

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 685 747**

51 Int. Cl.:

F03B 13/10 (2006.01)

F03B 15/16 (2006.01)

F03B 15/14 (2006.01)

F03B 3/06 (2006.01)

F03B 3/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.06.2009 PCT/US2009/003894**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.01.2010 WO10002452**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.06.2009 E 09773905 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.08.2018 EP 2307704**

54 Título: **Generador de turbina hidráulica**

30 Prioridad:

03.07.2008 US 217336

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

11.10.2018

73 Titular/es:

SHIFRIN, SALVATORE (50.0%)

74 Route 87

Columbia, CT 06237-1024, US y

SHIFRIN, JOSEPH (50.0%)

72 Inventor/es:

SHIFRIN, SALVATORE y

SHIFRIN, JOSEPH

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 685 747 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

Generador de turbina hidráulica

5 Antecedentes de la invención

Campo de la invención

10 La presente invención se refiere por lo general a un sistema y a un aparato para generar energía eléctrica. Más específicamente, la presente invención se refiere a un generador de turbina hidroeléctrica y a un sistema de control basado en ordenador. El generador de turbina hidroeléctrica se puede instalar y operar en sitios hidroeléctricos de pasada fluviales de altura de caída baja, y gran volumen en todo el mundo.

15 La turbina hidroeléctrica se ha diseñado específicamente para pequeñas aplicaciones hidráulicas y no es una gran turbina de "escala reducida". La turbina hidroeléctrica se aprovecha de la situación actual de la tecnología de punta, y la aplica de la manera más apropiada para pequeños sitios hidroeléctricos actualmente infrautilizados. En Connecticut, Massachusetts y Nueva York hay solamente 4.100 represas registradas. De estas represas registradas, aproximadamente 350 se utilizan para la generación de energía hidroeléctrica. Hay aproximadamente 3.750 sitios potenciales de energía hidroeléctrica sin desarrollar en esta pequeña región. En muchos casos, estos son sitios de molino antiguos con una historia previa de producción de energía hidroeléctrica. Hay un número infinito de posibles sitios de generación de energía limpia y renovable en todo el mundo, los cuales se pueden desarrollar utilizando la presente invención. Algunos de estos sitios no son antiguos sitios de molinos, no son represas registradas y actualmente se consideran que no tienen costes justificables.

25 La presente invención y tecnología permitirá desarrollar y utilizar un vasto potencial de generación de energía limpia y renovable sin explotar de manera rentable. Por otra parte, una turbina hidroeléctrica según la presente invención abrirá significativas oportunidades de producción de energía para otras partes del mundo, incluyendo aplicaciones en "países del tercer mundo" donde el coste y las complejidades de los equipos hidráulicos actuales han hecho que sea difícil o imposible de considerar.

30 Breve descripción de la técnica relacionada

35 La generación de energía hidroeléctrica es bien conocida en la técnica anterior. La Patente de Estados Unidos nº. 4.674.279 de Ali, *et al.* (en adelante "la Patente '279") divulga un sistema de control para una planta de energía hidroeléctrica de tipo pasada río en el que la carga en la una o más unidades del generador de turbina se equipara con el caudal del río. La una o más unidades operan a la altura de caída máxima disponible para las condiciones de flujo existentes para producir la energía máxima disponible a partir de la corriente del río para la capacidad instalada de la planta y dentro de la gama de capacidad de operación permitida y segura de la una o más unidades del generador de turbina. El sistema de control se puede emplear con una pluralidad de unidades del generador de turbina en una planta de energía hidroeléctrica.

45 Como se divulga en la Patente '279, la turbina tiene un alojamiento principal y un rodete. El suministro de agua al rodete se controla por álabes directores. El medio de control de flujo incluye controles de flujo o dispositivos de modulación (álabes directores, palas del rodete o boquillas). El medio de control de flujo, o detección de posición de los álabes directores, proporciona una señal indicativa de la posición real del control de flujo o de los álabes directores. El sistema de control opera para realizar ya sea: (i) la apertura del medio de control de flujo o álabes directores para aumentar la operación de la turbina; o (ii) el cierre del medio de control de flujo o álabes directores para disminuir la operación de la turbina. El sistema de control opera automáticamente en respuesta a las variaciones en el flujo o en respuesta a las condiciones del río.

50 Otra técnica anterior divulga tipos adicionales de turbinas hidráulicas de estilo "Kaplan" y los sistemas de control relacionados con el control del paso de los rodetes y/o álabes directores. Por ejemplo, la patente de Estados Unidos nº. 5.441.384 de Gokhman describe específicamente una pluralidad de ángulos y una pluralidad de disposiciones de álabes directores y rodetes de pala. La Patente de Estados Unidos nº. 4.610.599 de Long describe un sistema de control para una turbina hidráulica "Kaplan". Más específicamente, esta patente proporciona un método de control para álabes directores ajustables y rodetes de pala ajustables en una turbina hidráulica.

60 La patente de Estados Unidos 5.322.412 de Erlach (en adelante "la Patente '412") y la patente de Estados Unidos 5.754.446 de Fisher, Jr. (en adelante "la Patente '446") describen un método para optimizar los controles de las turbinas "Kaplan" hidráulicas. La Patente '412 describe el uso de álabes directores y rodetes ajustables para optimizar el rendimiento. El sistema de control detecta las fluctuaciones de la presión de soporte y/o de la salida CA del generador para cambiar los ángulos de los álabes directores y rodetes. Del mismo modo, la Patente '446 describe el uso de varios sensores para controlar el ajuste de los ángulos de los álabes directores y rodetes optimizando así el rendimiento de la turbina. El documento EP0825344A1 divulga un método y un sistema para optimizar el rendimiento de una unidad de generación de potencia de turbina Kaplan, en la que una leva virtual de "N-dimensiones" óptima se carga con la configuración de posición de los álabes y palas produciendo la máxima

salida de potencia para un conjunto de N parámetros de operación.

Ninguna de estas descripciones de la técnica anterior proporciona una turbina hidroeléctrica diseñada específicamente para su uso en aplicaciones pequeñas, micro o mini-hidroeléctricas. Además, en la técnica anterior, la relación entre los álabes directores y palas del rodete es dependiente; la posición de la pala del rodete se controla directamente por la posición de los álabes directores en lugar de optimizando verdaderamente el ángulo de las palas del rodete para la salida de potencia máxima. Además, tales dispositivos de la técnica anterior no proporcionan un flujo pre-condicionado por el álabe director para un rendimiento óptimo de la pala del rodete.

Por lo tanto un objeto de la presente invención es superar estas limitaciones en la técnica anterior y proporcionar una turbina hidroeléctrica diseñada específicamente para pequeñas aplicaciones hidroeléctricas. También un objeto de la presente invención es proporcionar un medio para controlar de forma independiente los álabes directores y palas del rodete para lograr una generación de energía óptima. Del mismo modo, un objeto de la presente invención es proporcionar un medio para pre-condicionar del flujo a las palas del rodete por los álabes directores para lograr una óptima generación de energía.

Descripción de la invención

La presente invención se establece en la reivindicación 1. El generador de turbina se puede utilizar para sitios de altura de caída baja y alto volumen de flujo. La turbina hidroeléctrica puede comprender una hélice regulada doble y utiliza el sistema de turbina y álabe Kaplan para producir energía eléctrica de manera eficiente a través de una amplia gama de flujos comunes en "sistemas de pasada fluviales". La turbina hidroeléctrica se puede diseñar para funcionar a niveles de eficiencia por encima del 90 %, y puede manejar flujos tan bajos como 20 cfs. La flexibilidad total de salida de la unidad está normalmente entre 100 kW y 700 kW.

El generador de turbina puede funcionar en o fuera de una red de energía eléctrica; puede ser de diseño modular, por lo tanto, múltiples unidades se pueden operar en serie; puede tener la capacidad de alternar entre la turbina primaria y una serie de turbinas; y puede comprender un medio para el reconocimiento automático y la sincronización cuando se utilizan múltiples unidades.

La presente invención comprende un sistema de control basado en ordenador autónomo integrado. El software de control en bucle cerrado puede modular tanto las posiciones de los álabes directores como de las palas basándose en la producción de potencia real del generador. El programa de software puede implementar capacidades de búsqueda continua para la salida de potencia optimizada comenzando con una relación de posición inicial de los álabes directores con respecto a la pala. El programa puede a continuación utilizar un algoritmo de búsqueda y ajuste para optimizar la eficacia operativa máxima basándose en el ángulo de las palas del rodete y salida de potencia real independientemente del ángulo de los álabes directores.

En una realización convencional de la presente invención, no se requieren sistemas hidráulicos. En su lugar, todos los accionamientos, incluyendo el ángulo de las palas del rodete y el ángulo de los álabes directores, se logran a través de servo motores y dispositivos mecánicos. Los ángulos de palas de los álabes directores variables y los ángulos de pala que funcionan giratoriamente pueden ser independientes entre sí, permitiendo que las palas de los álabes directores pre-acondicionen el flujo a las palas del rodete para la máxima producción de potencia.

La reducción de la velocidad de giro puede realizarse mediante el uso de correas de distribución en lugar de una caja de engranajes cargada de aceite. Esto elimina la necesidad de depósitos hidráulicos o de aceite de lubricación situados en estrecha proximidad a la fuente de agua y permite un mantenimiento simplificado.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 ilustra vistas superior, isométrica, lateral y de salida de agua de una unidad de turbina hidroeléctrica de acuerdo con la presente invención.

La Figura 2 ilustra una vista lateral en sección transversal de la unidad de turbina hidroeléctrica de la Figura 1 con mayor detalle de los componentes y sistemas individuales.

La Figura 3 proporciona vistas en sección tomadas a lo largo de la sección A y la sección B de la Figura 2. La sección A representa el extremo de salida de agua de la turbina hidroeléctrica y la Sección B representa un corte de la sección transversal en el mecanismo de ángulo del rodete.

La Figura 4 proporciona vistas en sección tomadas a lo largo de la sección C y la Sección D de la Figura 2. La sección C representa un corte de la sección transversal entre el álabe director y el rodete de la turbina hidroeléctrica y la Sección D representa el extremo de entrada de agua de la turbina hidroeléctrica y el sistema de reducción de velocidad del eje de accionamiento al generador.

La Figura 5 proporciona un diagrama de flujo general de un medio de control de generación de potencia de acuerdo con la presente invención.

5 La Figura 6 proporciona un diagrama de flujo de un medio de control de los álabes directores de acuerdo con la presente invención.

La Figura 7 proporciona un diagrama de flujo de un control de la pala del rodete significa de acuerdo con la presente invención.

10 Descripción detallada de la invención

Normalmente, la presente invención comprende uno o más generadores de turbinas Kaplan hidroeléctricas. Cada generador de turbina Kaplan utiliza una pluralidad de palas de los álabes directores fijas y una pluralidad de palas del rodete giratorias que giran a lo largo de un eje. Los álabes directores son un componente clave en las turbinas hidroeléctricas que controlan el flujo de agua desde las tuberías de entrada a las hélices de turbina o palas del rodete. Normalmente, los álabes directores no pre-acondicionan el flujo de agua antes de ponerse en contacto con las palas del rodete debido a su relación de dependencia con las palas del rodete, la ubicación física con la turbina, y debido a que se utilizan para mantener el nivel del depósito.

20 Vistas superior, isométrica, lateral, y de salida de agua de una unidad de turbina hidroeléctrica 10 de acuerdo con la presente invención se representan en la Figura 1. Una vista lateral en sección transversal de la unidad de turbina hidroeléctrica 10 se proporciona en la Figura 2. Como se muestra en la Figura 2, las características de la unidad comprenden un servo ángulo 12(a) del rodete, un mecanismo de ángulo 12(b) del rodete, y un rodete 12(c). Las características de la unidad comprenden además un servo/caja de engranajes 12(d) del álabe, un mecanismo angular 12(e) del álabe, y un álabe director 12(f). Como se muestra además en la Figura 2, la unidad comprende un árbol de accionamiento 12(g) del generador y un medio de reducción de velocidad del eje de accionamiento al generador 12(h).

30 Como se muestra en la Figura 3, la sección A representa el extremo de salida de agua 12(i) de la turbina hidroeléctrica y la Sección B muestra un corte en sección transversal en el mecanismo de ángulo del rodete. Los rodetes giratoriamente montados 12(c) y el álabe director montado de forma fija 12(f) se muestran en las dos vistas en sección.

35 Como se muestra en la Figura 4, la sección C representa un corte de la sección transversal entre el álabe director 12(f) y el rodete 12(c) de la turbina hidroeléctrica 10. La sección D representa el extremo de entrada de agua 12(c) de la turbina hidroeléctrica 10 y el sistema de reducción de velocidad del eje de accionamiento al generador 12(h).

40 Una realización preferida de la presente invención comprende una disposición de los álabes directores estacionario con relación independiente a las palas del rodete giratorias. La independencia de los álabes directores con respecto a las palas del rodete permite pre-acondicionar el flujo de agua antes del contacto con las palas del rodete. El álabe director se puede ajustar para diferentes ángulos de las palas del rodete, determinado por un medio de control. Anteriormente, cada ángulo de los álabes directores ha cooperado con un ángulo de pala del rodete preestablecido de tal manera que un cambio en el álabe director cambia automáticamente el ángulo del rodete a la misma condición preestablecida. La presente invención proporciona el control independiente de los álabes directores de tal manera que su ángulo se ajusta para mantener el nivel del depósito y para pre-acondicionar el flujo de agua permitiendo así que las palas del rodete consigan de forma independiente, como se determina por un medio de control, una salida de potencia óptima.

50 Una realización preferida de la presente invención comprende además un convertidor de par para controlar con precisión una hélice de velocidad variable y un generador de velocidad fija. Por consiguiente, la hélice de la presente invención se puede manipular para funcionar a la velocidad más eficiente para todas las condiciones de operación dadas generando así el par óptimo permitiendo al mismo tiempo que la potencia generada sea de nuevo alimentada en la red de energía (típicamente, 50 - 60 Hz). El sistema de control del generador de turbina hidroeléctrica emplea una serie de controladores y sensores para medir las condiciones de operación y ajustar automáticamente el sistema global a través de un número de bucles de realimentación. Algunos parámetros de operación controlados por el sistema de control incluyen: el volumen y la dirección de entrada; ángulos de los álabes directores variables; paso de la hélice por las palas del rodete variable; elevación diana de la fuente de flujo; los caudales del sistema; y otros controles del generador hidroeléctrico estándares.

60 Un medio de control de salida de potencia de acuerdo con la presente invención se describe a través de un diagrama de flujo en la Figura 5. Un sensor de nivel de agua 14 obtiene una lectura de la altura del agua en el depósito. La altura de agua es el resultado de: (i) la cantidad de flujo volumétrico en el río; y (ii) la cantidad de flujo volumétrico que se permite a través de la turbina hidroeléctrica 10. La cantidad de flujo volumétrico que se permite a través de la turbina hidroeléctrica 10 es el efecto del ángulo 16 de los álabes directores y del ángulo 18 de las palas del rodete con respecto al flujo volumétrico total de agua a través el sistema. La altura de agua que se lee del sensor de nivel de agua 14 y la altura de agua diana 20 se pasan a continuación al controlador 22 de los álabes directores.

El controlador 22 de los álabes directores determina a continuación el ajuste apropiado en el ángulo 24 de los álabes directores para obtener la altura de agua diana 20.

La salida de potencia teórica de una turbina hidroeléctrica "de pasada fluvial" se puede calcular por la ecuación:

$$P = g * Q * H * e$$

Donde P es la potencia en kilovatios, g es igual a la constante de gravitación que es de aproximadamente 9,81 metros por segundo al cuadrado, Q es el flujo volumétrico a través del sistema en metros cúbicos por segundo, H es la altura de presión en metros, y e es el índice de eficiencia de la unidad de turbina hidroeléctrica. Por lo tanto, es evidente que a medida que la posición de los álabes directores y las palas del rodete cambian y tienen un efecto sobre el flujo a través de la turbina hidroeléctrica; tienen también un efecto sustancial en la salida de potencia del generador.

Estos efectos se ilustran en la Figura 5 por el efecto del ángulo de los álabes directores en la salida de potencia 26 y el efecto del ángulo de las palas del rodete en la salida de potencia 28. Una lectura de la salida de potencia real (no teórica) del generador 30 se pasa después al controlador 32 de las palas del rodete que toma una decisión para el cambio apropiado en el ángulo de las palas del rodete para aumentar la salida de potencia. El controlador 32 de las palas del rodete establece, a continuación, el ángulo 34 de las palas del rodete reiniciando el bucle de control de las palas del rodete.

La Figura 6 representa el controlador 22 de los álabes directores en mayor detalle. El bucle de control de los álabes directores representa un bucle de control estándar Proporcional-Integral-Derivada ("PID") paralelo. El bucle comienza tomando un punto de consigna, que en este caso es la altura de agua diana 20 y restando la altura de agua real (registrada desde el sensor de nivel de agua 14) en el bloque de suma 36 para encontrar el error 38 del sistema. El error 38 se pasa después a cada uno de los tres elementos del control PID. El primer elemento, el término proporcional 40 se describe por la ecuación:

$$P_{fuera} = K_p e(t)$$

Donde P_{fuera} es el cambio proporcional determinado necesario para corregir el error 38 en el sistema, K_p es el coeficiente de ganancia proporcional que es un factor de escala para regular el efecto del término proporcional en el sistema, y $e(t)$ es el error medido como una función del tiempo. El término proporcional del bucle PID representa principalmente la magnitud del error en el sistema.

El segundo elemento del bucle de control PID es el elemento integral 42 que se describe por la ecuación:

$$I_{fuera} = K_i \int e(\tau) d\tau$$

Donde I_{fuera} es el cambio determinado necesario para corregir el error con respecto a la integral del error en el sistema, K_i es el coeficiente integral que es un factor de escala para regular el efecto del término integral en el sistema, el término integral consiste en la integración del error desde el tiempo cero hasta un límite de tiempo prescrito. El elemento integral del bucle de control PID toma en cuenta la cantidad de tiempo que existe un error y por lo tanto hace un ajuste apropiado.

El elemento final de la porción PID del control de los álabes directores es el término derivada 44 que se describe mejor mediante la ecuación:

$$D_{fuera} = K_d \frac{de}{dt}$$

Donde D_{fuera} es la corrección determinada para el error en el sistema basado en la derivada del error, K_d es el coeficiente derivado que es un factor de escala para regular el efecto del término derivada en el sistema, y $\frac{de}{dt}$ es la derivada del error con respecto al tiempo. El término derivada del bucle de control PID representa la velocidad a la que la altura del agua se aproxima a la altura del agua diana para evitar sobrepasar o quedarse por debajo de la diana.

Las correcciones prescritas de cada uno de los tres elementos de la porción de control PID del control de los álabes directores se suman después hasta 46 para producir la corrección necesaria total para el sistema para obtener la altura de agua diana 20. La corrección determinada en altura de agua se acondiciona, a continuación, para aplicarse al álabe director multiplicando por un factor de escala 48 y sumando un factor de compensación 50 para llevar la corrección a un intervalo apropiado para los ángulos 52 de los álabes directores. El ajuste en el ángulo de los álabes directores se realiza 52 a continuación. Como precaución de seguridad, el controlador 22 de los álabes directores envía, a continuación, una señal al controlador 32 de las palas del rodete indicando la posición actual 52 de los álabes directores. En el caso de que los álabes directores se cierran, el controlador 32 de las palas del rodete no tomará ninguna acción. El controlador 22 de los álabes directores permite a continuación un incremento de tiempo prescrito 54 para pasar antes de tomar otra lectura de la altura de agua, comenzando por tanto el proceso de nuevo.

La Figura 7 ilustra una vista detallada del control 32 de las palas del rodete. El control 32 de las palas del rodete toma primero en consideración el ángulo 52 del director de álabe; esta consideración solo se apoya sobre las acciones de la pala del rodete en la condición singular de que los álabes directores se cierran. Esta consideración evita la búsqueda excesiva de las palas del rodete. Si el ángulo 52 de los álabes directores es mayor que cero (no completamente cerrado) 56, a continuación, el bucle de control 32 de las palas del rodete continúa el proceso de control. A continuación, el controlador reconoce el temporizador de instalación 58 para evitar una condición de persecución del sistema en el que el sistema de control no permite que el sistema de turbina hidroeléctrica físico se estabilice, causando cambios no deseados e incorrectos. Si la condición de finalización del temporizador se cumple 60 entonces se permite que el bucle de control proceda.

El sistema obtiene a continuación la lectura de salida de potencia actual del generador 62 y la compara con la salida de potencia del generador obtenida en la iteración anterior 64. Si la potencia actual generada es menor que la potencia generada en la iteración anterior del bucle procede 66, de otro modo, si la potencia generada se ha incrementado de la iteración anterior, ningún cambio se hace en el sistema y el bucle se reinicializa. Si el bucle procede, el sistema presta atención a la acción adoptada en la iteración anterior. Si las palas del rodete se han abierto un incremento fijo en la iteración anterior 68, entonces, las palas del rodete se cierran un incremento fijo en la iteración actual 70. Si las palas del rodete se han cerrado un incremento fijo en la iteración anterior 72, a continuación, las palas del rodete se abren un incremento fijo en la iteración actual 74. El temporizador de instalación se restablece 76 después para permitir que el sistema físico se estabilice debido al cambio en la altura de agua con respecto al cambio en el ángulo 18 de las palas del rodete. El bucle de control 32 de las palas del rodete comienza, a continuación, de nuevo.

REIVINDICACIONES

1. Un generador de turbina hidroeléctrica que comprende:

- 5 a) una entrada;
b) una pluralidad de álabes directores;
c) un mecanismo de ajuste del ángulo de los álabes directores;
d) una pluralidad de palas del rodete;
e) un mecanismo de ajuste del paso de las palas del rodete;
10 f) un medio para transferir el par y la velocidad angular a un generador de potencia;
g) un sensor de nivel de agua (14) para determinar una altura de fuente de agua real;
h) un sistema de control basado en ordenador autónomo integrado que tiene un software de control en bucle cerrado almacenado en su interior y ejecutado incluyendo de ese modo (i) un algoritmo de optimización de potencia capaz de optimizar la eficiencia operativa máxima basándose en un ángulo des palas del rodete y una salida de potencia; y (ii) un bucle de control Proporcional-Integral-Derivada paralelo capaz de calcular una diferencia entre una altura de fuente de agua diana y una altura de fuente de agua real, y para calcular la corrección necesaria total para el sistema para obtener la altura de agua diana (20) y (iii) módulos (48, 50, 52) para determinar el ajuste del álabe director multiplicando dicha corrección por un factor de escala (48) y sumando un factor de compensación (50) para llevar la corrección a un intervalo apropiado para la ángulos (52) de los álabes directores;
20 i) un primer controlador para instruir el mecanismo de ajuste del ángulo de los álabes directores para realizar el ajuste del ángulo de los álabes directores; y
j) un segundo controlador para instruir el mecanismo de ajuste de paso de las palas del rodete para realizar el ajuste de paso de las palas del rodete.

25 2. El generador de turbina hidroeléctrica de la reivindicación 1, en el que el mecanismo de ajuste de paso de las palas del rodete comprende además un medio para medir la salida de potencia.

30 3. El generador de turbina hidroeléctrica de la reivindicación 2, en el que el mecanismo de ajuste de paso de las palas del rodete comprende además un bucle de control para la medición de la salida de potencia.

4. El generador de turbina hidroeléctrica de la reivindicación 3, en el que el bucle de control para la medición de la salida de potencia calcula un aumento o una disminución en la salida de potencia.

35 5. El generador de turbina hidroeléctrica de la reivindicación 4, en el que el aumento o disminución en la salida de potencia se pasa al mecanismo de ajuste de paso de las palas del rodete.

6. El generador de turbina hidroeléctrica de la reivindicación 5 en el que el mecanismo de ajuste del ángulo de los álabes directores y el mecanismo de ajuste de paso de las palas del rodete comprenden servomotores.

40 7. El generador de turbina hidroeléctrica de la reivindicación 6, en el que el servomotor del ángulo de los álabes directores ajusta el ángulo de los álabes directores basándose en el cálculo de bucle de control Proporcional-Integral-Derivada del ajuste del ángulo de los álabes directores.

45 8. El generador de turbina hidroeléctrica de la reivindicación 7, en el que el servomotor de paso de las palas del rodete ajusta el paso de las palas del rodete basándose en el algoritmo de optimización de potencia.

50 9. El generador de turbina hidroeléctrica de la reivindicación 8, en el que el servomotor de paso de las palas del rodete ajusta el paso de las palas del rodete basándose en el aumento o disminución en la salida de potencia.

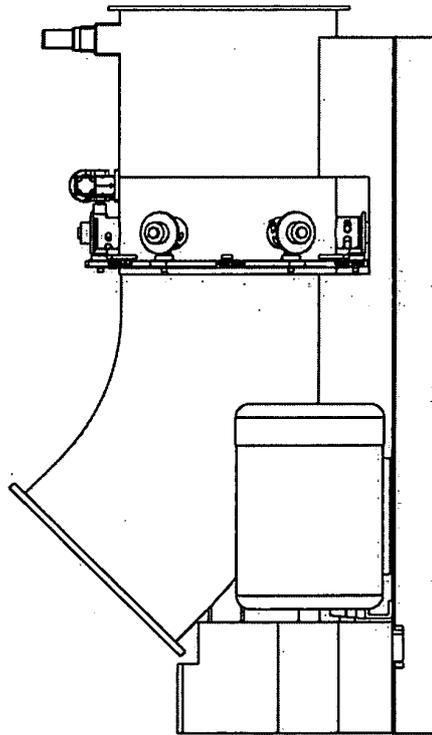
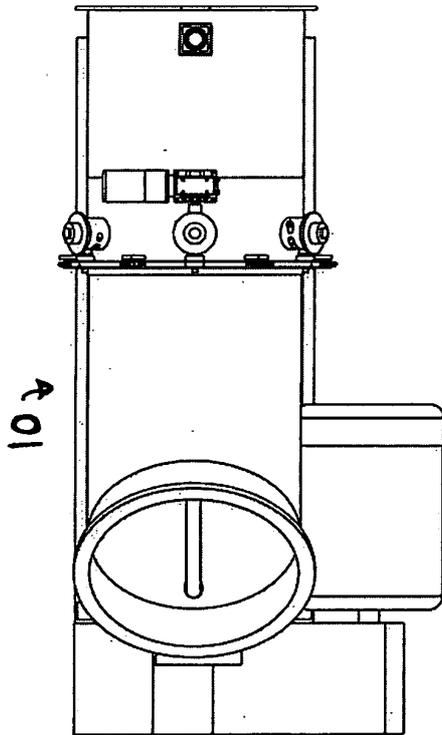
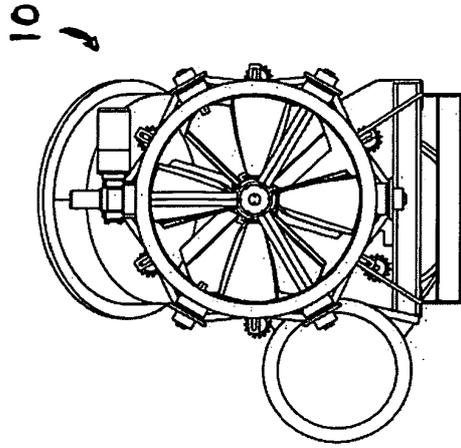
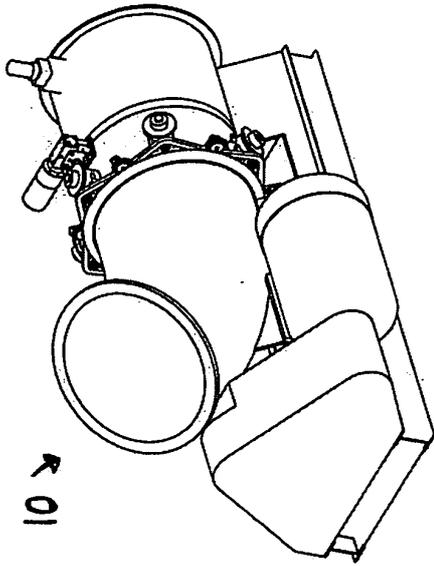
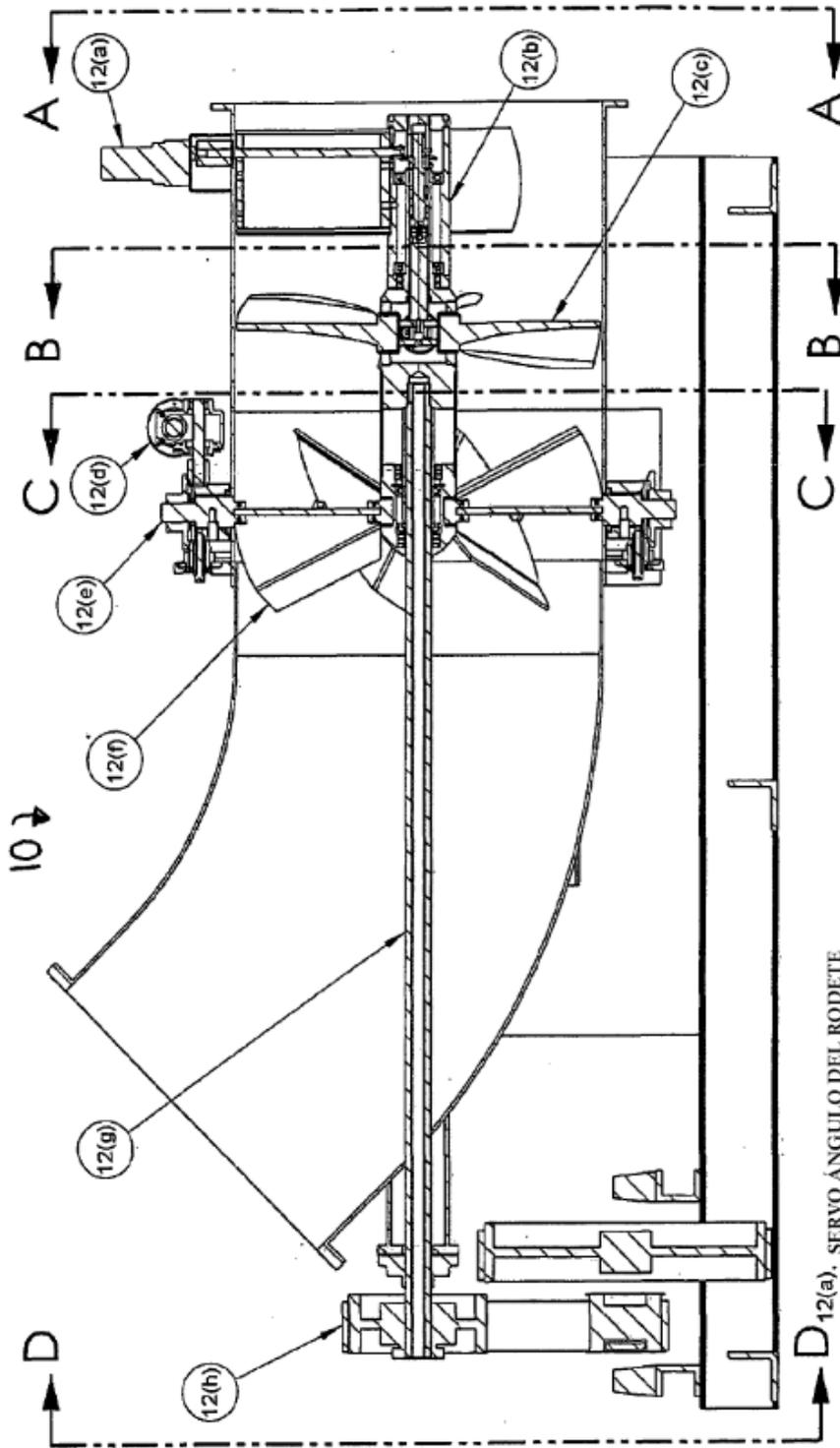


FIG. 1.



- 12(a). SERVO ÁNGULO DEL ROTETE
- 12(b). MECANISMO DE ÁNGULO DEL ROTETE
- 12(c). ROTETE
- 12(d). SERVO/CAJA DE ENGRANAJES DE ÁLABES
- 12(e). MECANISMO DE ÁNGULO DE ÁLABES
- 12(f). ÁLABE DIRECTOR
- 12(g). EJE DE ACCIONAMIENTO DEL GENERADOR
- 12(h). REDUCCION DE VELOCIDAD DEL EJE DE ACCIONAMIENTO AL GENERADOR

FIG. 2.

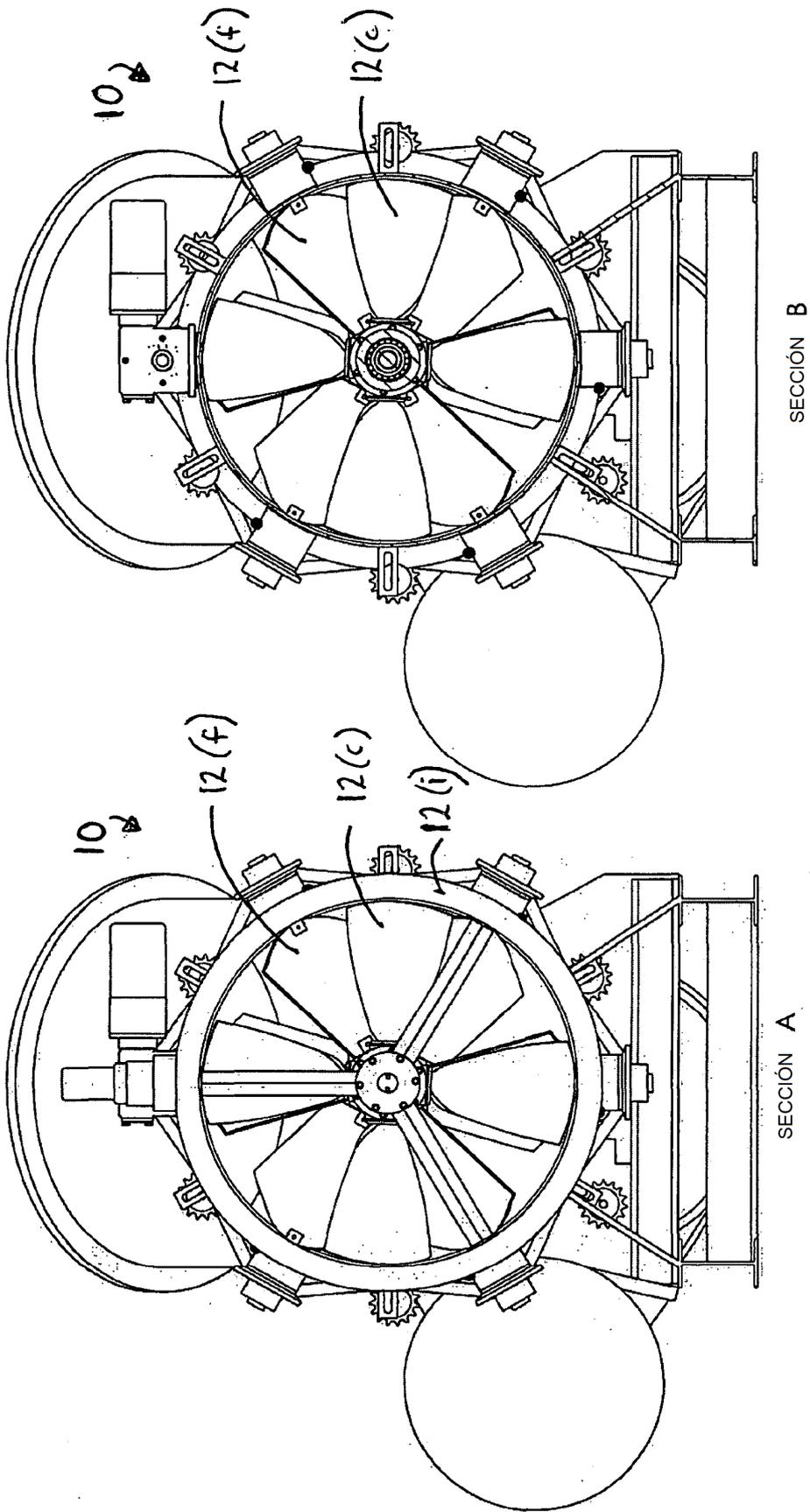


FIG. 3.

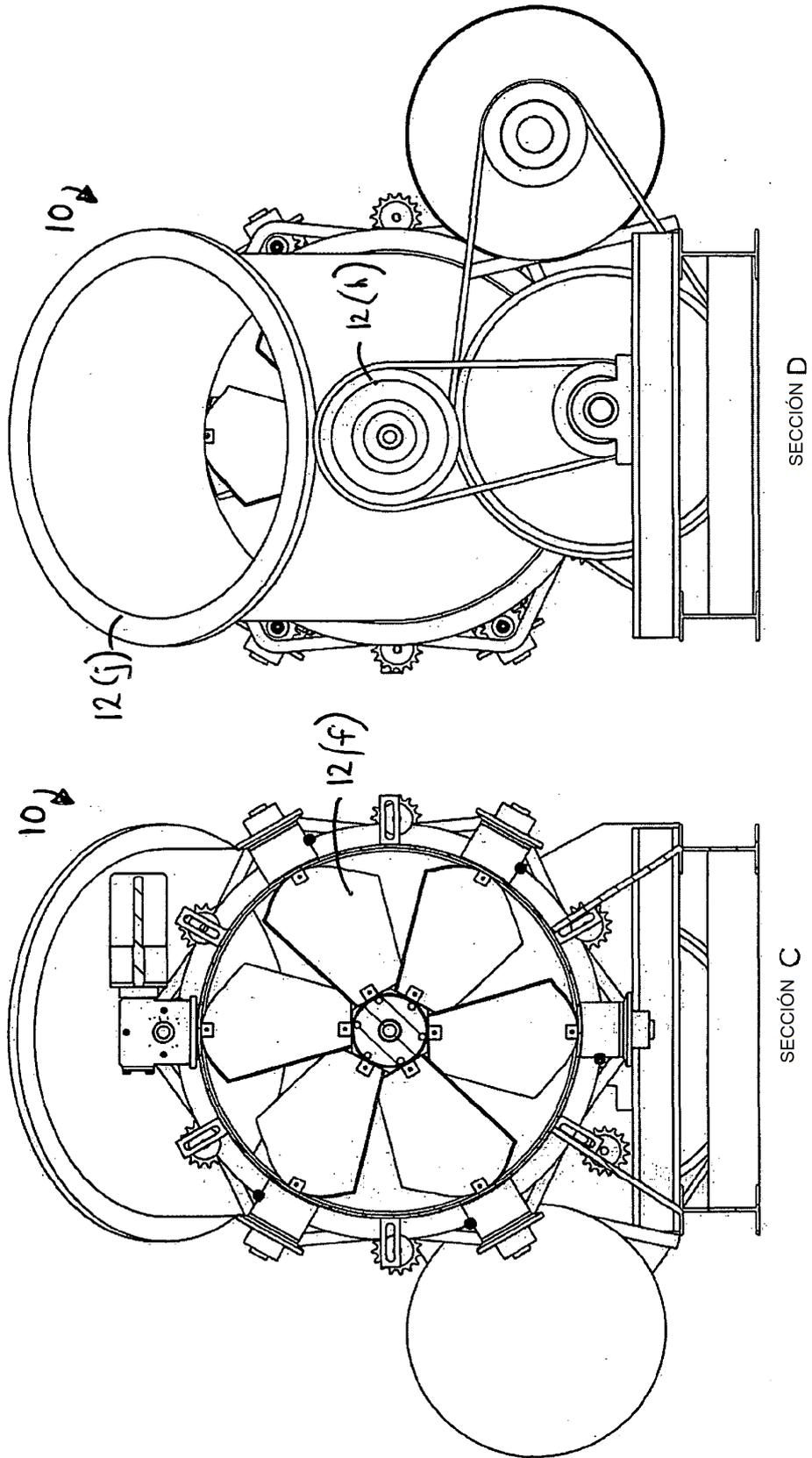
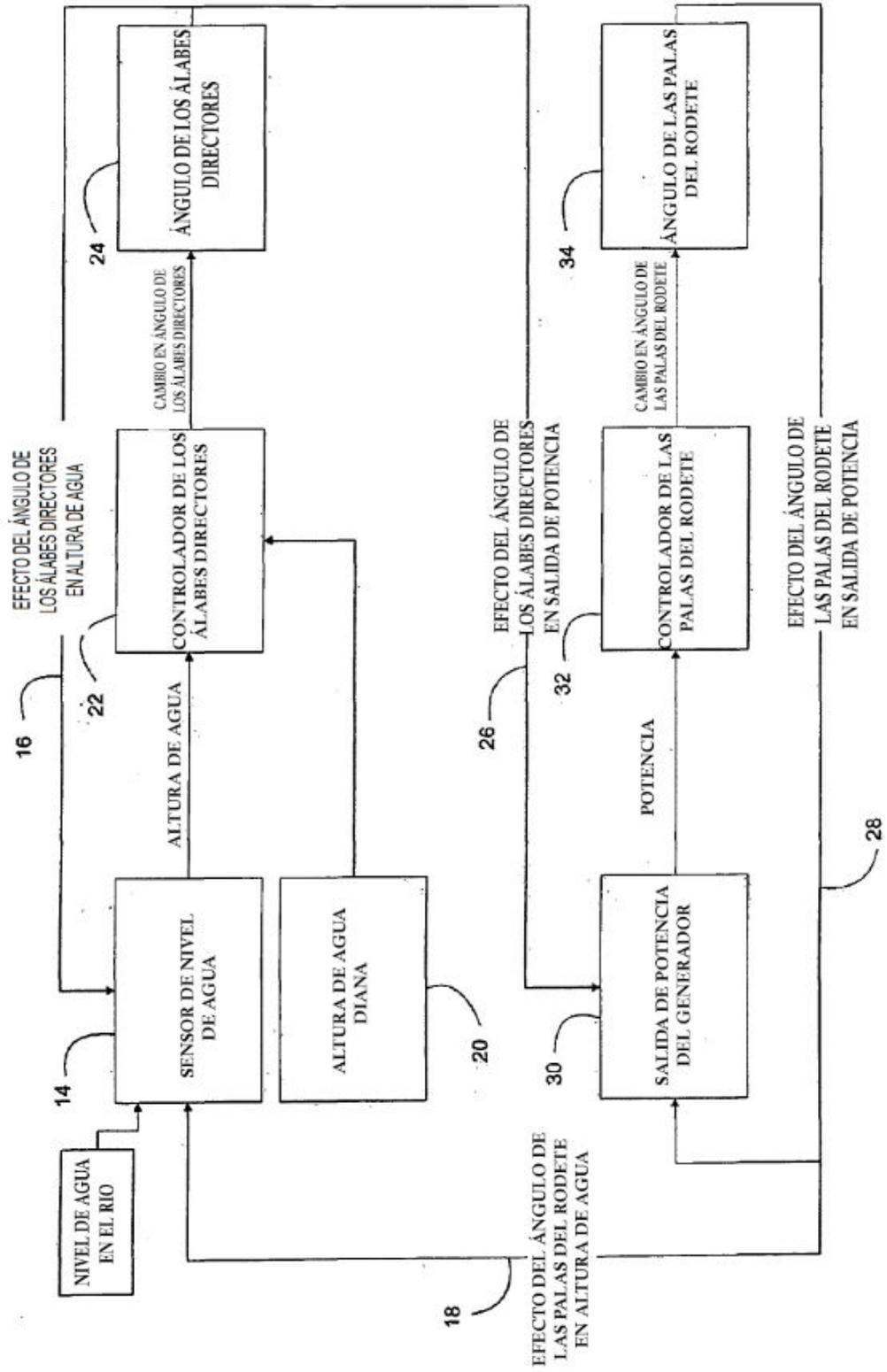


FIG. 4.

VISIÓN GENERAL

FIG. 5.



CONTROLADOR DE LOS ALABES DIRECTORES

FIG. 6.

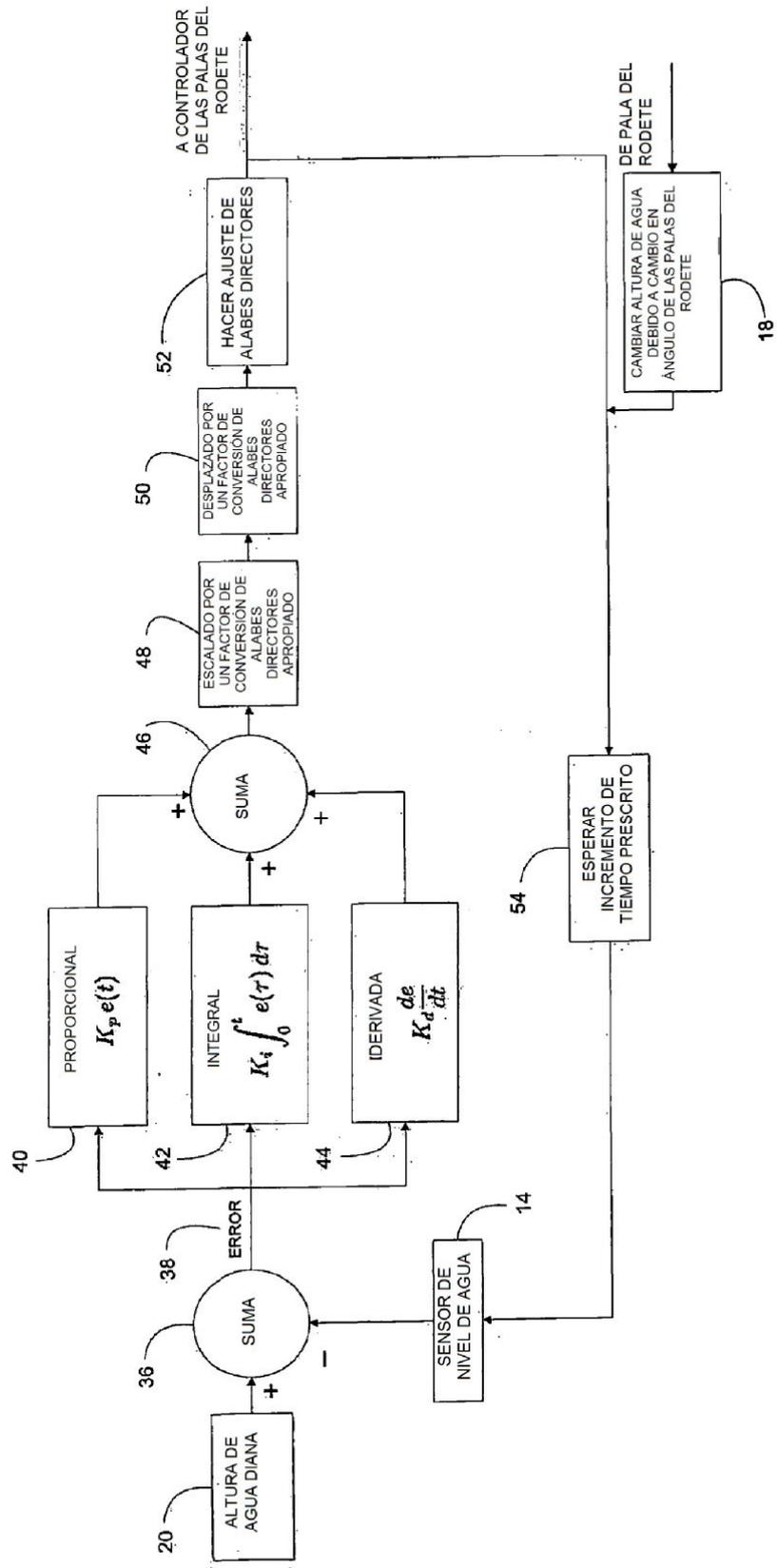


FIG. 7.

CONTROLADOR DE LAS PALAS DEL RODETE

