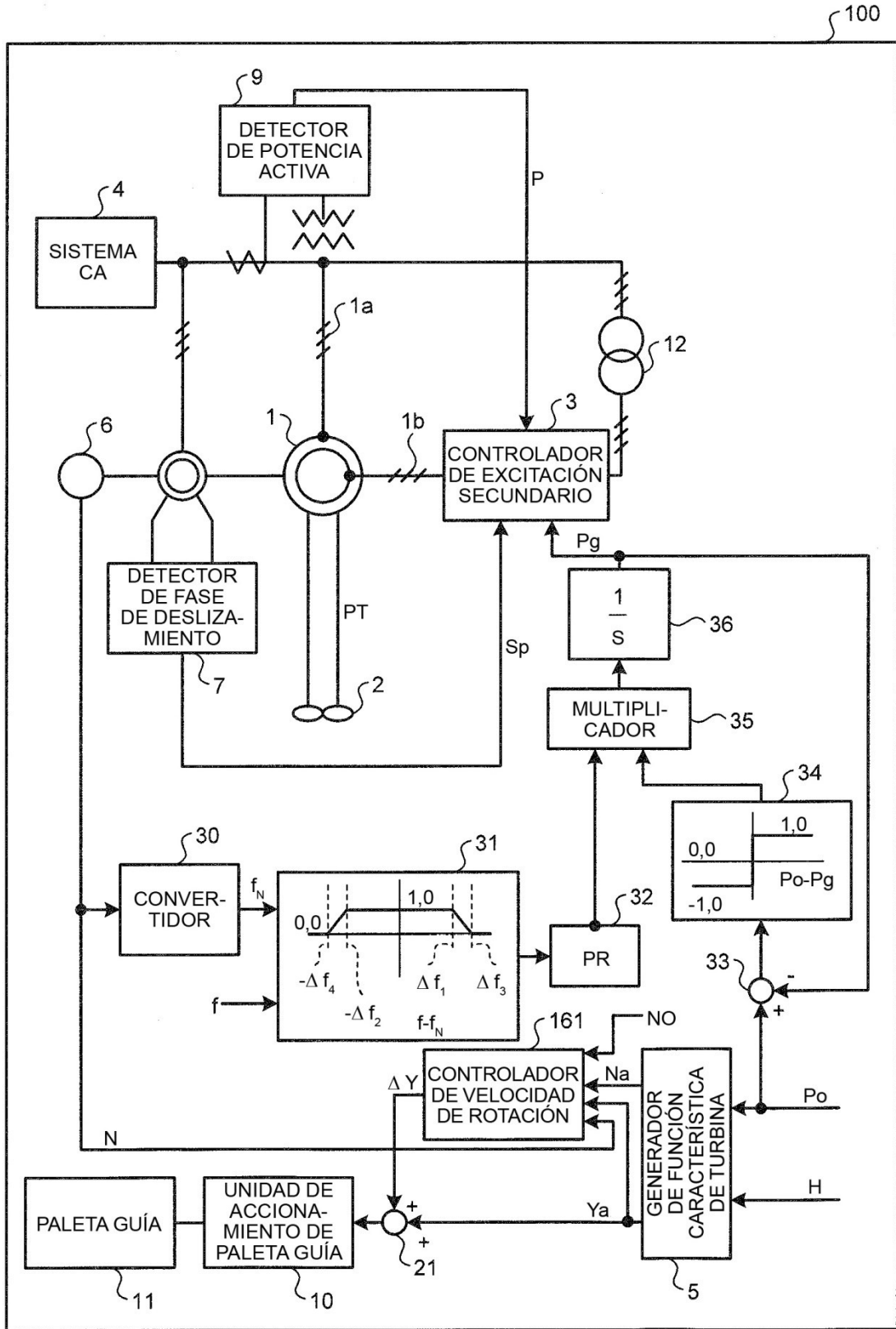


FIG.2

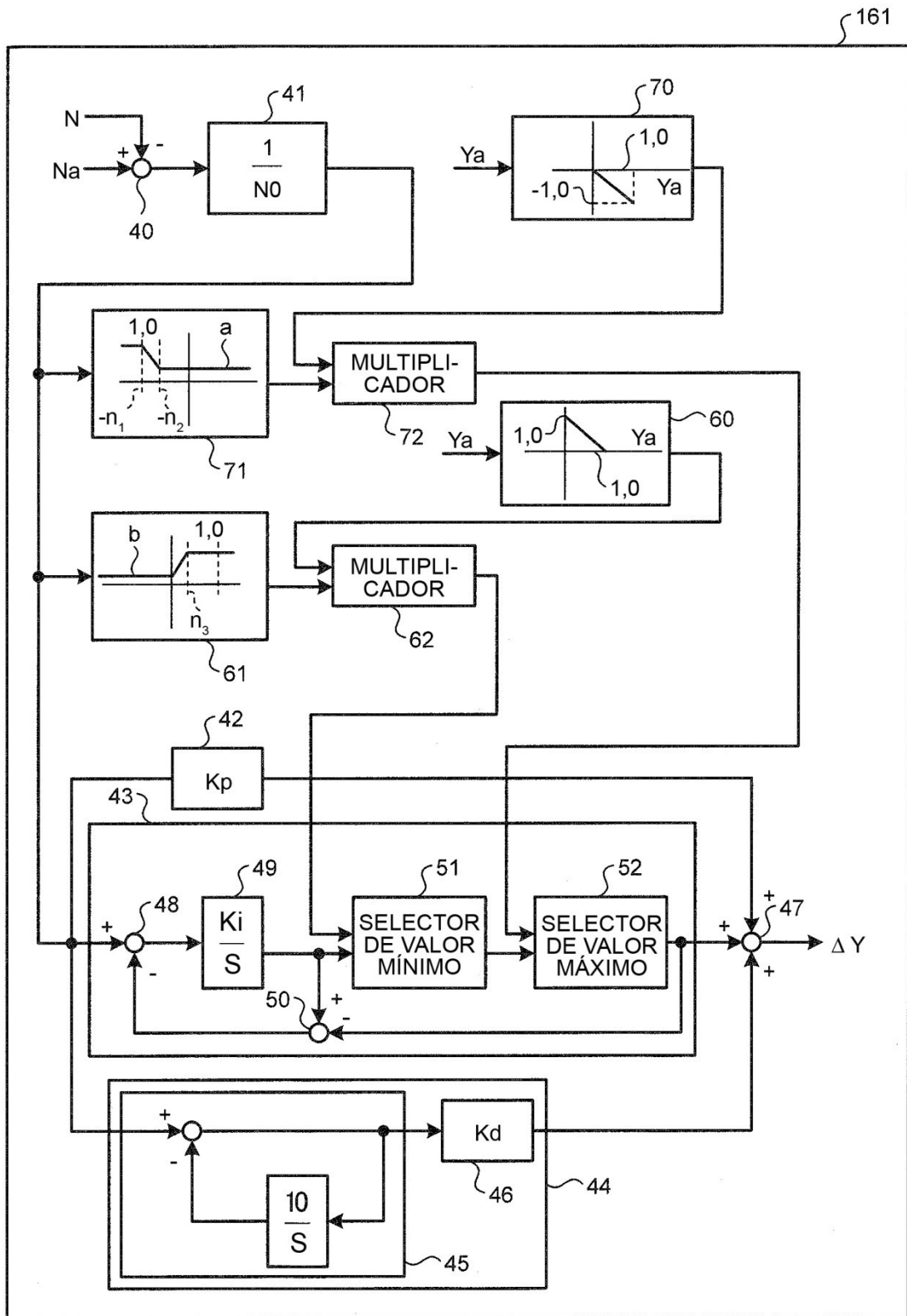


FIG. 3

