

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 753 629**

51 Int. Cl.:

**H02J 3/38** (2006.01)

**F03D 7/04** (2006.01)

**H02J 3/48** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.12.2016 PCT/DK2016/050426**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.07.2017 WO17114527**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.12.2016 E 16819808 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2019 EP 3398236**

54 Título: **Método para controlar una central de energía eólica**

30 Prioridad:

**29.12.2015 DK 201570887**

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

**13.04.2020**

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)  
Hedeager 42  
8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:

**VALCAN, DUMITRU-MIHAI;  
GARCIA, JORGE MARTINEZ;  
NAYEBI, KOUROUSH;  
THOMSEN, JESPER SANDBERG y  
KJÆR, MARTIN ANSBJERG**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

ES 2 753 629 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**

Método para controlar una central de energía eólica

5 **Campo técnico**

Aspectos de la invención se refieren al control de una central de energía eólica, particularmente en conexión con una amplificación de potencia o aumento rápido de la producción de potencia activa.

10 **Antecedentes de la invención**

La alta penetración de turbinas eólicas en las redes eléctricas ha permitido requisitos para las turbinas eólicas, sobre cómo deben contribuir a la estabilidad de las redes eléctricas. Tales requisitos se incluyen en los denominados códigos de red.

15 Uno de los requisitos que pueden incluirse en determinados códigos de red es la respuesta de inercia. La respuesta de inercia es una funcionalidad en la que la potencia se amplifica a partir de la producción normal durante un corto período de tiempo, es decir, se aumenta la potencia entregada a la red eléctrica. La función de amplificación de potencia puede estar disponible en todas las velocidades de viento. Para velocidades de viento muy bajas, la amplificación de potencia puede, en su lugar, reducirse.

20 Dependiendo del código de red, los detalles de la fase de amplificación pueden variar. En algunas ubicaciones, debe proporcionarse a petición una potencia de amplificación. En un ejemplo, puede especificarse que siempre que la producción de la central de energía eólica esté por encima del 25 % de potencia nominal, la central de energía eólica debe poder entregar una amplificación de potencia del 5-10 % de potencia nominal durante un período de tiempo dado, por ejemplo: hasta 10 segundos. El código de red también puede especificar los requisitos para el período de recuperación. A modo de ejemplo, después de la amplificación puede especificarse que la turbina eólica debe haber vuelto a un funcionamiento normal después de 2 minutos, y que durante la fase de recuperación la potencia producida por la turbina eólica debe permanecer dentro del 80 % de la potencia disponible.

25 El documento EP2384540 da a conocer un sistema de generación de potencia. El sistema de generación de potencia incluye una unidad de generación de potencia que puede hacerse funcionar para suministrar potencia eléctrica a un sistema de servicios públicos; una máquina síncrona acoplada al sistema de servicios públicos; un dispositivo de medición de red para medir la corriente y la potencia intercambiadas entre la máquina síncrona y el sistema de servicios públicos; un controlador para ajustar la potencia de salida de la unidad de generación de potencia en función de la potencia y la corriente medidas por el dispositivo de medición de red; y un enlace de comunicación entre el dispositivo de medición de red, el controlador y/o la unidad de generación de potencia. La unidad de generación de potencia se configura para proporcionar corriente y potencia al sistema de servicios públicos en función de la potencia y la corriente medidas por el dispositivo de medición de red.

40 De entre los documentos de la técnica anterior relevantes adicionales están, los documentos WO 2015/078474 A1, US 2015/219074 A1, US 2010/025994 A1, EP 2 921 699 A1, US 2015/263521 A1.

45 **Sumario de la invención**

La solución de la técnica anterior sufre de un gran retraso en la comunicación, lo que lleva a tiempos de respuesta lentos y a un control de potencia activa impreciso.

50 Por tanto, un objetivo de la presente invención es proporcionar una solución para mejorar el tiempo de respuesta de un bucle de potencia de una central de energía eólica.

Realizaciones de la presente invención proporcionan una solución para eludir al menos algunos de los problemas con la técnica anterior.

55 Este sumario se proporciona para introducir una selección de conceptos de forma simplificada que, además, se describen más adelante en la descripción detallada. Este sumario no pretende identificar rasgos clave o rasgos esenciales de la materia objeto reivindicada, ni pretende usarse como ayuda para determinar el alcance de la materia objeto reivindicada.

60 Un primer aspecto de la invención se refiere a un método para controlar una central de energía eólica que comprende una pluralidad de generadores de turbina eólica. El método comprende:

- obtener un valor estimado de las pérdidas eléctricas en la central de energía eólica;

65 - obtener un valor medido para pérdidas eléctricas en la central de energía eólica, basándose en una diferencia entre una producción de potencia agregada (Pprod) de la pluralidad de generadores de turbina eólica y una medición de

potencia ( $P_{medi}$ ) en un punto de acoplamiento común;

- aplicar el valor estimado para pérdidas eléctricas y el valor medido para pérdidas eléctricas en un bucle de control de potencia activa, que comprende un regulador; y

5 - controlar por medio del bucle de control de potencia activa y producción de potencia activa de la central de energía eólica en el punto de acoplamiento común.

10 Un segundo aspecto de la invención se refiere a un controlador de potencia activa para controlar una central de energía eólica. La central de energía eólica comprende una pluralidad de generadores de turbina eólica. El controlador comprende: un módulo para obtener un valor estimado para pérdidas eléctricas en la central de energía eólica; un módulo para obtener un valor medido por pérdidas eléctricas en la central de energía eólica, basándose en una diferencia entre una producción de potencia agregada ( $P_{prod}$ ) de la pluralidad de generadores de turbina eólica y una medición de potencia ( $P_{medi}$ ) en un punto de acoplamiento común; y un regulador dispuesto para aplicar el valor estimado para pérdidas eléctricas y el valor medido para pérdidas eléctricas en un bucle de control de potencia activa, estando dispuesto el bucle de control de potencia activa para controlar una producción de potencia activa de la central de energía eólica en el punto de acoplamiento común.

20 Un tercer aspecto de la presente invención se refiere a un producto de programa informático que puede cargarse en la memoria interna de un dispositivo de procesamiento, comprendiendo el producto de programa informático partes de código de software para realizar en el dispositivo de procesamiento las etapas del método según el primer aspecto o cualquiera de las realizaciones del método.

25 Un cuarto aspecto de la invención se refiere a una central de energía eólica que comprende una pluralidad de generadores de turbina eólica y un controlador de potencia activa según el segundo aspecto anterior.

30 Muchos de los rasgos asociados se apreciarán más fácilmente, ya que los mismos pasarán a entenderse mejor por referencia a la siguiente descripción detallada considerada en conexión con los dibujos adjuntos. Los rasgos preferidos pueden combinarse según sea apropiado, tal como será evidente para una persona experta, y pueden combinarse con cualquiera de los aspectos de la invención.

### Breve descripción de los dibujos

35 La figura 1 muestra de manera esquemática una turbina eólica,

la figura 2 muestra de manera esquemática una arquitectura de central de energía eólica genérica

la figura 3 muestra un diagrama esquemático de un bucle de potencia activa (repartidor no representado),

40 la figura 4 muestra un diagrama esquemático del bucle de potencia activa para una realización con un controlador proporcional con filtrado de pérdidas de potencia medida,

45 la figura 5 muestra un diagrama esquemático del bucle de potencia activa para una realización con controlador proporcional con filtrado de pérdidas de potencia medida, y acondicionamiento de señal de potencia en un camino directo,

la figura 6 muestra un diagrama esquemático del bucle de potencia activa para una realización,

50 la figura 7 muestra un diagrama esquemático del bucle de potencia activa para una realización, sin pérdida de comunicación con los rasgos de WTG, y

la figura 8 muestra un diagrama esquemático del bucle de potencia activa para una realización, con pérdida de rasgos de comunicación.

### 55 Descripción de las realizaciones

Las realizaciones de la presente invención se explicarán ahora más detalladamente.

60 La figura 1 muestra un generador de turbina eólica (WTG) 100 que comprende una torre 101 y un rotor 102. El rotor comprende tres palas de rotor 103. Sin embargo, el número de palas puede variar y puede haber dos, cuatro o incluso más palas.

65 El rotor está conectado a una góndola 104, que está montada en la parte superior de la torre 101, y está dispuesta para accionar un generador eléctrico situado en el interior de la góndola. El rotor 102 puede hacerse rotar por la acción del viento. La energía rotacional inducida por el viento de las palas de rotor 103 se transfiere a través de un árbol al generador eléctrico. Por tanto, el WTG 100 es capaz de convertir la energía cinética del viento en energía mecánica

por medio de las palas de rotor y, posteriormente, en potencia eléctrica por medio del generador eléctrico. El esquema eléctrico del WTG puede, además del generador eléctrico, incluir un convertidor de potencia. El convertidor de potencia está conectado en serie entre el generador eléctrico y la red eléctrica para convertir la potencia de CA de generador de frecuencia variable en una potencia de CA de frecuencia de red que se inyectará en la red eléctrica/de servicios. El generador eléctrico puede controlarse a través del convertidor de potencia para producir una potencia correspondiente a una solicitud de potencia.

Puede regularse el paso de las palas 103 con el fin de alterar las propiedades aerodinámicas de las palas, por ejemplo, con el fin de maximizar la captación de la energía eólica. Se regula el paso de las palas mediante un sistema de regulación de paso, que incluye actuadores para regular el paso de las palas dependiendo de una solicitud de paso.

Un WTG se establece, en funcionamiento normal, para capturar toda la potencia posible del viento, a cualquier velocidad de viento dada. Esto funciona siempre que la producción de potencia esté por debajo del límite de potencia nominal para la turbina eólica, es decir, funcionamiento de carga parcial. Cuando la velocidad de viento aumenta por encima de la velocidad de viento nominal, diseñada a menudo a 10-12 m/s, el WTG tiene que regular el paso de las palas 103, por lo que la energía capturada es estable a potencia nominal, aunque el viento esté muy por encima de la velocidad de viento nominal.

Una central de energía eólica (WPP) comprende una pluralidad de WTG controlados por un controlador de central de energía (PPC) e infraestructura de interconexión. La figura 2 muestra un ejemplo de una arquitectura de WPP genérica con una pluralidad de WTG, una red colectora con un bus colector de MV, un transformador (TRF). En el lado de alta tensión del transformador hay un punto de medición (PoM), cerca del punto de acoplamiento común (PCC). Entre el PCC y el TRF se instala un disyuntor de central de energía o un engranaje de conmutación y se hace funcionar por el PPC, para que los operarios de sistema desconecten la WPP de la red.

Desde los WTG hasta el PCC puede haber varios componentes de infraestructura eléctricos, por ejemplo, cables de potencia, etc. Todos los componentes son necesarios, pero contribuyen a pérdidas desde los WTG hasta el PCC. Pérdidas que deben tenerse en cuenta al controlar el WPP.

Las mediciones obtenidas en el PoM se comunican al PPC y, opcionalmente, también a un sistema SCADA. El SCADA es opcional y no interactúa necesariamente con las realizaciones de la presente invención. Basándose en las mediciones, el PPC controla los WTG en consecuencia. También se muestran equipos opcionales adicionales, tales como un STATCOM, MSU (unidad mecánicamente conmutada, en la que la unidad puede ser o bien condensadores o bien inductores), ES (almacenamiento de energía) todos utilizados para mejorar la calidad y estabilidad de potencia.

El controlador de central de energía (PPC) en un sistema de control dentro de una central de energía eólica (WPP) tiene, entre otras, la responsabilidad de controlar la potencia activa (P) y la potencia reactiva (Q) en el punto de interconexión (P0I) con la red de servicios públicos (UG). Las cantidades de P y Q son los medios por los cuales pueden influirse otros parámetros de sistema, tales como la frecuencia de red (f) y la tensión (V). La estructura de controlador tiene como bucles internos el control de P y Q, y tiene como bucles externos el control de f y V.

Además de las funcionalidades básicas descritas anteriormente, el PPC también es responsable de otras funcionalidades de WPP, que se requieren o bien por el operario de sistema de transmisión (TSO) o bien por el propietario de la WPP.

El bucle de control de potencia activa es responsable de controlar P en el punto de interconexión. Este bucle interno puede utilizarse para influir en la frecuencia de red, añadiendo bucles de control externos apropiados (regulación de frecuencia principal, respuesta de frecuencia rápida y respuesta de emulación de inercia). La amortiguación de oscilación de potencia también puede lograrse añadiendo un bucle de control externo apropiado.

El bucle de potencia activa (APL) puede comprender todos los controladores que afectan a la inyección de potencia activa en el PCC (por ejemplo, controlador de frecuencia, controlador de emulación de inercia, limitador de velocidad de rampa de salida, repartidor de potencia activa, etc.). En este documento solo se considera el bucle de núcleo (interno) del APL (es decir, lo que se denomina controlador de potencia activa).

El controlador de potencia activa (APC) es una estructura de control dentro del PPC que tiene como objetivo regular la inyección de potencia activa en el PCC según requisitos especificados, garantizando al mismo tiempo un funcionamiento estable de la WPP con respecto a la potencia activa.

El APC recibe un punto establecido que representa la inyección de potencia activa que se solicita en el PCC. Esta solicitud puede emitirse por el operador de sistema (por ejemplo, cantidad fija de potencia activa) o por otros bucles de control "ascendente" (por ejemplo, cantidad variable de potencia activa emitida por el controlador de frecuencia).

El APC envía una referencia de potencia para la WPP que discurre a través del limitador de velocidad de rampa y finalmente a través del repartidor de potencia activa con el fin de compartirse entre los WTG.

En general, un controlador de potencia activa consiste en dos trayectorias de señal principales, en concreto:  
 La trayectoria “directa”, que construye la referencia que va a enviarse a los WTG sumando o restando otras señales (por ejemplo, punto establecido de potencia, medición de potencia, términos de prealimentación).

5 La trayectoria de “retroalimentación”, que normalmente contiene mediciones del circuito eléctrico (por ejemplo, potencia activa P en POI, suma agregada de la producción de potencia activa P de WTG).

Debido a los retrasos en la toma de muestras y la comunicación en la trayectoria directa y de retroalimentación, el sistema puede ser inestable. Al mismo tiempo, la calidad de respuesta del controlador puede ser deficiente.

10 Con el fin de resolver este problema, se propone incluir medios para mejorar la calidad de respuesta de controlador y proporcionar estabilidad de bucle cerrado al sistema.

15 La figura 3 muestra la estructura de un bucle de P para una realización. Tal como puede observarse, el bucle comprende un controlador proporcional 332 con una ganancia unitaria, con una prealimentación de la producción de potencia de WTG 304. La referencia de potencia 308 que va a enviarse a los WTG se calcula de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Pref\_WTG} &= P_{\text{est}} + P_{\text{prod\_WTG}} - P_{\text{medi}} \\ &= P_{\text{est}} + P_{\text{pérdidas}} \end{aligned}$$

20 La ecuación anterior es válida para el caso en que se ignoran perturbaciones en el sistema. Si se consideran perturbaciones, es válida la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Pref\_WTG} &= P_{\text{est}} + P_{\text{prod\_WTG}} - P_{\text{medi}} + P_{\text{perturbación}} \\ &= P_{\text{est}} + P_{\text{pérdidas}} + P_{\text{perturbación}} \end{aligned}$$

25 Tal como puede verse en la última ecuación anterior, la potencia de referencia enviada a los WTG es, de hecho, el punto establecido de potencia más las pérdidas medidas en el sistema. Por tanto, con el fin de emitir un punto establecido correcto, las pérdidas de potencia en el sistema deben medirse correctamente. Esto implica retrasos de comunicación pequeños y similares en la potencia medida en el POI y en la producción de potencia de los WTG medida.

30 La señal 308 de potencia de referencia enviada a los WTG se condiciona en el bloque de “acondicionamiento de señal de potencia total” 302. Este bloque realiza dos tareas principales:

35 Si el error de potencia 306 está dentro de un valor pequeño especificado (es decir, dicho de otro modo, si la potencia medida está cerca del punto establecido de potencia), el algoritmo detecta si hay oscilaciones en la potencia de referencia enviada a los WTG y, en caso de que haya oscilaciones, reduce las oscilaciones alterando (por ejemplo, reduciendo) el cambio de referencia de potencia de los WTG.

40 Si el error de potencia 306 está fuera de un valor pequeño especificado, o si el algoritmo no detecta oscilaciones, no se altera la referencia de potencia de los WTG.

En la segunda tarea, el algoritmo verifica si la potencia de referencia 308 enviada a los WTG tiene la tendencia correcta (es decir, aumenta o disminuye, dependiendo del signo de error de potencia. Si la tendencia no es correcta, la referencia de potencia de los WTG se mantiene con respecto al valor de la etapa de tiempo anterior.

45 La tendencia errónea en la potencia de referencia de los WTG puede deberse al retraso de comunicación en la producción de potencia de los WTG, que es mayor que el retraso de comunicación en la potencia medida en el POI. También puede darse la tendencia errónea si el retraso en la potencia medida en el POI es mayor que el retraso en la producción de los WTG de los que se informa. Básicamente, siempre y cuando haya un retraso de comunicación entre las dos retroalimentaciones, puede haber una tendencia errónea en la referencia de los WTG.

La funcionalidad de “equilibrio de estimador de central” se describirá adicionalmente, puede entenderse como una estimación de pérdida de potencia.

55 El equilibrio de estimador de central 301 utiliza:

a) información medida del sistema eléctrico (tal como tensión y potencia reactiva, como mínimo) y

60 b) el punto establecido de potencia del bucle de potencia activa (Pest) con el fin de calcular las pérdidas de potencia en el sistema eléctrico de la central de energía eólica (conocido también como el “equilibrio de central”, o BoP).

La WPP se simula utilizando herramientas de simulación con el fin de determinar, entre otras, las pérdidas de potencia en el sistema como una función del nivel de potencia activa, el nivel de potencia reactiva y el nivel de tensión.

5 Esto significa que esta puede replicarse, con un nivel de precisión determinado, las pérdidas en la central de energía eólica real, alimentando como entrada al bloque de "equilibrio de estimador de central" 301 la información correcta (potencia activa, potencia reactiva, nivel de tensión).

10 Conociendo las pérdidas de potencia (es decir, equilibrio de central) en un sistema puede utilizarse esta información para mejorar la respuesta de controlador de potencia activa.

15 Las realizaciones mostradas a continuación sugieren el uso del "equilibrio de estimador de central" (es decir, el sistema que calcula pérdidas en la central de energía eólica) en conjunto con un "regulador", que en una realización es un filtro de paso bajo (LPF) para mejorar la respuesta de controlador de potencia activa.

La estabilidad del bucle de control mencionado anteriormente se da principalmente por el tiempo de muestreo relativamente alto (y, en cierta medida, por los retrasos de comunicación en la retroalimentación).

20 El bloque "acondicionamiento de señal de potencia de WTG total" 302 está contribuyendo también a la estabilidad, por medio de las acciones descritas anteriormente. Sin embargo, esto no puede considerarse como estabilidad de bucle cerrado, dada su característica no lineal.

25 El motivo para no considerar la acción del bloque de "acondicionamiento de señal de potencia de WTG total" cuando se proporciona estabilidad de bucle cerrado es porque su comportamiento no es lineal, en el sentido de que no hay compensador que contribuya a la estabilidad de manera continua. Las oscilaciones en la potencia de referencia enviada a los WTG se reducen mediante algún tipo de "filtrado". Sin embargo, este filtrado sólo está activo cuando se cumplen determinadas condiciones.

30 Si el tiempo de muestreo es relativamente alto (por ejemplo, 1 s) el bucle de control es estable incluso sin la acción del bloque de "acondicionamiento de señal de potencia de WTG total".

35 Sin embargo, si el tiempo de muestreo es reducido (por ejemplo, 50 ms), este ya no es el caso y la única estabilidad en el bucle se daría mediante el bloque de "acondicionamiento de señal de potencia de WTG total", tal como ya se mencionó, no puede considerarse como estabilidad de bucle cerrado, sino como una manera artificial de reducir/eliminar oscilaciones en la potencia de referencia enviada a los WTG.

40 Una ventaja de las realizaciones que utiliza la estimación de pérdidas de BoP es que el sistema disminuye el tiempo de respuesta. Los requisitos de tiempo de respuesta en algunos países requieren un tiempo de reacción de menos de 200 ms, y por tanto una prealimentación de las pérdidas puede mejorar la respuesta de sistema.

Tal como se mencionó anteriormente, se necesita un tiempo de reacción más rápido con el fin de satisfacer los requisitos de código de red. Por tanto, el tiempo de muestreo se reduce significativamente y también se reducen los retrasos de comunicación tanto en la trayectoria directa como en la trayectoria de medición.

45 Estas modificaciones conducirían a inestabilidad del bucle de control para una estructura como la presentada anteriormente en la figura 3.

En general, el regulador puede incluirse en:

- 50 • La trayectoria directa
- La trayectoria de retroalimentación (es decir, producción de potencia de WTG, producción de potencia de POI, producción de potencia tanto de WTG como de POI, la diferencia entre producción de potencia de WTG y de POI)
- 55 • Tanto la trayectoria directa como de retroalimentación

El regulador puede realizar las siguientes funciones:

- 60 • Proporciona estabilidad de bucle cerrado al sistema
- Proporciona una acción de suavizado a la señal sobre la que se utiliza
- Tiene la posibilidad de inicializar su salida a un valor conveniente en momentos convenientes, con el fin de mejorar la calidad de respuesta transitoria del controlador.

65 El regulador puede tener las siguientes entradas:

- La señal que va a regularse/filtrarse
- La señal utilizada para inicializar el regulador (valor de inicialización)
- La señal de restablecimiento utilizada para desencadenar la inicialización del regulador

La salida del regulador es una señal regulada/filtrada que puede utilizarse para generar referencias de potencia correctas/convenientes a los WTG según la salida deseada en el POI.

La inicialización de regulador puede obtenerse por medio de un sistema que utiliza un conjunto de información/entradas disponibles en el controlador con el fin de generar las entradas mencionadas anteriormente para el regulador. El sistema de inicialización 403 puede decidir qué entrada se proporciona al regulador (por ejemplo, las pérdidas de potencia medidas, las pérdidas de potencia estimadas, el cambio/error de potencia, el cambio/error de potencia estimado, etc.), cuando se cambia esta entrada, cuál es el valor al que se inicializa la entrada, etc.

La(s) información/entradas utilizada(s) por la función de inicialización 403 puede(n) ser tal como a continuación:

- Las pérdidas de potencia medidas en el sistema
- Las pérdidas de potencia estimadas en el sistema
- El punto establecido de potencia con respecto al controlador de P
- El cambio/error de potencia (es decir, la diferencia entre el punto establecido de potencia y la potencia medida en el POI en una muestra; la diferencia entre el punto establecido de potencia en el momento actual y el punto establecido de potencia en el momento de muestreo anterior)
- Ajustes de función (por ejemplo, valores de umbral)

La estimación de pérdidas de potencia puede obtenerse por medio de un sistema que utiliza un conjunto de información/entradas disponible(s) en el controlador con el fin de generar una aproximación de las pérdidas en el sistema para puntos de funcionamiento específicos (tensión, niveles de potencia activa y reactiva, temperatura, corriente, etc.). Las pérdidas de potencia estimadas pueden utilizarse para inicializar la salida del regulador de tal manera que se proporciona a los WTG un punto establecido de potencia correcto/conveniente, según la salida deseada en el POI durante el estado estacionario o el funcionamiento transitorio.

La función de estimación de pérdida de potencia puede solicitar la(s) siguiente(s) información/entradas:

- La tensión medida en el POI
- La potencia reactiva medida en el POI
- El nivel de potencia de la WPP para el cual es necesario estimar las pérdidas de potencia
- La temperatura medida de los cables de potencia
- La corriente medida en el POI

La función de estimación de pérdida de potencia puede construirse de varias maneras (usando mediciones de sistema real, resultados de simulación u otros medios de cálculo), por ejemplo:

- Usar tablas de consulta multidimensionales que producen un determinado nivel de pérdida de potencia basado en una tensión específica, potencia reactiva y niveles de punto establecido de potencia
- Usar funciones de transferencia (curvas de pérdida de potencia), una función para cada tensión, potencia reactiva y niveles de punto establecido de potencia

Los beneficios de la realización pueden enumerarse como:

- 1) Mejora el rendimiento transitorio del bucle de potencia activa para una central de energía eólica (por ejemplo, mejora la velocidad de controlador durante los cambios de punto establecido de potencia, pero también durante diferentes tipos de perturbaciones).
- 2) Proporciona una acción de suavizado a la señal en la que se utiliza de esta forma facilitando capacidades de rechazo de perturbaciones a determinadas aplicaciones de controlador.

3) Garantiza una estabilidad de bucle cerrado continua al sistema bajo funcionamiento de estado estacionario.

5 4) Proporciona un mejor rendimiento durante los cambios de punto establecido de potencia continuos (por ejemplo, control de frecuencia principal).

Tal como se muestra en la ecuación de referencia de potencia, la potencia de referencia enviada a los WTG (Pref\_WTG) es la suma entre el punto establecido de potencia ( $P_{est}$ ) y las pérdidas de potencia medidas ( $P_{pérdidas}$ ).

10 Debido a los diferentes retrasos de comunicación entre la producción de potencia de WTG medida y la potencia medida en POI, las pérdidas de potencia medidas no están teniendo el valor correcto (real), que conduce a una potencia de referencia incorrecta enviada a los WTG (Pref\_WTG).

15 Un tiempo de muestreo grande permite tiempo suficiente para que las pérdidas medidas alcancen un valor razonable, de modo que las oscilaciones en la referencia de potencia son relativamente pequeñas. Sin embargo, si el tiempo de muestreo es lo suficientemente pequeño (por ejemplo, menor que la diferencia entre los retrasos de comunicación de  $P_{medi}$  y  $P_{Prod\_WTG}$ ), las oscilaciones en la referencia de potencia de WTG son altas. Este problema de estabilidad se describió anteriormente. Se explicó que esta solución no es ideal dado que no está proporcionando una estabilidad de bucle cerrado continua. Con el fin de resolver el problema, puede aplicarse la siguiente solución.

20 El bucle de potencia se dispone con acceso a las pérdidas de potencia medidas en el sistema (la potencia de referencia de WTG está formada por el punto establecido de potencia más las pérdidas medidas filtradas del sistema), los datos se comunican y discretizan en los bloques 412 y 413. De esta manera el LPF 404 puede añadirse en el bucle cerrado aumentando su estabilidad.

25 El LPF 404 realiza dos acciones principales:

- Proporciona estabilidad de bucle cerrado al sistema en funcionamiento de estado estacionario.
- 30 • Tiene la posibilidad de inicializarse con un valor específico durante transitorios de cambio de punto establecido. Por tanto, el filtro puede inicializarse con las pérdidas de potencia correspondientes a ese punto establecido de potencia específico, maximizando de este modo la velocidad del controlador.
- Proporciona una acción de suavizado a las pérdidas de potencia medida ( $P$  1 durante transitorios de perturbación de salida. De esta manera, proporciona al sistema la capacidad de rechazo de perturbaciones.

35 La figura 4 muestra un diagrama del bucle de potencia activa para una realización que es una variación de un controlador proporcional con filtrado de pérdidas de potencia medidas, la figura 5 muestra un diagrama del bucle de potencia activa para una segunda realización que es una variación de un controlador proporcional con filtrado de pérdidas de potencia medidas (y acondicionamiento de señal de potencia en una trayectoria directa).

40 Con respecto a la figura 4, el “bloque lógico de selección de entrada e inicialización de LPF” 403 es el responsable de decidir qué señal debe utilizarse como entrada al bloque de “LFP2 de primer orden” 404, en concreto las pérdidas de potencia estimadas o las pérdidas de potencia medidas.

45 La lógica utilizada para conmutar entre las dos señales es de la siguiente manera:

50 Las pérdidas de potencia estimadas y las pérdidas de potencia medidas se comparan entre sí. Si la diferencia entre las mismas es mayor que un valor definido por el usuario, significa que hay una situación transitoria en el sistema. Por los motivos expuestos algunas líneas antes (es decir, durante determinado tipo de transitorios), significa que el sistema debe elegir como entrada para el bloque “LFP2 de primer orden” 404 las pérdidas de sistema estimadas.

55 La comparación se realiza en forma de una función lógica, que puede generar dos valores, en concreto 0 (cuando la diferencia entre los mismos es mayor que un valor definido por el usuario) o 1 (cuando la diferencia entre los mismos es menor que un valor definido por el usuario). La salida de esta función lógica se utiliza como entrada al conector de “establecimiento” de una función de “establecer/restablecer”.

60 El punto establecido de potencia se evalúa para comprobar si hay cambios de punto establecido de potencia. Esto se hace comparando su valor “actual” con el valor en el estado anterior. La comparación se realiza en forma de una función lógica que puede generar dos valores, en concreto 0 (cuando los dos valores no son iguales) o 1 (cuando los dos valores son iguales). Esta salida se utiliza de varias maneras:

65 a) como entrada de “restablecimiento” a la función de “establecer/restablecer” mencionada anteriormente, enfatizando un cambio de punto establecido de potencia.

b) como inicialización del bloque de “LFP2 de primer orden” 404, tomando una muestra de las pérdidas de potencia

estimadas durante el cambio de punto establecido de potencia.

c) como señal de restablecimiento para el bloque de "LPF2 de primer orden" 404 durante un cambio de punto establecido de potencia.

5 La función de "establecer/restablecer" mencionada anteriormente toma como entradas las señales mencionadas anteriormente.

10 Cuando se detecta una situación transitoria, se desencadena la entrada de "establecimiento" y la salida del bloque se establecerá a 1 (es decir, las pérdidas estimadas en el sistema se utilizarán como entrada para el bloque de "LPF2 de primer orden").

15 Cuando no hay cambio en el punto establecido de potencia, se desencadena la entrada de "restablecimiento" y la salida del bloque se establecerá a 0 (es decir, las pérdidas medidas en el sistema se utilizarán como entrada al bloque de "LPF2 de primer orden"). Esto garantiza que la entrada al bloque de "LPF2 de primer orden" 404 durante perturbaciones de salida es la señal de pérdidas de potencia medida.

20 El bloque de "cálculo de BOP" 401 es responsable de estimar las pérdidas de potencia en el sistema correspondiente a un determinado punto establecido de potencia. Este bloque puede ser una tabla de consulta o puede ser un conjunto de funciones de transferencia que toman como entradas la tensión y la potencia reactiva, así como el punto establecido de potencia.

25 Con el fin de añadir estabilidad de bucle cerrado continuo al controlador y mejorar el rendimiento de controlador global, se utiliza una realización tal como se muestra en la figura 4.

La realización de la figura 4 es un ejemplo de cómo el "equilibrio de estimador de central" (es decir, el estimador de pérdida de potencia) puede utilizarse en conjunto con un "regulador" (por ejemplo, el LPF) para mejorar el rendimiento del bucle de potencia activa.

30 En la figura 4, el LPF 404 se inicializa con respecto a las pérdidas calculadas 401 (es decir, calculadas por el equilibrio de estimador de central), esto se hace en el bloque 403. Esto se prefiere dado que las pérdidas medidas reales no son correctas durante los transitorios, debido a las limitaciones físicas del circuito de medición. En otras palabras, si las pérdidas medidas reales se utilizan en el controlador durante los transitorios, el punto establecido de potencia se calculará incorrectamente. La salida del bloque 401 está limitada en el bloque 402, el límite establecido por la variable  $P_{pérdida\_máx}$ .

35 La salida del filtro de LPF 404 se añade 406 al punto establecido de potencia (tal como se muestra en las ecuaciones anteriores). El punto establecido de potencia se limita entonces por otro limitador 407 y un regulador adicional 408 controla el bucle de potencia, antes de enviar los puntos establecidos a los WTG hay un limitador de velocidad de rampa 409, lo que garantiza que el cambio en el punto establecido a los WTG sea limitado. Las señales de entrada y salida del PPC se comunican a través de un bloque de comunicación 410, con un conjunto de bloques discretos 411, 412, 413. Un medidor de red 420 mide parámetros eléctricos en un punto de interés, que podría ser el punto de acoplamiento común. Los WTG y el componente adicional, es decir, la central, se representan en el bloque 430.

45 El controlador de la figura 4 funciona mejor que el mostrado en la figura 3. Además, el controlador proporciona estabilidad de bucle cerrado continua en un funcionamiento de estado estacionario.

50 La realización de la figura 4 utiliza un sistema que comprende un regulador 404, por ejemplo, filtro de paso bajo (LPF) o una estructura de controlador diferente que realiza la misma funcionalidad, que puede inicializarse (es decir, forzarse a emitir un valor conveniente en momentos convenientes) basándose en información/señales disponibles en el controlador (por ejemplo, mediciones, algoritmos, etc. ) con el fin de contribuir a la calidad de respuesta de controlador global y la estabilidad de bucle cerrado de controlador. El área cercada 460 en la figura 4 muestra el sistema de pérdida de potencia con el filtro 404.

55 Esta estructura de control de la realización de la figura 4 proporciona los siguientes beneficios:

1) Proporciona estabilidad en bucle cerrado continua al sistema bajo condiciones de funcionamiento en estado estacionario, por la acción del bloque "LPF2 de primer orden" 404.

60 2) Proporciona una estimación de las pérdidas de sistema durante cambios de punto establecido de potencia, minimizando de esta forma la velocidad del controlador (es decir, mejor funcionamiento transitorio).

3) Proporciona una acción de suavizado a las pérdidas de potencia medidas ( $P_{medi}$ ) durante transitorios de perturbación de salida. De esta manera, proporciona al sistema la capacidad de rechazo de perturbaciones.

65 4) Proporciona un mejor rendimiento durante cambios de punto establecido de potencia continuos (por ejemplo, control

de frecuencia principal), porque la potencia de referencia enviada a los WTG es más precisa usando las pérdidas estimadas en lugar de las pérdidas medidas (es decir, porque las pérdidas medidas son imprecisas debido a retrasos de comunicación).

5 En una segunda realización, el controlador proporcional incluye también el filtrado de pérdidas de potencia medida, y el acondicionamiento de señal de potencia en una trayectoria directa.

10 En esta realización, se utiliza el LPF tal como se describe para la realización anterior, sin embargo, se ha simplificado la funcionalidad del bloque de "inicialización de LPF" 503, en comparación con el bloque 403 de la figura 4. El propósito del bloque 503 es inicializar el filtro con un valor de inicialización cada vez que se cambia el punto establecido de potencia.

15 En funcionamiento transitorio, el "acondicionamiento de señal de potencia de WTG total" 515 junto con el bloque de "inicialización de LPF" 503 garantiza un funcionamiento correcto del sistema. En el funcionamiento de estado estacionario, el "acondicionamiento de señal de potencia de WTG total" 515 se deriva y la estabilidad de control del sistema está garantizada por la acción del bloque de LPF 508.

20 Una ventaja muy importante del esquema presentado en la figura 5 es que el bloque de "acondicionamiento de señal de potencia de WTG total" 505 garantiza que el sistema no se encuentre en situaciones en las que se pierda potencia debido a una estimación errónea de las pérdidas de potencia. Dicho de otro modo, no importa lo mal que el bloque de "cálculo de BoP" 501 estime las pérdidas en el sistema, el error de potencia convergerá a cero muy rápido y se derivará el bloque de "acondicionamiento de señal de potencia de WTG total" 515.

25 La tercera realización es una versión mejorada de la segunda realización, y es la realización preferida.

La idea de esta realización se basa en el mismo principio de usar el estimador de BoP en conjunto con un regulador, tal como se explica en la figura 4, con la observación de que en esta realización el regulador 704 ya no necesita inicializarse. En lugar de inicializar el regulador, el BoP se combina con el regulador de una manera especial, y el resultado es similar y mejor que llevando a cabo la inicialización.

30 El principal beneficio de esta realización es que simplifica mucho la estructura 700 del controlador de potencia activa, permitiendo la retirada de la lógica de inicialización del regulador, así como el bloque de "acondicionamiento de señal de potencia de WTG total" 515.

35 Tal como puede verse en la figura 6, la idea principal es utilizar el bloque de "estimación de BoP" 701 en todo momento, en lugar de usarlo solo en momentos discretos, en las realizaciones anteriores se utiliza el cálculo de pérdidas de BoP en tiempos discretos (es decir, cuando se cumplen determinadas condiciones, tales como el cambio de punto establecido de potencia, el valor calculado por "estimación de BoP" se utiliza por el LPF 404, 504 para inicializar el valor de LPF). Por lo tanto, la inicialización solo ocurre en una sola muestra cuando se cumple la condición.

40 Las pérdidas de BoP estimadas 751 se restan 752 de las pérdidas medidas 701, que pasaron a través de un bloque de saturación 702 antes de la resta en el bloque 752, y el resultado se filtra usando un regulador de filtro de paso bajo 704. Al mismo tiempo, las pérdidas de BoP estimadas 751 se suman 705 con la salida del regulador de filtro de paso bajo.

45 El resultado es que el regulador de filtro de paso bajo 704 tendrá que actuar solamente sobre la diferencia entre las pérdidas de medida y las pérdidas estimadas. Si la estimación de BoP es precisa, significa que se minimiza la acción del filtro de paso bajo.

50 El regulador 704 puede ser, como en las anteriores realizaciones, cualquier tipo de regulador que pueda proporcionar la función de filtrado.

Con respecto a la figura 6, el APC 700 consta de cinco (5) bloques principales:

- 55
- LPF de primer orden 704,
  - Cálculo de P\_pérdidas 701,
  - Cálculo de P\_prod a partir de WTG sin comunicación 754, (opcional)

60

  - Estimación de BoP 1 751, y
  - Estimación BoP 2 753 (opcional).

65 Además de estos bloques principales, el APC contiene dos bloques de saturación 702, 707 que se utilizan por razones de protección (es decir, saturación de pérdidas de potencia y saturación de referencia de potencia).

- 5 El bloque de LPF de primer orden 704 proporciona una función de filtrado de la señal y tiene el papel de garantizar la estabilidad del bucle de control. Tal como puede observarse en el diagrama, el filtro sólo actúa sobre la diferencia entre las pérdidas de potencia activa medidas y las pérdidas de potencia activa estimadas 752. De esta manera, la velocidad del controlador puede aumentar, dado que las pérdidas estimadas 751 son precisas (por ejemplo, para una estimación de pérdida de potencia activa muy precisa, el filtro sólo es efectivo durante transitorios).
- 10 El cálculo del bloque de pérdidas de P 701 es responsable de medir las pérdidas de potencia activa en el sistema (entre la medición de producción de potencia activa de WTG y la medición de producción de potencia activa de PCC).
- 15 El bloque de pérdidas de P 701 es responsable de calcular las pérdidas en el sistema como la diferencia entre la potencia medida en el PCC y la producción de potencia total de los WTG. Se tiene en cuenta la producción activa de potencia de WTG que han perdido la comunicación con el fin de permitir estrategias de solución alternativa. Durante una respuesta escalonada del APC, la producción de potencia total de la señal de WPP (es decir, Pprod) se retrasa en comparación con la potencia medida en la señal de PCC (es decir, Pmedi). Por tanto, las pérdidas de potencia calculadas son negativas durante el transitorio y convergerán a las pérdidas reales en el sistema a medida que se alcance el funcionamiento de estado estacionario.
- 20 La figura 7 muestra un diagrama del bucle de potencia activa para una realización, sin pérdida de rasgos de comunicación.
- En una realización, se tiene en cuenta la producción de potencia activa de WTG que han perdido la comunicación con el PPC cuando se calculan las pérdidas.
- 25 La figura 8 muestra un diagrama del bucle de potencia activa para una realización, con pérdida de rasgos de comunicación.
- El cálculo de Pprod a partir de WTG con bloque de no comunicación 754 es responsable de calcular la producción de potencia activa de WTG que han perdido la comunicación con el PPC.
- 30 Estos WTG, a pesar de que no reportan ninguna retroalimentación de producción de potencia al PPC, todavía podrían estar produciendo potencia que se mide en el PCC. Esta potencia debe tenerse en cuenta al generar la referencia de potencia activa de WPP.
- 35 En una realización, la producción de potencia activa de WTG que han perdido la comunicación con el PPC se resta en un bucle de prealimentación, compensando de ese modo el controlador de potencia activa. La resta se debe a que los WTG que no tienen comunicación no podrán recibir puntos establecidos, por lo que la referencia que va a enviarse debe ser menor con respecto a la cantidad que no puede enviarse a los WTG (es decir, básicamente, la producción medida a partir de estos WTG sin comunicación con el PPC).
- 40 Los bloques de estimación de BoP 1 751 y de estimación de BoP 2 753 son responsables de estimar las pérdidas de la red colectora de WPP, pero también las pérdidas en el interior de los WGT. Al decir pérdidas en el interior de los WTG se entiende las pérdidas que se producen después de la medición de potencia en el WTG, a menudo las pérdidas en el transformador, dispositivo de conmutación y cables en el lado de tensión intermedio del transformador.
- 45 Uno de los bloques 751 está estimando las pérdidas basándose en el punto establecido de referencia de potencia y se utiliza para aumentar la velocidad del controlador. El otro 753 está estimando las pérdidas basándose en la medición de potencia en el PCC y se utiliza para estimar la producción de potencia de WTG que han perdido la comunicación con el PPC.
- 50 El bloque de cálculo de Perror calcula la señal de error de potencia del controlador, como la diferencia entre el punto establecido de potencia del controlador y la potencia medida en el punto de interconexión. Esto va a utilizarse por otros controladores dentro del PPC.
- 55 Los bloques de saturación de pérdidas de potencia 702 y saturación de referencia de potencia 707 tienen el papel de proteger al controlador de experimentar valores de señal inadmisibles, por ejemplo, pérdidas de potencia activa limitadas entre cero y un valor máximo.
- 60 El bloque de saturación de pérdidas de potencia 702 como función de saturación protectora aplicada a la señal que entra en el bloque de LPF de primer orden 704. El límite inferior de esta función de saturación debe establecerse a cero (0) y el límite superior debe establecerse a las pérdidas de potencia activa máximas que pueden producirse en la WPP (entre la medición de producción de potencia activa de WTG y la medición de producción de potencia activa de PCC).
- 65 El bloque de función de filtrado de LPF de primer orden 704 tiene la función principal de aportar estabilidad al bucle de control. Tal como se explicó anteriormente, el filtro sólo actúa sobre la diferencia entre las pérdidas de potencia

activa medidas y las pérdidas de potencia activa estimadas. De esta manera, la velocidad de controlador puede aumentar, dado que la estimación de pérdida es precisa.

5 Las realizaciones de la invención no se limitan a utilizar un filtro LPF de primer orden, sino que pueden utilizarse muchos otros reguladores en el bucle.

10 El bloque de saturación de referencia de potencia 707 actúa como una función de saturación protectora aplicada a la señal de salida del bloque de controlador de potencia activa 700. El límite inferior de esta función de saturación debe establecerse al valor de potencia activa mínimo y el límite superior debe establecerse a la potencia permisible máxima que puede producirse mediante la WPP (incluyendo en condición de sobreamplificación).

15 La función de estimación de pérdida de BoP se basa en funciones de segundo orden que toman como argumento el nivel de potencia activa para el que deben estimarse las pérdidas de red colectora y las pérdidas de WTG. Esta función de segundo orden puede obtenerse mediante estudios de prediseño eléctrico.

El bloque de estimación de pérdidas de BoP se construye de manera que puede implementarse una pluralidad de curvas de pérdida de potencia para diferentes condiciones de nivel de tensión y nivel de potencia reactiva. De esta manera, el controlador puede elegir una de las curvas, basándose en las condiciones reales de la red colectora.

20 En una realización, las curvas de pérdida de potencia están predefinidas por simulaciones.

En otra realización, las curvas de pérdida de potencia se generan en un algoritmo de aprendizaje basado en rutina, aprendiendo de ese modo el APC 700 adaptativamente los datos de la central.

25 El cálculo de Pprod a partir de WTG con bloque de no comunicación 754 es responsable de calcular la producción de potencia activa a partir de WTG que han perdido la comunicación con el PPC. El cálculo se basa en la medición de potencia activa en el PCC, la producción de potencia activa reportada a partir de WTG y las pérdidas de potencia activa estimadas en la medición de potencia activa en el PCC. El cálculo devuelve un valor mayor que cero (0) solamente cuando se detecta la pérdida de comunicación.

30 Para el bloque de saturación de pérdidas de potencia 702, los límites deben establecerse entre cero (0) y el nivel de pérdidas máximo que puede producirse en la WPP (entre la medición de producción de potencia activa de WTG y la medición de producción de potencia activa de PCC).

35 Para el bloque de saturación de referencia de potencia 707 los límites deben establecerse entre cero (0) y la potencia permisible máxima que puede producirse mediante la WPP (incluyendo en condición de sobreamplificación).

Cualquier intervalo o valor de dispositivo dado en el presente documento puede extenderse o alterarse sin perder el efecto buscado, tal como será evidente para el experto.

40 Mientras que la invención es susceptible a diversas modificaciones y formas alternativas, las realizaciones específicas se han dado a conocer a modo de ejemplos. Sin embargo, debe entenderse que la invención no pretende limitarse a las formas particulares dadas a conocer. Más bien, la invención consiste en cubrir todas las modificaciones, equivalentes y alternativas que se encuentran dentro del alcance de la invención tal como se define por las reivindicaciones adjuntas. Cualquier intervalo o valor de dispositivo dado en el presente documento puede extenderse o alterarse sin perder el efecto buscado, tal como será evidente para el experto.

45 Pueden implementarse realizaciones de la invención mediante hardware electrónico, software, firmware o cualquier combinación de los mismos. Pueden disponerse realizaciones de software implementado o rasgos de las mismas para funcionar en uno o más procesadores de datos y/o procesadores de señales digitales. Se entiende por software un programa informático o producto de programa informático que puede almacenarse/distribuirse en un medio legible por ordenador adecuado, tal como un medio de almacenamiento óptico o un medio de estado sólido suministrado junto con o como parte de otro hardware, pero también puede distribuirse en otras formas, tales como por ejemplo a través de Internet u otros sistemas de telecomunicaciones por cable o inalámbricos. Por consiguiente, el medio legible por ordenador puede ser un medio no transitorio. Por consiguiente, el programa informático comprende partes de código de software para realizar las etapas según realizaciones de la invención cuando el producto de programa informático se ejecuta por un ordenador o por un sistema informático distribuido.

50 Aunque la presente invención se ha descrito en conexión con las realizaciones especificadas, no debe interpretarse como que se limita de ninguna manera a los ejemplos presentados. El alcance de la presente invención debe interpretarse a la luz del conjunto de reivindicaciones adjunto. En el contexto de las reivindicaciones, los términos "que comprende" o "comprende" no excluyen otros posibles elementos o etapas. Además, la mención de referencias tales como "un" o "una", etc. no debe interpretarse en el sentido de excluir una pluralidad. El uso de signos de referencia en las reivindicaciones con respecto a los elementos indicados en las figuras no se interpretará como limitante del alcance de la invención. Además, los rasgos individuales mencionados en diferentes reivindicaciones, posiblemente pueden combinarse ventajosamente, y la mención de estos rasgos en diferentes reivindicaciones no excluye que una

combinación de rasgos no sea posible y ventajosa.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para controlar una central de energía eólica que comprende una pluralidad de generadores de turbina eólica, comprendiendo el método:
  - 5 - obtener un valor estimado para pérdidas eléctricas en la central de energía eólica;
  - obtener un valor medido para pérdidas eléctricas en la central de energía eólica, basándose en una diferencia entre una producción de potencia agregada (Pprod) de la pluralidad de generadores de turbinas eólicas y una medición de potencia (Pmedi) en un punto de acoplamiento común;
  - 10 - aplicar el valor estimado para pérdidas eléctricas y el valor medido para pérdidas eléctricas en un bucle de control de potencia activa, que comprende un regulador; y
  - 15 - controlar por medio del bucle de control de potencia activa una producción de potencia activa de la central de energía eólica en el punto de acoplamiento común.
2. Un método según la reivindicación 1, que comprende además las etapas de:
  - 20 - introducir al regulador una diferencia (752) entre el valor estimado para pérdidas eléctricas y el valor medido de pérdidas eléctricas; y
  - 25 - determinar un valor añadido añadiendo (706) un punto establecido de potencia (Pest), el valor estimado para pérdidas eléctricas (Ppérdida\_est) y una salida del regulador (Ppérdida\_salida\_filt), usando el valor añadido como referencia de potencia para la central de energía eólica.
3. Un método según la reivindicación 1 o 2, en el que la etapa de obtener el valor estimado para pérdidas eléctricas se basa en un equilibrio de datos de central y puntos establecidos y/o mediciones eléctricas, tales como tensión, corriente, potencia reactiva y temperatura.
- 30 4. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además la etapa de:
  - 35 - inicializar el regulador a un valor de salida de regulador inicial correspondiente a un valor de pérdida calculado o estimado.
5. Un método según la reivindicación 4, que comprende además la etapa de:
  - 40 - inicializar el regulador con un nuevo valor de inicialización cuando se cambia un punto establecido de potencia.
6. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende además la etapa de:
  - 45 - usar el valor de pérdida estimado como término de prealimentación en el bucle de control de potencia activa.
7. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende además la etapa de:
  - 50 - calcular el valor para pérdidas eléctricas como valor de pérdida estimado basándose en un punto establecido de potencia y una primera tabla de consulta.
8. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que las pérdidas se estiman sobre una potencia agregada estimada que sale de la pluralidad de turbinas eólicas, combinada con un conjunto de valores de tabla de consulta.
9. Un método según la reivindicación 8, en el que el conjunto de valores de tabla de consulta se obtiene del aprendizaje basado en la rutina mientras que se hace funcionar la central de energía eólica.
- 55 10. Un método según la reivindicación 1, que comprende además la etapa de:
  - 60 - calcular el valor para pérdidas eléctricas como valor de pérdida estimado basándose en un conjunto de funciones de transferencia que toman como entradas los puntos establecidos y/o las mediciones eléctricas.
11. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que el regulador es una función de filtro de paso bajo, tal como un filtro de paso bajo de 1<sup>er</sup> orden, 2<sup>o</sup> orden o un orden más alto.
- 65 12. Un método según la reivindicación 2, que comprende además las etapas de:

- estimar una segunda estimación de pérdidas, basándose en una potencia agregada medida, cuando se produce un fallo de comunicación entre uno o más generadores de turbina eólica con pérdida de comunicación en la central de energía eólica; y
- 5 - usar la segunda estimación de pérdidas en la etapa de obtener un valor medido para pérdidas eléctricas en la central de energía eólica.
13. Un método según la reivindicación 12, que comprende además la etapa de:
- 10 - restar en un bucle de prealimentación un valor de producción de potencia del uno o más generadores de turbina eólica con comunicación perdida.
14. Un controlador de potencia activa para controlar una central de energía eólica, comprendiendo la central de energía eólica una pluralidad de generadores de turbina eólica, comprendiendo el controlador de potencia activa:
- 15 - un módulo para obtener un valor estimado para pérdidas eléctricas en la central de energía eólica;
- 20 - un módulo para obtener un valor medido para pérdidas eléctricas en la central de energía eólica, basándose en una diferencia entre una producción de potencia agregada (Pprod) de la pluralidad de generadores de turbina eólica y una medición de potencia (Pmedi) en un punto de acoplamiento común; y
- 25 - un regulador dispuesto para aplicar el valor estimado para pérdidas eléctricas y el valor medido para pérdidas eléctricas en un bucle de control de potencia activa, disponiéndose el bucle de control de potencia activa para controlar una producción de potencia activa de la central de energía eólica en el punto de acoplamiento común.
15. Un producto de programa informático que puede cargarse en la memoria interna de un dispositivo de procesamiento, comprendiendo el producto de programa informático partes de código de software para realizar en el dispositivo de procesamiento las etapas del método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.
- 30
16. Una central de energía eólica que comprende una pluralidad de generadores de turbina eólica y un controlador de potencia activa tal como se reivindica en la reivindicación 14.
- 35

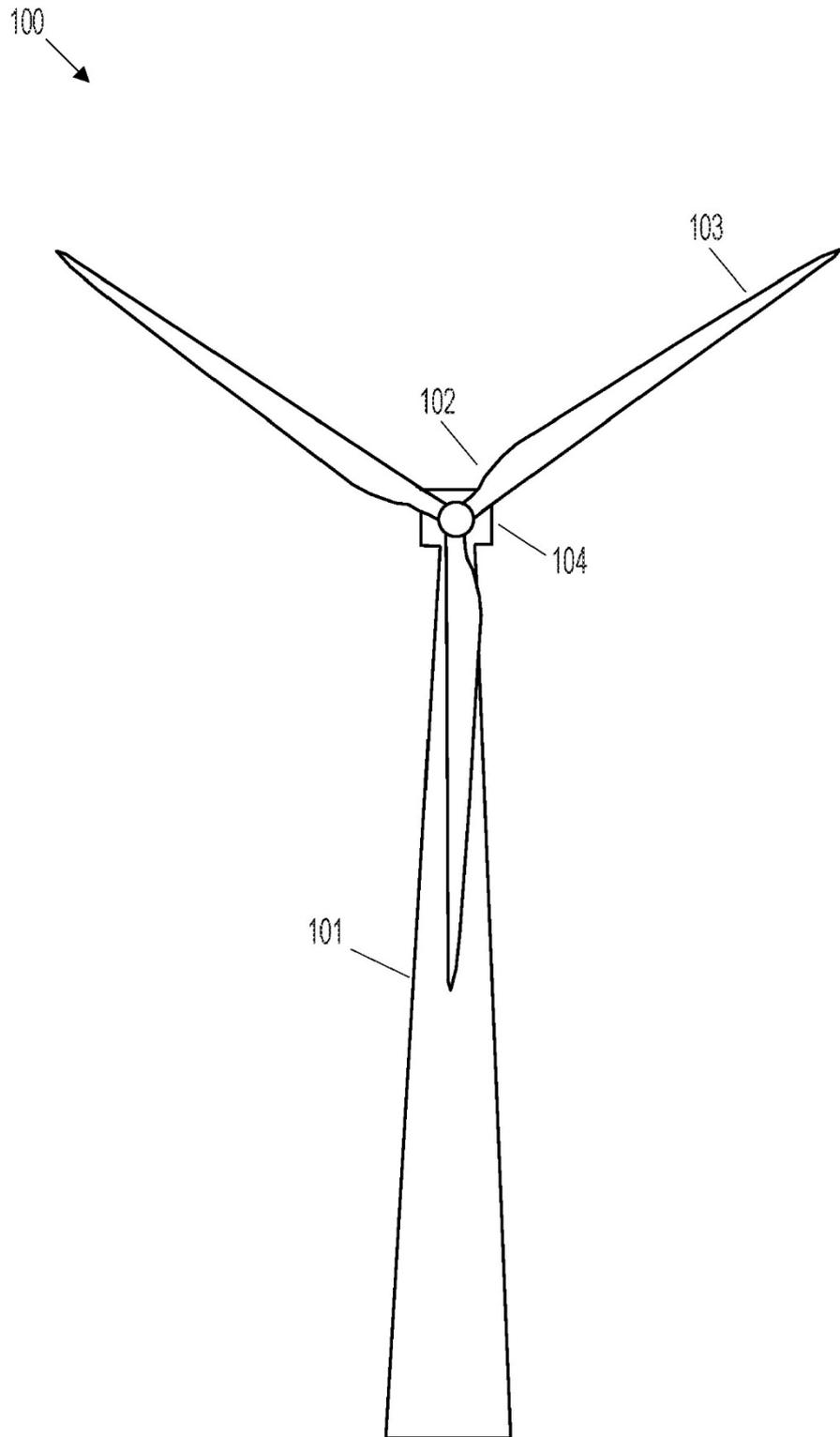


Figura 1

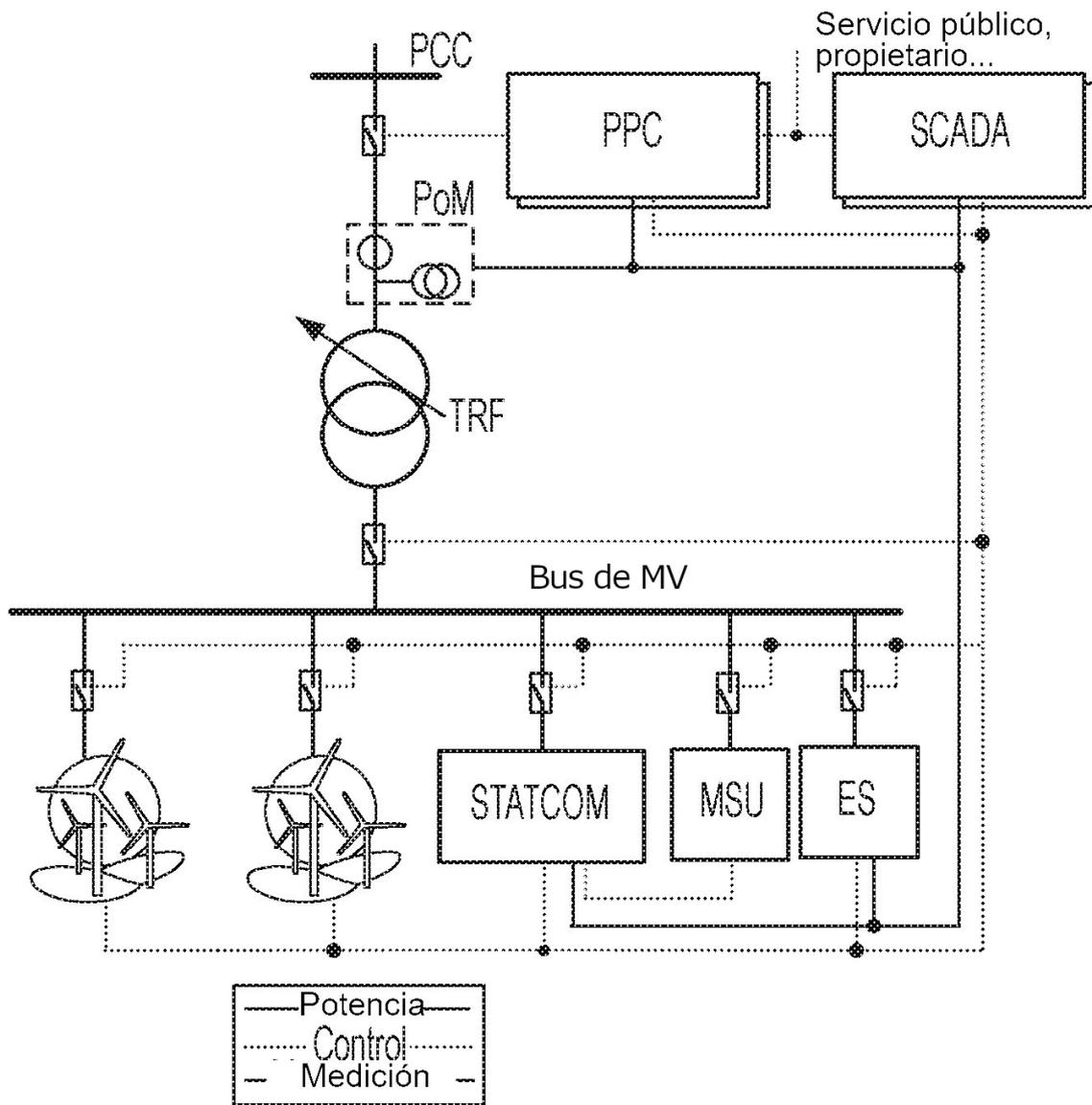


Figura 2

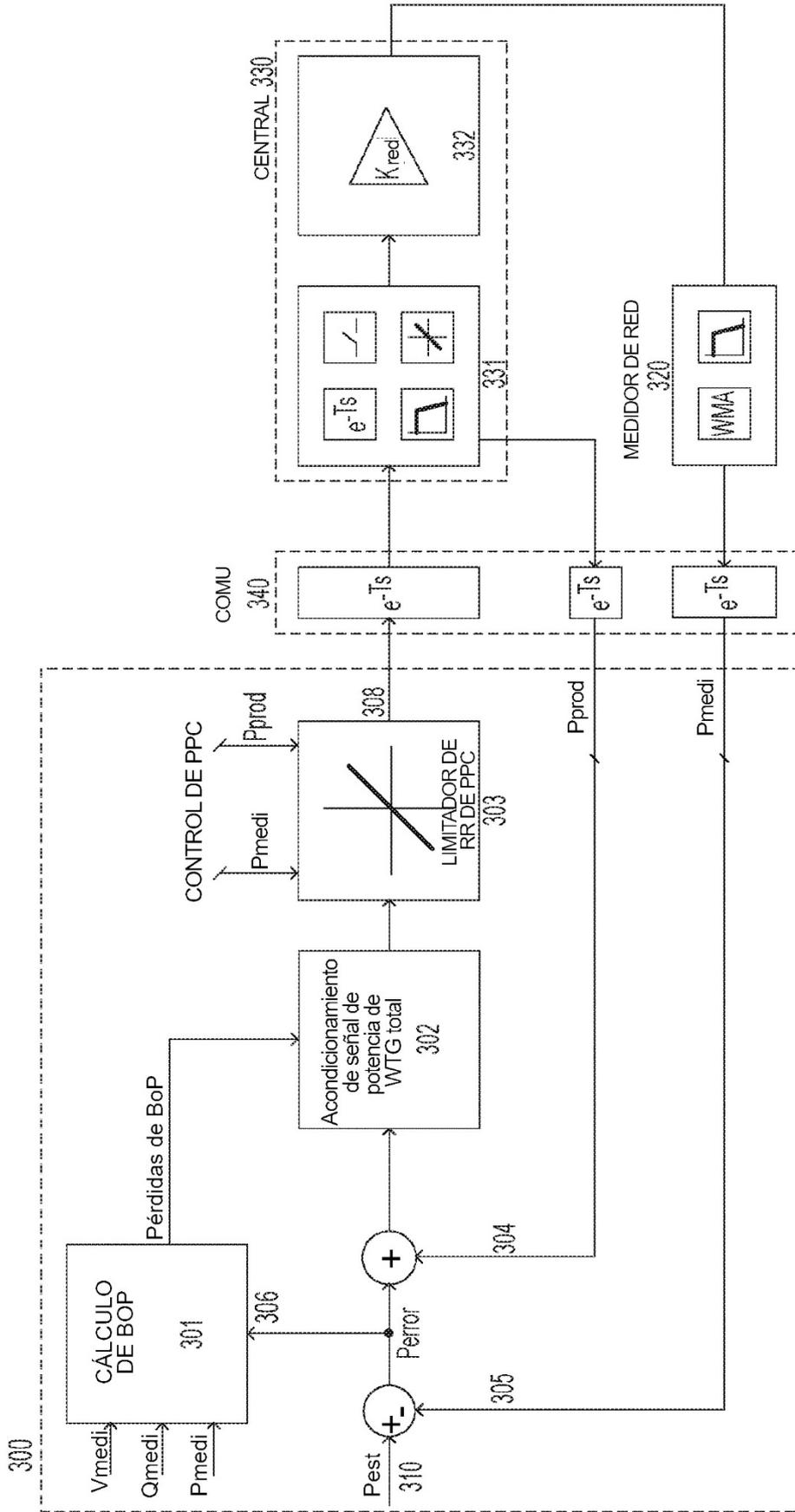


FIGURA 3



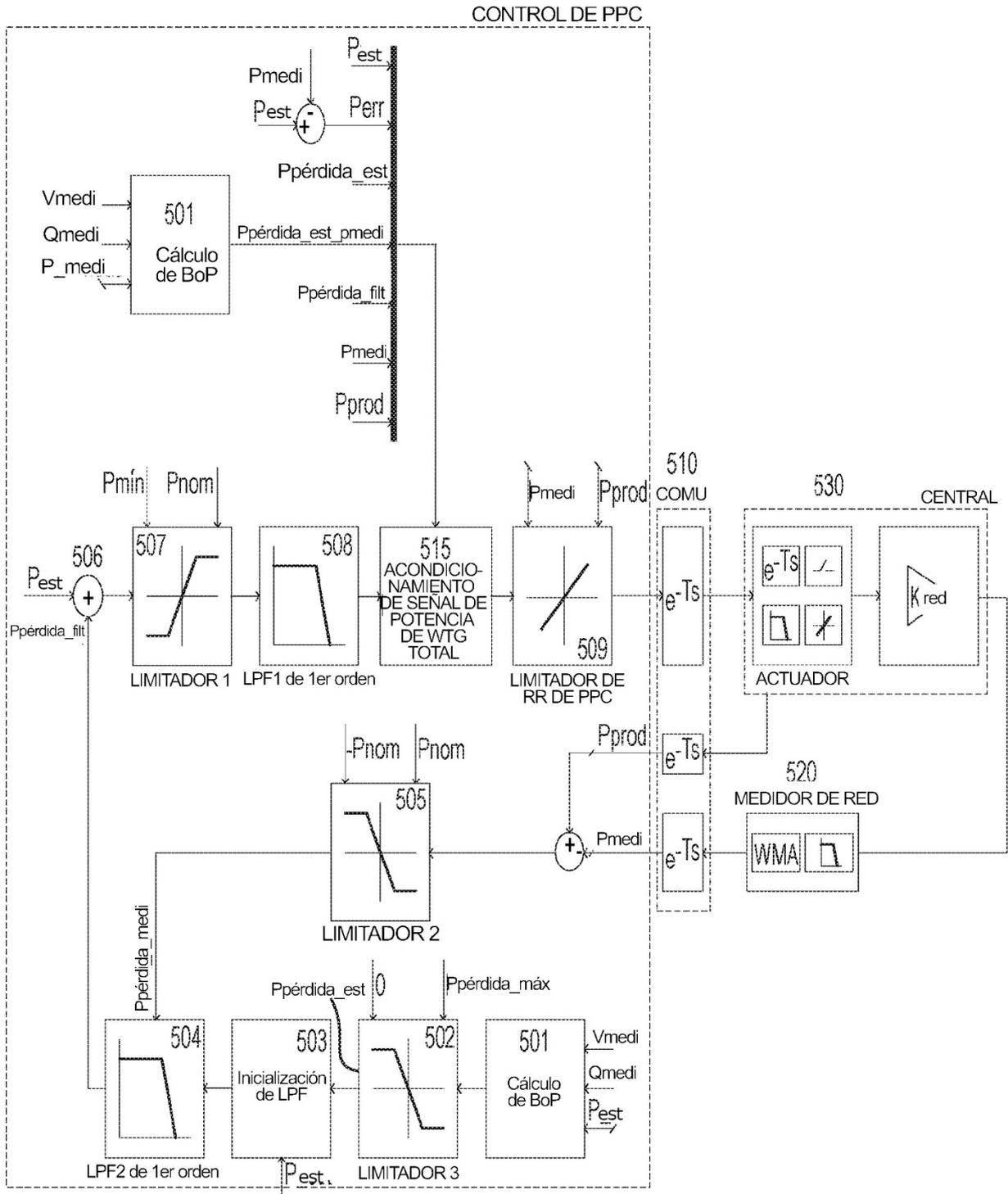


FIGURA 5

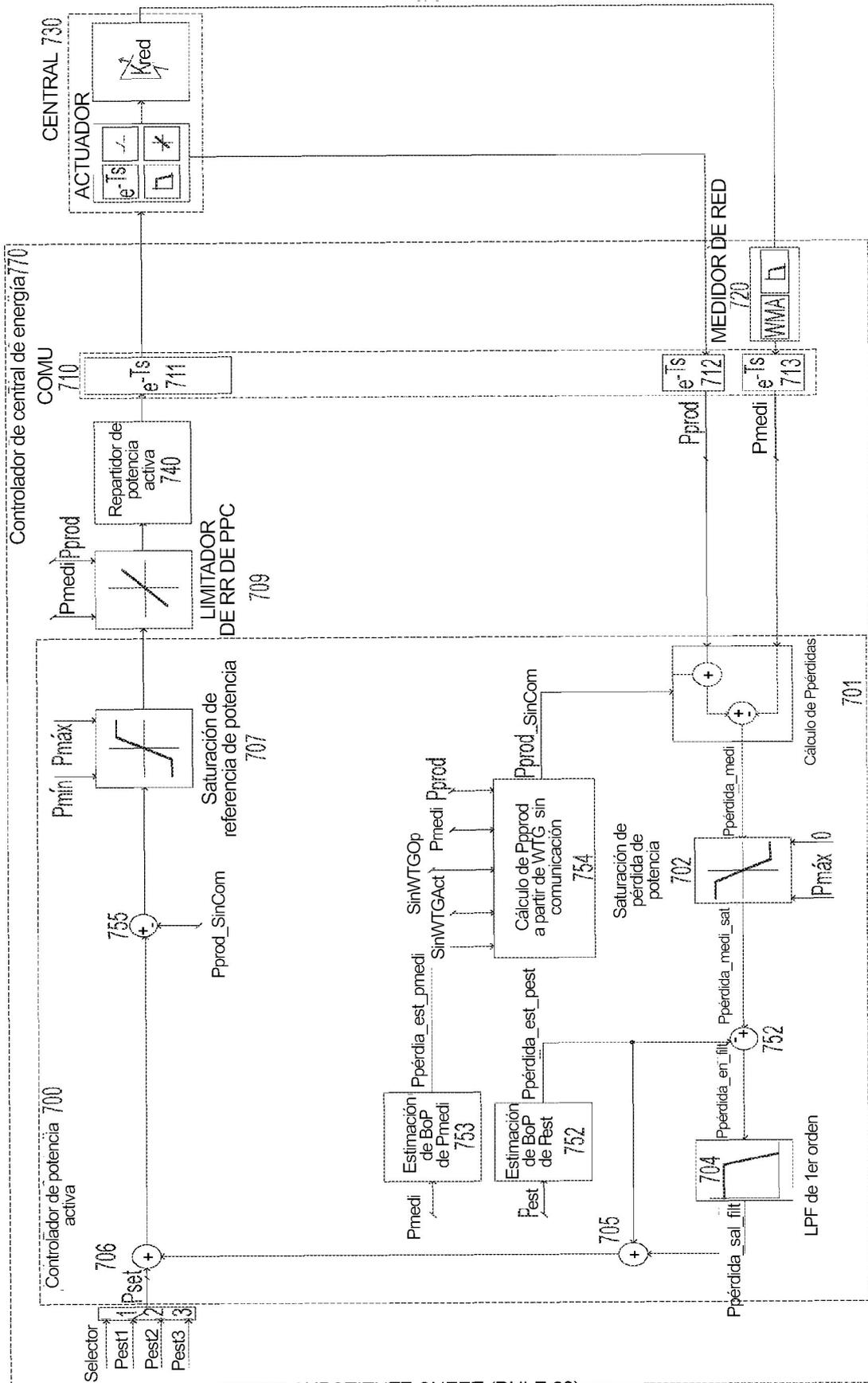


Figura 6

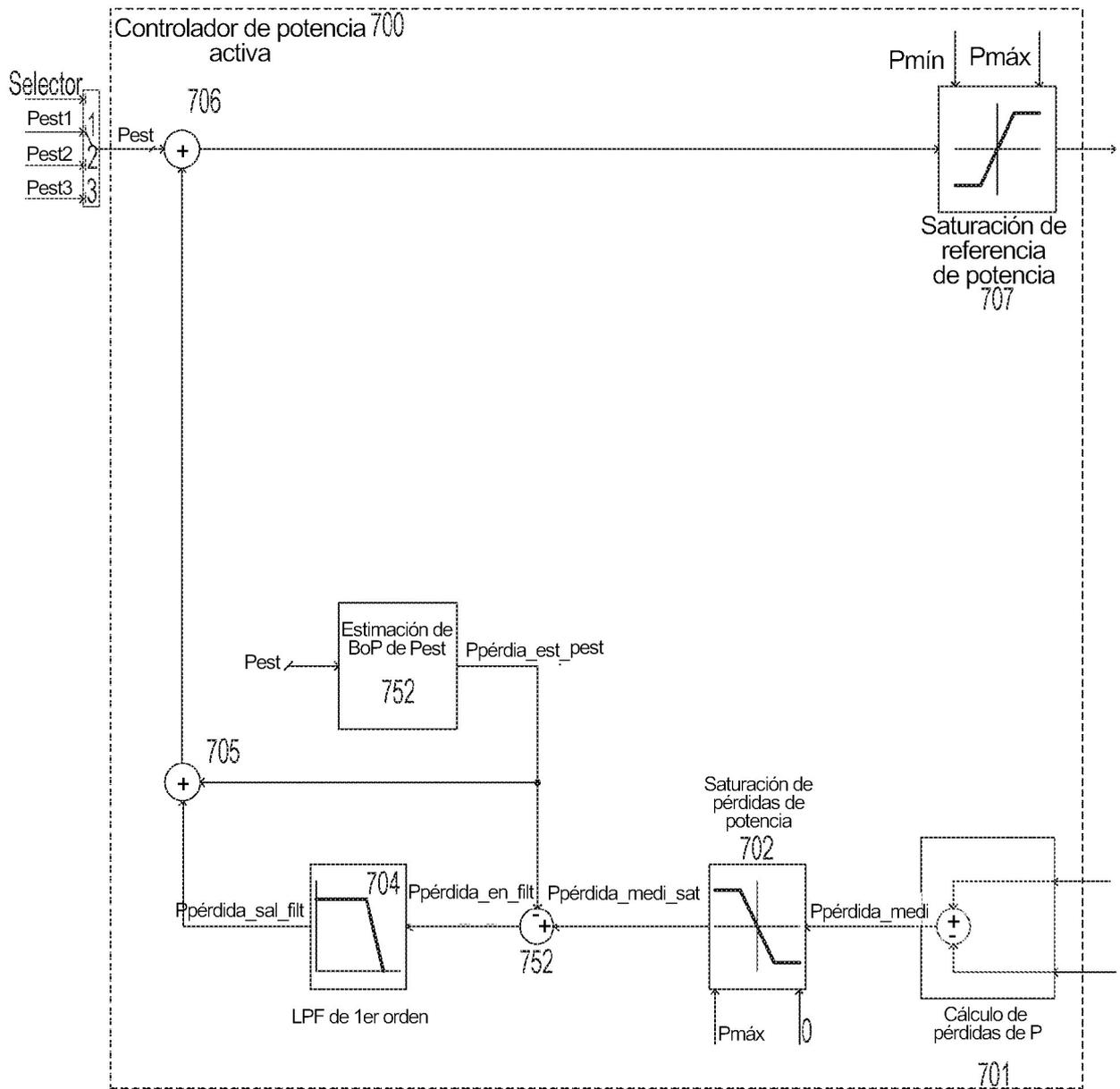


Figura 7

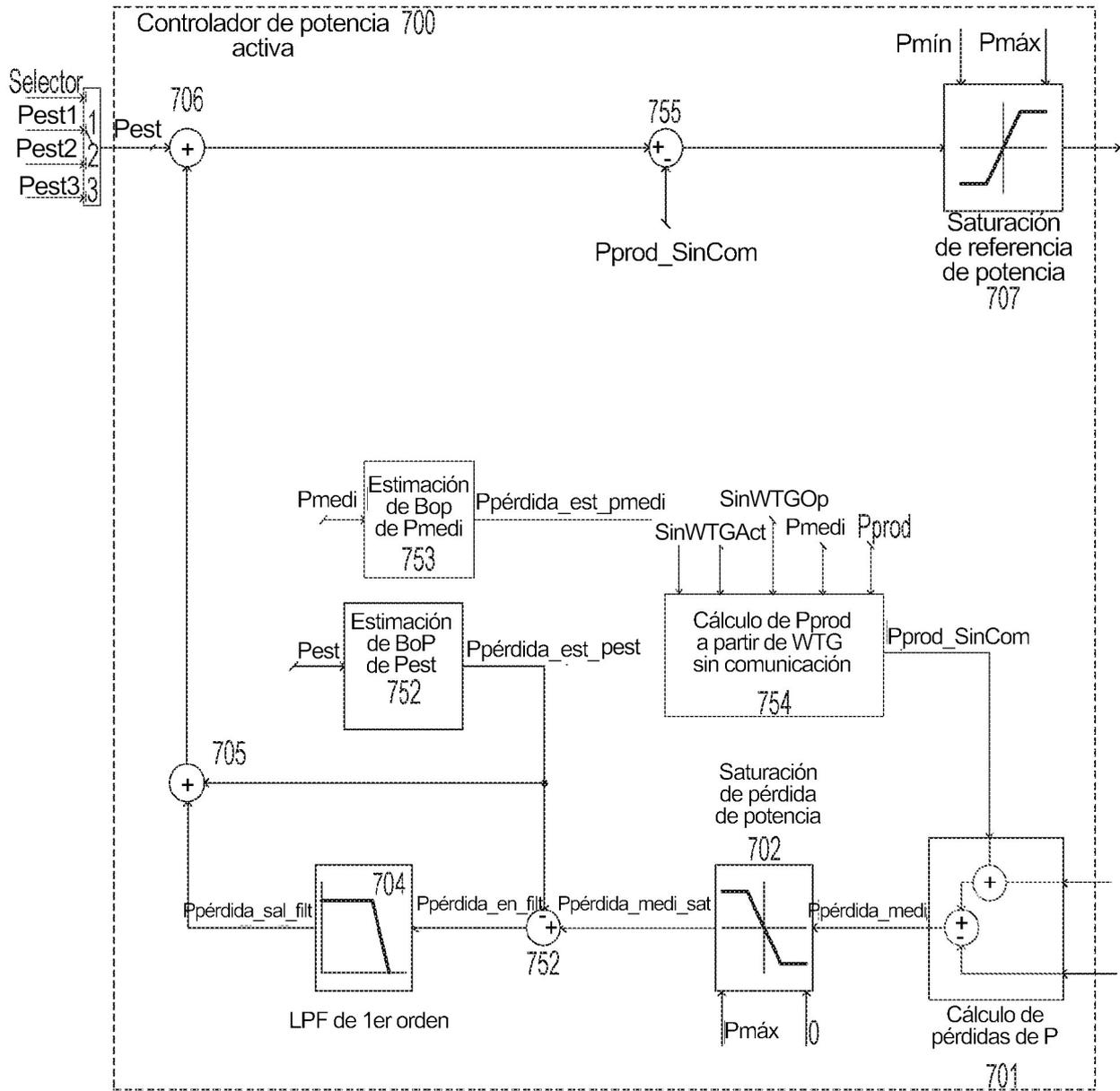


Figura 8