

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 716 498**

51 Int. Cl.:

**H02J 3/38** (2006.01)

**F03D 9/00** (2006.01)

**F03D 7/02** (2006.01)

**F03D 7/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.04.2010** **E 10004050 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.12.2018** **EP 2244348**

54 Título: **Parque eólico con varios aerogeneradores, así como procedimiento para regular la alimentación desde un parque eólico**

30 Prioridad:

**17.04.2009 DE 102009017939**

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

**12.06.2019**

73 Titular/es:

**NORDEX ENERGY GMBH (100.0%)  
Langenhorner Chaussee 600  
22419 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:

**FISCHLE, KURT;  
HARMS, ULRICH;  
JURKAT, MARK y  
RICHTER, KAY**

74 Agente/Representante:

**ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María**

**ES 2 716 498 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

Parque eólico con varios aerogeneradores, así como procedimiento para regular la alimentación desde un parque eólico

5

La presente invención se refiere a un parque eólico con varios aerogeneradores, así como a un método para regular una variable eléctrica alimentada desde un parque eólico con varias centrales eléctricas a una red eléctrica.

Los operadores de redes eléctricas exigen cada vez más que los parques eólicos contribuyan activamente a la regulación de la tensión de la red. Esto conlleva exigencias en cuanto a la velocidad de regulación, lo que hace que los parques eólicos, especialmente aquellos donde la distancia entre los aerogeneradores es considerable, tengan que tomar medidas adicionales respecto a la velocidad de regulación.

A partir de la documentación DE 10 2004 0 60 943 A 1, se conoce un control de potencia de un parque eólico en el que se prevé un parkmaster para controlar los aerogeneradores. El parkmaster presenta un regulador de potencia diseñado con varios circuitos, en el que uno de los circuitos de regulación de potencia está diseñado como un circuito de regulación rápido que especifica la salida de potencia de un primer grupo de aerogeneradores. Un segundo circuito, que actúa sobre un segundo grupo de aerogeneradores, está diseñado como un circuito de regulación lento. La división de los aerogeneradores en dos grupos permite que un primer grupo responda rápidamente a los cambios y fallas en el valor nominal, mientras que la precisión constante se logra mediante el segundo grupo de aerogeneradores programado lentamente.

Un artículo titulado "A novel centralised wind farm controller utilising voltage control capability of wind turbines" de Jens Fortmann et al., publicado en la 16th Power Systems Computation Conference en julio de 2008 en Glasgow, da a conocer una regulación en cascada de aerogeneradores en un parque eólico. En este caso, se combina una regulación de tensión rápido y continuo a nivel de los aerogeneradores con una regulación del valor nominal relativamente lenta a nivel de parque eólico. A nivel de parque eólico, se establecen valores nominales de tensión para el control del aerogenerador. En el aerogenerador, el valor nominal de tensión del aerogenerador se compara con el valor real medido, y la diferencia se comunica a un regulador de tensión como diferencia del regulador. El regulador a nivel de parque eólico está diseñado como un regulador lento para evitar intervenciones de regulación no deseadas. En este enfoque de regulación para parque eólico, el regulador dispuesto a nivel del parque transmite su variable de control como variable de entrada a un regulador de tensión en el aerogenerador.

A partir de la documentación EP 1 512 869 A1, se conoce una regulación de tensión para un parque eólico, en el que un regulador de tensión a nivel de parque calcula el valor nominal de una potencia reactiva que se debe ajustar, que se aplica al sistema de control de la planta de cada uno de los aerogeneradores. La planta regula la potencia reactiva que genera en función de este valor nominal dado. El regulador a nivel de planta está diseñado como un regulador rápido, mientras que el regulador a nivel de parque está diseñado como un regulador lento. En este caso también se opta por una estructura en cascada del regulador, ya que el regulador lento a nivel de parque aplica su variable de control como valor nominal al regulador rápido a nivel de planta.

Como generalmente se conoce de la ingeniería de regulación, el uso de una estructura de regulador en cascada en el diseño del regulador tiene poca flexibilidad.

A partir de la documentación WO 01/73518, se conoce el funcionamiento de un parque eólico, que consta de varios aerogeneradores, diseñado para que una parte tenga una velocidad fija y otra parte una velocidad variable. Al especificar los valores nominales de la potencia activa y la potencia reactiva de los aerogeneradores de velocidad variable, se debe lograr que se puedan añadir más aerogeneradores con velocidad constante al parque sin que haya fluctuaciones no deseadas en la tensión o la potencia del parque eólico. Para este propósito, se propone un dispositivo de control parpadeante que, en respuesta a las fluctuaciones y en un intervalo de frecuencia definido alrededor de 8,8 Hz, genera una señal de corrección parpadeante que es procesada por los aerogeneradores de velocidad variable del parque eólico para ajustar como corresponda los valores nominales de la potencia activa y reactiva.

A partir de la documentación DE 10 2004 048 341 A1, se conoce un parque eólico con una regulación de potencia reactiva robusta y un procedimiento para manejar el parque eólico. El parque eólico tiene un parkmaster, que está diseñado para regular la potencia reactiva y las líneas de comunicación para transmitir señales de control a los aerogeneradores del parque eólico. El sistema de regulación de potencia reactiva está diseñado como un regulador distribuido, que comprende un regulador principal centralizado en el parkmaster y subreguladores locales en el aerogenerador.

60

A partir de la documentación DE 10 2007 044 601, se conoce un parque eólico con regulación de tensión de los aerogeneradores. En el parque eólico conocido, un parkmaster está diseñado para controlar la potencia activa y reactiva, que envía señales de control de la potencia reactiva a cada uno de los aerogeneradores a través de una red de comunicación. Los aerogeneradores tienen un regulador de potencia reactiva y un regulador adicional, que generan una señal de control para el inversor del aerogenerador.

La invención tiene como objetivo proporcionar un parque eólico y un procedimiento para controlar un parque eólico que se pueda regular rápidamente y con herramientas sencillas por medio de cada aerogenerador, pero que al mismo tiempo dé lugar a un nivel suficientemente alto de flexibilidad en el diseño de los reguladores y una intervención de regulación rápida incluso en aerogeneradores que se encuentran muy separados uno del otro.

De acuerdo con la invención, el objetivo se logra mediante un parque eólico con las características de la reivindicación 1. Además, este objetivo se logra mediante un procedimiento para regular una variable eléctrica alimentada desde un parque eólico a una red de suministro eléctrico de acuerdo con la reivindicación 10. Las configuraciones ventajosas constituyen las reivindicaciones secundarias.

El parque eólico de acuerdo con la invención puede presentar varios aerogeneradores que alimenten la energía eléctrica que cada uno genera, en primer lugar a una red del parque. En este caso, la red eléctrica que conduce desde cada aerogenerador a un punto de conexión dentro del parque eólico se denomina red del parque, mientras que la red eléctrica que no sea el punto de conexión se define como red de suministro eléctrico. El parque eólico de acuerdo con la invención tiene un sistema de control central, que a veces se denomina parkmaster. El sistema de control central determina, a través de un primer regulador en función del valor real de una variable eléctrica antes o después del punto de conexión, el valor de corrección del valor nominal local de un aerogenerador o varios. El sistema de control central no especifica el valor nominal de cada aerogenerador, sino que simplemente calcula un valor de corrección adicionado que en el aerogenerador se procesa únicamente en combinación con un valor nominal local. El parque eólico de acuerdo con la invención también tiene un sistema de control de planta para al menos un aerogenerador. En función del valor real del aerogenerador en la red del parque, el sistema de control de planta calcula mediante un segundo regulador el valor nominal local de la variable eléctrica. Al igual que en el caso de aerogeneradores separados o aerogeneradores convencionales en el parque eólico, el sistema de control de planta calcula localmente un valor nominal local del aerogenerador basado en un valor real del aerogenerador. De acuerdo con la invención, el sistema de control de planta calcula a partir de la suma del valor nominal local y el valor de corrección, un valor nominal total que determina la variable eléctrica del aerogenerador que se debe generar.

De acuerdo con la invención, el sistema de control central tiene una primera unidad de medición que mide un valor real de tensión, factor de potencia, potencia reactiva o corriente antes o después del punto de conexión. La primera unidad de medición del sistema de control central mide el valor real de tensión, factor de potencia, potencia reactiva o corriente a nivel de parque eólico, es decir, en una línea en la que se alimentan todos los aportes de los aerogeneradores. La primera unidad de medición está conectada a un primer regulador a través de un primer medio de transmisión de datos. El medio de transmisión de datos tiene convenientemente un protocolo definido, que está diseñado para la transmisión de datos de medición desde la unidad de medición al primer regulador. Preferiblemente, el medio de transmisión de datos está diseñado como un medio de transmisión de datos rápido cuyo tiempo de transmisión es corto en comparación con el tiempo de reacción del circuito de regulación.

De acuerdo con la invención, el sistema de control de planta presenta una segunda unidad de medición que mide un valor real de la variable eléctrica que debe regular el aerogenerador. La segunda unidad de medición del sistema de control de planta mide la variable que se debe regular a nivel del aerogenerador. En general, la variable eléctrica regulada por el aerogenerador no tiene que coincidir con la variable eléctrica alimentada por el aerogenerador. Por ejemplo, la tensión  $U$  se puede regular, mientras que la potencia reactiva  $Q$  representa la variable alimentada primaria.

La segunda unidad de medición del sistema de control de planta está conectada con el segundo regulador a través de un segundo medio de transmisión de datos. Debido a que la unidad de medición del sistema de control de planta mide en un punto de medición cercano al aerogenerador, el segundo medio de transmisión de datos puede estar diseñado como un medio de transmisión de datos rápido cuyo tiempo de transmisión sea corto en comparación con el tiempo de respuesta del bucle de control.

A diferencia de los procedimientos conocidos para regular un parque eólico, en este caso, el primer y segundo regulador están conectados en paralelo, es decir, las variables de control del primer regulador y del segundo regulador se suman para obtener un valor nominal total. Incluso en el caso de aerogeneradores que estén físicamente muy alejados entre sí, cuya regulación pueda verse dificultada por la transmisión y el procesamiento de las señales de control entre los aerogeneradores, la conexión en paralelo de un primer y un segundo regulador conforme a la

invención proporciona un tiempo de respuesta suficiente, sin que sea necesario elegir un medio de transmisión de datos para las señales dentro del parque eólico particularmente rápido.

De acuerdo con la invención, se aplica al primer regulador un valor nominal constante o variable de una variable eléctrica que el parque eólico debe regular. Básicamente, se puede suponer que el parque eólico se maneja con un valor nominal constante de la variable eléctrica que se debe regular. Sin embargo, puede haber casos en los que, por ejemplo, una compañía eléctrica le especifique a un parque eólico un valor nominal modificado o una variable en el tiempo que indique según qué valor objetivo se debe regular una variable eléctrica.

En una configuración preferida, el primer regulador está diseñado como un regulador de tensión, factor de potencia, potencia reactiva o regulador de corriente. Como regulador de tensión, en el primer regulador se aplica un valor real de tensión y un valor nominal de tensión, como regulador del factor de potencia, en el regulador del factor de potencia se aplica un valor real del factor de potencia antes o después del punto de conexión, y un valor nominal del factor de potencia. En la configuración como regulador de potencia reactiva, se le aplican un valor real de potencia reactiva y un valor nominal de potencia reactiva. Lo mismo se aplica a la realización como regulador de corriente, al que se aplican un valor real de corriente y un valor nominal de corriente.

En una variante preferida del parque eólico de acuerdo con la invención, el primer regulador como variable de control determina el valor de corrección del valor nominal local de la corriente reactiva, la potencia reactiva, el factor de potencia o el ángulo de fase. En general, el valor de corrección se refiere a un valor nominal local que se refiere a una variable reactiva eléctrica en la red de suministro eléctrico.

En una configuración adicional preferida, el sistema de regulación central tiene un módulo de conversión que convierte la variable de control del primer regulador en valores de corrección para cada aerogenerador. El sistema de control central con su primer regulador funciona a nivel de parque, es decir, con valores reales y nominales de la variable eléctrica de todo el parque eólico. Para determinar los valores de corrección para cada aerogenerador, un valor de corrección calculado, que como tal indica la corrección que se debe realizar a nivel de parque, se convierte en valores de corrección para cada aerogenerador. Para poder detectar preferiblemente el estado de funcionamiento o la potencia de cada aerogenerador, al módulo de conversión se aplican los valores reales y/o los valores nominales locales de los aerogeneradores. Esto evita que el módulo de conversión calcule un valor de corrección para un aerogenerador que, por ejemplo, el aerogenerador no esté en condiciones de alcanzar.

En una configuración conveniente, en cada aerogenerador se prevé un sistema de control de planta, lo que permite controlar cada aerogenerador por separado y no por medio de un sistema de control de planta centralizado. Los valores de corrección del sistema de control central se aplican a los sistemas de control de cada aerogenerador.

En una configuración preferida, al segundo regulador se aplica un valor nominal constante de una variable eléctrica que deba regular el aerogenerador. El segundo regulador, por lo tanto, en caso de ser estático, regula el valor real en función del valor nominal constante. Se debe tener en cuenta que el valor de corrección se añade al valor nominal local, lo que permite que solo en el caso de que el valor de corrección sea cero, el valor regulado por el segundo regulador se corresponda con el valor nominal constante.

Convenientemente, el segundo regulador también está diseñado como regulador de tensión, factor de potencia, potencia reactiva o regulador de corriente, de manera que el segundo regulador está diseñado de acuerdo con el primer regulador. Esto significa que si el primer regulador está diseñado como un regulador de tensión, entonces el segundo regulador también está diseñado preferiblemente como un regulador de tensión, mientras que si el primer regulador está diseñado como un regulador de corriente o como otro regulador, el segundo regulador también está diseñado como un regulador de corriente o como otro regulador. En principio, no es necesario que el primer y el segundo regulador sean idénticos, pero es conveniente evitar la conversión de variables.

El segundo regulador genera preferiblemente como variable de control el valor nominal local de la corriente reactiva, la potencia reactiva, el factor de potencia o el ángulo de fase. Al igual que en el caso del primer regulador, el segundo regulador también calcula una variable eléctrica que se refiere a un componente reactivo de la potencia alimentada por el aerogenerador. También en este caso, si el primer regulador determina el valor de corrección de la corriente reactiva como una variable, el segundo regulador también determina el valor nominal local de la corriente reactiva como la variable de control. Esto es válido, según corresponda, para la potencia reactiva, el factor de potencia y el ángulo de fase.

Se ha demostrado que es conveniente prever un filtro de suavizado que filtre el valor de corrección del valor nominal local antes de sumarlo al valor nominal local. El filtro de suavizado puede, por ejemplo, filtrar un componente de alta

frecuencia del valor de corrección del valor nominal local y, de esta manera, aumentar la estabilidad del regulador.

5 En una configuración conveniente, el sistema de control de planta presenta un tercer regulador, al que se aplica el valor nominal total de la variable eléctrica que se debe generar. El tercer regulador genera una señal de control para una unidad de potencia del aerogenerador. El sistema de control de la unidad de potencia del aerogenerador, que comprende, por ejemplo, el inversor y el generador, así como su sistema de regulación, está constituido, por lo general, por un regulador de corriente.

10 De acuerdo con la invención, el objetivo también se logra mediante un procedimiento para regular una variable eléctrica alimentada desde un parque eólico con varios aerogeneradores a una red de suministro eléctrico. En el procedimiento, se aplica un valor de corrección de un valor nominal local de un aerogenerador o varios según un valor real de una variable eléctrica mediante un primer regulador a, al menos, un aerogenerador. El valor real medido de una variable eléctrica se aplica al primer regulador y el regulador indica como variable de control un valor de corrección del valor nominal local. En el procedimiento de acuerdo con la invención, para un sistema de control de planta de al menos un aerogenerador se calcula a través de un segundo regulador y según un valor real de una variable eléctrica que debe regular el aerogenerador, un valor nominal local de una variable eléctrica generada por el aerogenerador. El valor real de una variable eléctrica que debe regular el aerogenerador se aplica al segundo regulador del sistema de control de planta, y sirve para calcular el valor nominal local de la variable eléctrica generada como variable de control del segundo regulador. El valor nominal total de la variable eléctrica que debe generar el aerogenerador, en el procedimiento de acuerdo con la invención, se determina como la suma del valor nominal local y el valor de corrección. Esto significa que si el valor de corrección del valor nominal local es diferente a cero, al aerogenerador como entrada del valor nominal no se aplicará el valor nominal local, sino el valor nominal total que sea diferente al valor nominal local. El procedimiento de acuerdo con la invención tiene dos reguladores en paralelo cuyas variables de ajuste  
25 combinadas constituyen el valor nominal del aerogenerador.

En una configuración preferida del procedimiento de acuerdo con la invención, en el primer regulador la diferencia de regulación de un valor nominal constante o variable y de un valor real de la variable eléctrica se obtiene en la red de suministro eléctrico. El valor real de la variable eléctrica en la red de suministro se puede registrar antes o después de  
30 un punto de conexión, a través del cual el parque eólico está conectado a la red de suministro eléctrico.

En otra configuración preferida del parque eólico de acuerdo con la invención, el primer regulador determina como variable de control el valor de corrección del valor nominal local de la corriente reactiva, la potencia reactiva, el factor de potencia o el ángulo de fase. Estos valores de corrección se refieren al componente reactivo de la potencia  
35 alimentada a la red de suministro eléctrico.

Preferiblemente, el sistema de control central convierte la variable de control del primer regulador en valores de corrección para cada aerogenerador. Dado que el primer regulador determina el valor de corrección como variable de control basado en las variables de entrada que se miden o predefinen a nivel del parque eólico, esta variable de control  
40 se convierte preferiblemente según cuál sea el valor real y/o del valor nominal local del aerogenerador.

Al segundo regulador, se le aplica un valor nominal constante de la variable eléctrica que se debe regular en el aerogenerador. El segundo regulador calcula como variable de control el valor nominal local de la corriente reactiva, la potencia reactiva, el factor de potencia o el ángulo de fase, aunque el segundo regulador genera preferiblemente  
45 una variable de control como el primer regulador.

En el procedimiento de acuerdo con la invención, el valor de corrección se suaviza antes de sumar el valor nominal local.

50 Los ejemplos de realización de la invención se explican a continuación con referencia a las figuras. Se muestra:

En la figura 1, una vista esquemática de la estructura del regulador de acuerdo con la invención con dos sistemas de control de planta.

55 En la figura 2, una vista esquemática de la estructura del regulador de acuerdo con la invención con dos sistemas de control de planta cuyos valores nominales locales se aplican al sistema de control de planta central.

En la figura 3, un diagrama de flujo del sistema de control central.

En la figura 4, un diagrama de flujo del sistema de control de planta.

60 En la figura 1, el sistema de control central 10 con el primer regulador 12, diseñado como un regulador de tensión. Al regulador de tensión 12, se le aplica un valor nominal de tensión 14 constante o variable. Además, al primer regulador

12 se le pueden aplicar otras señales de medición 16, recibidas por el sistema de control central 10 ya sea desde el parque eólico o de la compañía de suministro de energía. El sistema de control central 10 comprende además un sistema de medición 18, que está conectado a un punto de medición central y registra un valor real de tensión 20, que indica la tensión eléctrica del parque eólico en el punto de conexión. El valor real de tensión del parque eólico se aplica al primer regulador 12 mediante el sistema de medición 18 a través de un medio rápido de transmisión de datos 22. Al primer regulador 12, se le aplica el valor real de tensión 24 del parque eólico medido y retransmitido junto con el valor nominal de tensión 14. El primer regulador 12 determina a partir de las variables aplicadas, un valor nominal de corriente reactiva adicional 26 para el primer aerogenerador y otro valor nominal de corriente reactiva adicional 28 para un segundo aerogenerador. Los valores nominales de corriente reactiva 26 y 28 adicionales son valores de corrección para el valor nominal de la corriente reactiva local del aerogenerador.

Los valores nominales de la corriente reactiva 26 y 28 adicionales se retransmiten al sistema de control de planta 32 del primer aerogenerador 31 y al sistema de control de planta 34 del segundo aerogenerador 33 a través de un medio de transmisión de datos lento 30. Los valores nominales de corriente reactiva adicionales 36 y 38 retransmitidos se someten respectivamente a un filtro de suavizado 40 y 42 de los sistemas de control de planta 32 y 34, respectivamente.

El parque eólico que se desea regular puede consistir en significativamente más que dos aerogeneradores. Para obtener una mejor visión general, se describirá a continuación el sistema de control de planta 32 del primer aerogenerador 31, en el que la estructura del sistema de control de planta 34 del segundo aerogenerador 33 y los sistemas de control de planta de los otros aerogeneradores son idénticos.

El sistema de control de planta 32 tiene un sistema de medición 44, que registra un valor real de tensión 46 en las proximidades del aerogenerador. El valor real de tensión del aerogenerador registrado se retransmite como valor real medido 49 a través de un medio de transmisión de datos rápido 48 a un segundo regulador 50. En el segundo regulador 50 se aplica además un valor nominal de tensión constante 52. El valor nominal de tensión constante 52 indica la tensión que debe generar el aerogenerador. El segundo regulador 50 está diseñado como un regulador de tensión descentralizado y genera un valor nominal local 54 para la corriente reactiva que se debe ajustar.

En el ejemplo de realización ilustrado, el primer regulador 12 y el segundo regulador 50 están diseñados como reguladores de tensión, a cada uno de ellos se aplica como valor real la tensión en el punto de alimentación del parque eólico o la tensión en un punto de medición en las proximidades del aerogenerador. El primer regulador 12 y el segundo regulador 50 emiten respectivamente como variable de control el aporte de corriente reactiva que debe generar el aerogenerador. En el caso del primer aerogenerador, este es el valor nominal de corriente reactiva adicional 26 o el valor nominal de corriente reactiva adicional retransmitido 36 y la variable de control 54 del segundo regulador.

En el campo de suma 56, el valor nominal de corriente reactiva local 54 se suma al valor nominal de corriente reactiva adicional suavizada. A un tercer regulador 58, se aplica el valor nominal de corriente reactiva total 60. El tercer regulador 58 está diseñado como un regulador de corriente, que procesa el valor nominal de corriente reactiva total 60. Opcionalmente, se pueden aplicar al regulador un valor nominal de corriente activa 62 y otras señales de medición 64. El tercer regulador 58 genera como variable de control una señal de control 66, que se aplica a una unidad de potencia 68 del aerogenerador. La señal de control 66 le indica a la unidad de potencia 68 cómo se deben controlar el generador y el inversor para configurar una corriente reactiva 70 que corresponda al valor nominal de la corriente reactiva total 60. La corriente reactiva alimentada a la red del parque por el aerogenerador actúa a través del sistema controlado 72 sobre los valores reales de tensión 20 y 46, lo que permite que el bucle de control quede cerrado. Además de la corriente reactiva 70, el aerogenerador por supuesto también genera una corriente activa 74, que también actúa sobre los valores reales de tensión 20 y 46 a través del sistema controlado 72.

La estructura del regulador que se muestra en la Figura 1 consta de dos bucles de control paralelos. El primer bucle de control está formado por el sistema controlado 72, el valor real de tensión del parque eólico 20, el sistema de control 10 con su regulador de tensión central 12, el medio de transmisión de datos lento 30, a través del cual se transmiten los valores de corrección para los valores nominales de la corriente reactiva local 36 y 38, el regulador de corriente 58 y la unidad de potencia 68, a través del cual el sistema controlado 72 se alimenta con una corriente reactiva 70 y una corriente activa 74. El bucle de control programado en paralelo para este propósito consiste en el sistema de control 72 y el valor real de tensión 46 medido localmente en el aerogenerador, que es convertido en un valor nominal de corriente reactiva local 54 por un segundo regulador de tensión descentralizado. Con el campo de suma 56, se suman el valor de corrección 36 o su valor suavizado, y el valor nominal de corriente reactiva local 54, y se retransmiten desde allí a través del regulador de corriente 58. Para comprender la estructura del regulador, es importante que la transmisión de los valores de corrección 26, 28 al campo de suma 56 a través del medio de transmisión de datos lento sea suficiente para que la propiedad de regulación sea significativamente más lenta que la regulación a través del

sistema de regulación central. El control a nivel del aerogenerador tiene lugar respectivamente a través de un medio de transmisión de datos rápido 48, lo que en este caso permite utilizar un regulador 50 significativamente más dinámico.

- 5 La figura 2 muestra otro ejemplo de realización en el que los valores nominales de corriente reactiva locales calculados por el segundo regulador se devuelven al primer regulador a través del medio de transmisión de datos lento. Para una mejor visión general, a los elementos que se repiten en la figura 1 y 2 se les ha asignado los mismos números de referencia. Si alguno de los elementos es diferente en la estructura del regulador modificada, esto se indica con la letra B.
- 10 La estructura del regulador del otro ejemplo de realización de la figura 2 comprende un retroacoplamiento con el que el valor nominal de corriente reactiva local 54 se devuelve a través del medio de transmisión de datos lento 30B al primer regulador 12B. El valor nominal de corriente reactiva local que se devuelve, se muestra en la figura 2 como 55. El primer regulador puede, por ejemplo, calcular un valor nominal de corriente reactiva del sistema deseado para todo el parque eólico usando un procedimiento de regulación conocido, luego puede restar la suma de los valores nominales de corriente reactiva locales 55 y dividir solamente la diferencia restante entre los valores de corrección 26, 28. De este modo, se logra que la suma de los valores nominales de corriente reactiva total 60 de todos los sistemas correspondan en promedio con el valor nominal de corriente reactiva del sistema deseado. Alternativamente, basándose en el valor nominal de corriente reactiva local devuelto 55, el primer regulador 12B puede decidir cómo dividir los valores de corrección de los valores nominales de corriente reactiva entre cada uno de los aerogeneradores. Por lo tanto, el primer regulador, por ejemplo, si tiene un valor nominal de corriente reactiva 54 alto en el primer aerogenerador 31, puede corregirlo solo ligeramente con el valor 26 y, en su lugar, puede hacer la corrección necesaria en el valor de corrección 28 del segundo aerogenerador.
- 25 En el ejemplo de realización anterior, se ha descrito una estructura de regulador en la que el valor nominal de corriente reactiva es calculado por los reguladores de tensión 50, 12 o 12B. Alternativamente, también es posible desactivar el factor de potencia, la potencia reactiva o el ángulo de fase en la estructura del regulador; generalmente es suficiente tener en cuenta una variable eléctrica cualquiera que pueda influir en la potencia reactiva de la red.
- 30 La figura 3 muestra en un diagrama de flujo cómo se calculan los valores de corrección del valor nominal de corriente reactiva en el sistema de control central 10. La figura 3 muestra en una primera etapa 76 que se lee un valor nominal de tensión central 14. En este caso, el valor nominal de tensión central 14 se puede limitar y/o filtrar.
- En la etapa 78, el sistema de medición 18 lee el valor real de tensión central 24. El valor real de tensión central 24 también en este caso se puede limitar y/o filtrar previamente.
- En la etapa 80, el valor de corrección del valor nominal local de la corriente reactiva se obtiene de acuerdo con el principio de regulación proporcional, en el que la diferencia entre el valor nominal de tensión central y el valor real de tensión central se multiplica por una amplificación proporcional de todo el sistema ( $k_{sys}$ ). El resultado se almacena temporalmente como valor nominal de corriente reactiva del sistema ( $I_{soll\_sys}$ ) deseado.
- En la etapa 82, cada aerogenerador lee los valores nominales de corriente reactiva calculados localmente ( $I_{soll1}$  a  $I_{soll7}$ ).
- 45 En la etapa 84, la diferencia entre el valor nominal de corriente reactiva del sistema deseado y la suma de los valores nominales de corriente reactiva descentralizados se calcula como valor de corrección. ( $\Delta I_{soll\_sys}$ ). La diferencia que se obtiene de esta manera indica en cuánto se deben corregir los valores nominales locales calculados por las plantas para obtener el valor nominal de corriente reactiva del sistema deseado.
- 50 En la etapa 86, la diferencia se divide entre el número de aerogeneradores para calcular los valores nominales de corriente reactiva adicionales ( $I_{soll1\_zus1}$  a  $I_{soll7\_zus7}$ ). En el ejemplo ilustrado, se parte de la base de que se trata de un parque eólico con siete plantas, lo que significa que  $1/7$  de la diferencia se transmite como valor de corrección a cada planta.
- 55 En la etapa 88, los valores nominales de corriente reactiva adicionales se emiten como valores de corrección y se aplican a cada aerogenerador.
- En la figura 4, se muestra un diagrama de flujo del sistema de control de planta. En la etapa 90, se lee un valor real de tensión descentralizado 46. El valor real de tensión es descentralizado debido a que se mide en el aerogenerador cerca de su punto de alimentación.
- 60

En la etapa 90, utilizando el factor de proporcionalidad ( $k_{sys}$ ) de la etapa 80, se calcula el valor nominal de la corriente reactiva de acuerdo con el principio de regulación proporcional. En la etapa 94, el valor nominal de corriente reactiva local ( $I_{soll}$ ) se devuelve al sistema de control central. Esto corresponde a la etapa 82 de la figura 3.

5

Posteriormente, en el paso 96, se lee y filtra el valor de corrección del valor nominal de corriente reactiva ( $I_{soll3}$ ). Este valor es emitido por el regulador del sistema en la etapa 88 de la figura 3.

En la etapa 98, el sistema de control de planta calcula el valor nominal de corriente reactiva total ( $I_{so11_{ges}}$ ) como la suma del valor nominal de corriente reactiva calculada localmente ( $I_{SOLI}$ ) y el valor nominal adicional filtrado ( $I_{sol1_3}$  filtrado) de la corriente reactiva.

10

En una etapa posterior 100, el valor nominal de corriente reactiva total ( $I_{soll_{ges}}$ ) se limita a un rango permisible ( $-I_{sol1_{zul}}$  a  $I_{soll_{zu1}}$ ) cuyos valores para el aerogenerador están predeterminados. Mediante un mínimo y un máximo del valor nominal total de la corriente reactiva con el valor nominal de corriente reactiva positiva máxima permitida o el valor nominal de corriente reactiva negativa máxima permitida, se limita el valor nominal total de la corriente reactiva.

15

Con la etapa final del procedimiento 102, las señales de control del sistema de control de planta se generan como señales moduladas por ancho de pulso para controlar la unidad de potencia.

20

En general, es posible variar las secuencias del regulador descritas anteriormente. Así, por ejemplo, en la etapa 80 en lugar de aplicar el principio de regulación proporcional se puede aplicar un principio de regulación integral. También es posible prescindir de las etapas 82 y 84, en las que se procesan los valores nominales locales de la corriente reactiva. En lugar de esto, por ejemplo, la parte integral del valor nominal de corriente reactiva obtenida mediante el principio de regulación integral, se puede dividir entre la cantidad de plantas y el cociente se puede retransmitir como valor de corrección.

25

**REIVINDICACIONES**

1. Parque eólico con varios aerogeneradores, que se pueden conectar a una red eléctrica del parque, que se puede conectar mediante un punto de conexión a una red de suministro eléctrico, en el que el parque eólico presenta lo siguiente:
  - un sistema de control central (10) que comprende una primera unidad de medición (18) que mide un valor real de tensión, factor de potencia, potencia reactiva o corriente (20) antes o después del punto de conexión, y que presenta un regulador (12, 12B) conectado a la unidad de medición (18) a través del cual el sistema de control central (10) dependiendo del valor real medido (24) calcula un valor de corrección (26, 28) para un valor nominal local (54) de un aerogenerador o varios, y
  - un sistema de control de planta (32) para al menos un aerogenerador, que presenta una segunda unidad de medición (44), que mide un valor real de tensión, factor de potencia, potencia reactiva o corriente (46) en el aerogenerador o en sus proximidades, y que presenta un regulador conectado a la segunda unidad de medición (44) mediante el cual el sistema de control de planta (32) calcula dependiendo del valor real medido (49) un valor nominal local (54) de la variable eléctrica que debe generar uno de los aerogeneradores, caracterizado por que el sistema de control de planta determina la suma del valor nominal local (54) y el valor de corrección (36) como valor nominal total (60) de la variable eléctrica que debe generar el aerogenerador,
  - al primer regulador (12, 12B), se le aplica un valor nominal constante o variable (14) de una de las variables eléctricas que debe regular el aerogenerador, y
  - la primera unidad de medición (18) está conectada al primer regulador (12, 12B) a través de un medio de transmisión de datos lento (30) y la segunda unidad de medición (44) está conectada al segundo regulador (58) a través de un segundo medio de transmisión de datos (48), y el primer medio de transmisión de datos (30) está diseñado como un medio de datos lento y el segundo medio de transmisión de datos (48) como un medio rápido.
2. Un parque eólico de acuerdo con la reivindicación 1 caracterizado por que el primer regulador (12, 12B) y/o el segundo regulador (50) está(n) diseñado(s) como un regulador de tensión, factor de potencia, potencia reactiva o regulador de corriente.
3. Un parque eólico de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2 caracterizado por que el primer regulador (12) calcula como variable de control el valor de corrección (26, 28) del valor nominal local (54) de la corriente reactiva, la potencia reactiva, el factor de potencia o el ángulo de fase.
4. Un parque eólico de acuerdo con las reivindicaciones de la 1 a la 3 caracterizado por que el sistema de control central (10) presenta un módulo de conversión, que convierte la variable de control del primer regulador en valores de corrección (36, 38) para cada aerogenerador.
5. Un parque eólico de acuerdo con la reivindicación 4 caracterizado por que al módulo de conversión se aplican los valores reales y/o los valores nominales locales de la variable eléctrica que debe generar el aerogenerador,
6. Un parque eólico de acuerdo con las reivindicaciones de la 1 a la 5 caracterizado por que cada aerogenerador está previsto con un sistema de control de planta (32) y el valor de corrección (36, 38) se aplica del sistema de control central (10) al sistema de control de planta.
7. Un parque eólico de acuerdo con las reivindicaciones de la 1 a la 6 caracterizado por que al segundo regulador (50) se aplica un valor nominal constante (52) para una variable eléctrica de la red del parque medida por el aerogenerador.
8. Un parque eólico de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 7 caracterizado por que el segundo regulador (50) calcula como variable de control el valor nominal local de la corriente reactiva, la potencia reactiva, el factor de potencia o el ángulo de fase.
9. Un parque eólico de acuerdo con las reivindicaciones de la 1 a la 8 caracterizado por que el sistema de control de planta (32) presenta un tercer regulador (58), al que se aplica el valor nominal total (60) de la variable eléctrica que debe generar y que emite una o varias señales de control (66) para la unidad de potencia (68) del aerogenerador.
10. Un procedimiento para regular una variable eléctrica alimentada desde un parque eólico con al menos un aerogenerador a una red de suministro eléctrico, en la que
  - un sistema de control central (10) calcula en función de un valor real (24) de una variable eléctrica y mediante un

- primer regulador (12) un valor de corrección (26, 28) de un valor nominal local (54) de uno o varios generadores (31, 33), y
- un sistema de control de planta (32) calcula en función de un valor real de una variable eléctrica medida de un aerogenerador para al menos un aerogenerador y mediante un segundo regulador (50) el valor nominal local (54) de la variable eléctrica que se debe generar,
- 5
- caracterizado por que
- el valor nominal total (60) de la variable eléctrica que debe generar el aerogenerador se determina como la suma del valor nominal local (54) y el valor de corrección (36) y
- 10
- en el primer regulador (12) la diferencia de regulación de un valor nominal constante o variable (14) y de un valor real (24) de la variable eléctrica se obtiene en la red de suministro eléctrico,
  - en la que la primera unidad de medición (18) está conectada al primer regulador (12, 12B) a través de un medio de transmisión de datos lento (30) y la segunda unidad de medición (44) está conectada al segundo regulador (58) a través de un segundo medio de transmisión de datos (48), y el primer medio de transmisión de datos (30) está diseñado
- 15
- como un medio de datos lento y el segundo medio de transmisión de datos (48) como un medio rápido.
11. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10 caracterizado por que el primer regulador (12) calcula como variable de control el valor de corrección (26, 28) del valor nominal local (54) de la corriente reactiva, la potencia reactiva, el factor de potencia o el ángulo de fase.
- 20
12. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10 u 11 caracterizado por que el sistema de control central (10) convierte la variable de control del primer regulador (12) en valores de corrección (26, 28) para cada aerogenerador por separado.
- 25
13. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12 caracterizado por que el sistema de control central (10) calcula el nivel de corrección del aerogenerador en función del valor real y/o del valor nominal local (55) de la variable eléctrica del aerogenerador.
- 30
14. Un procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones de la 10 a la 13 caracterizado por que al segundo regulador (50) se le aplica el valor nominal (52) de la variable eléctrica del aerogenerador que se debe regular.
- 35
15. Un procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones de la 10 a la 14 caracterizado por que el segundo regulador (50) calcula como variable de control (54) el valor nominal local de la corriente reactiva, la potencia reactiva, el factor de potencia o el ángulo de fase.

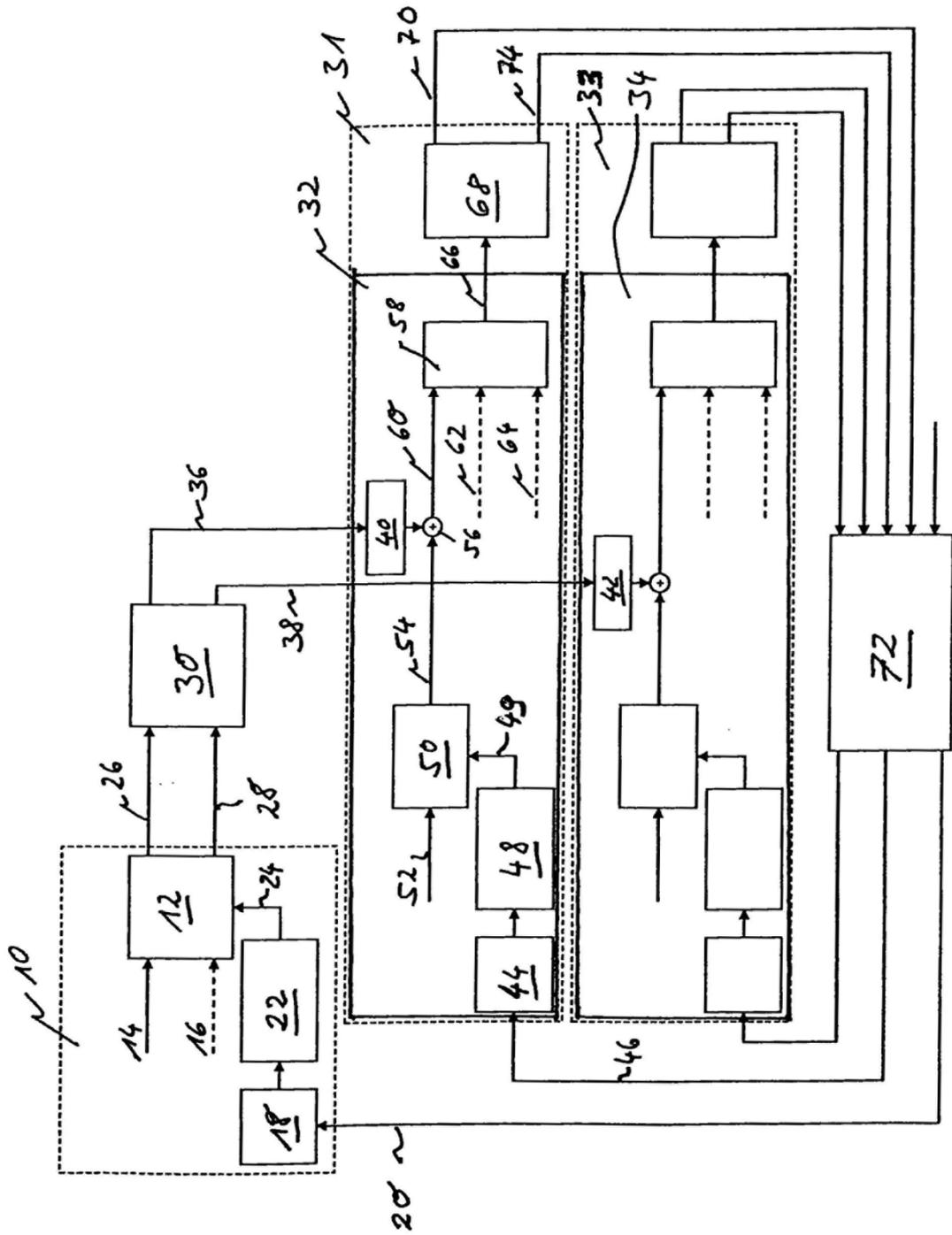


Fig. 1

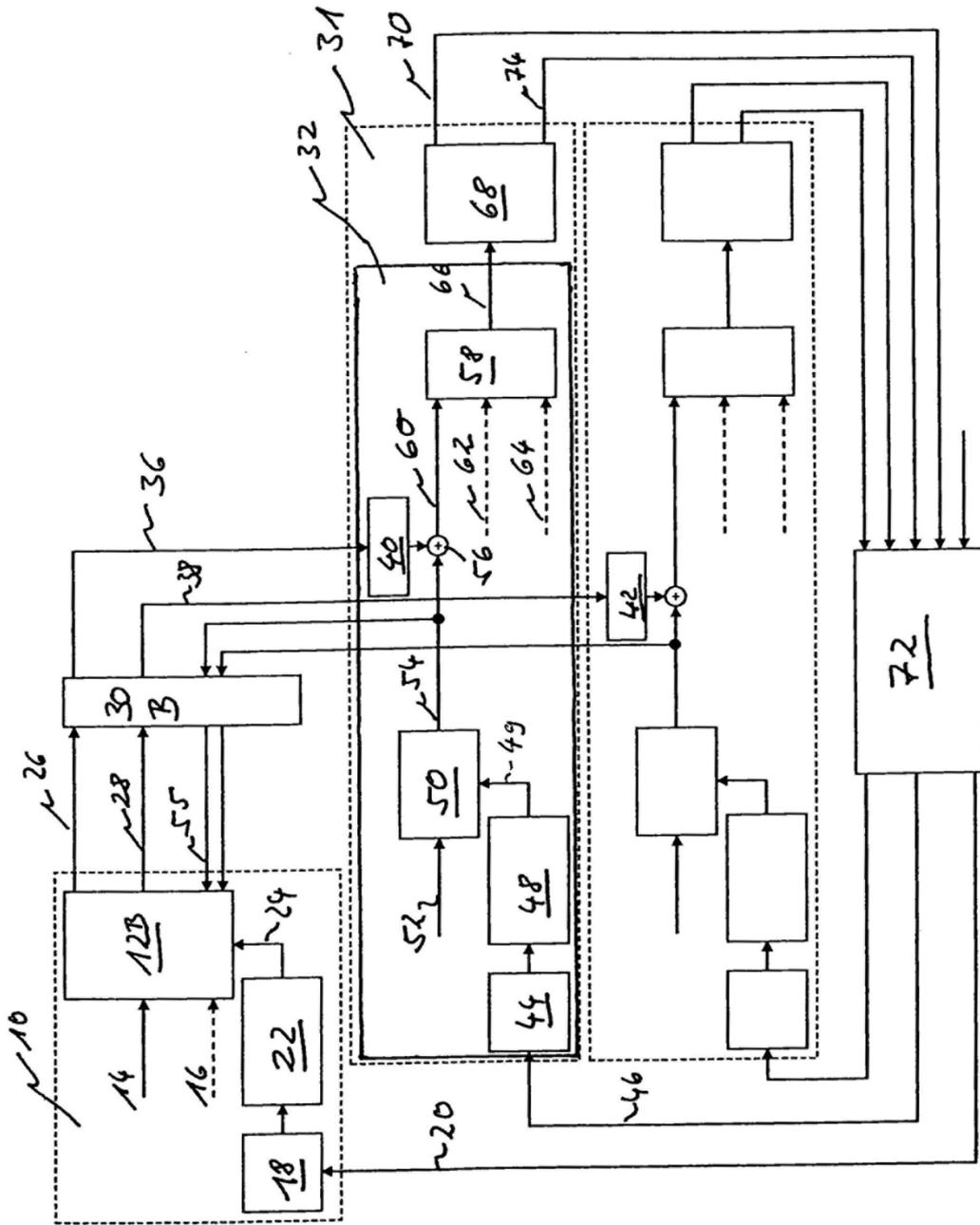
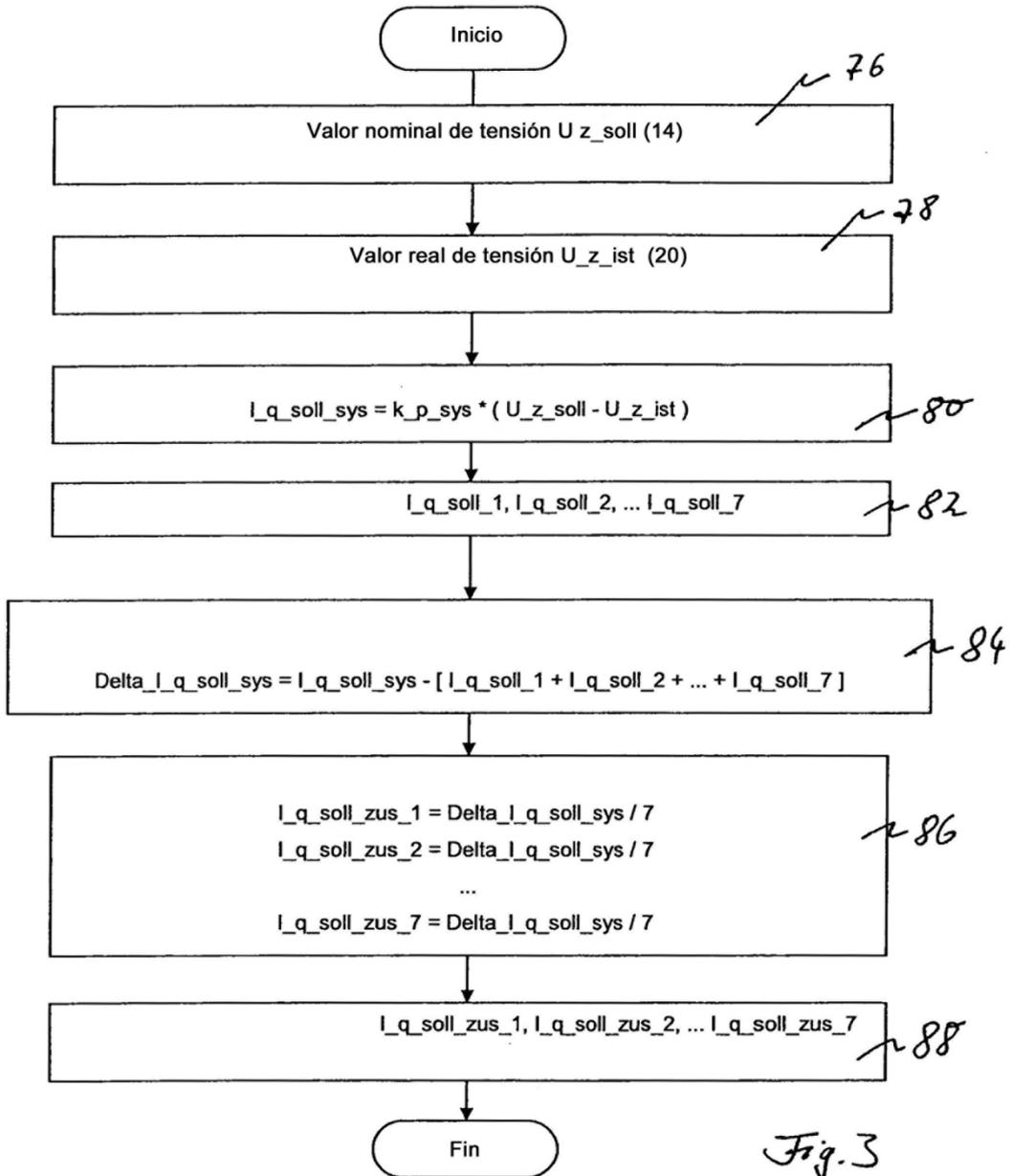


Fig. 2



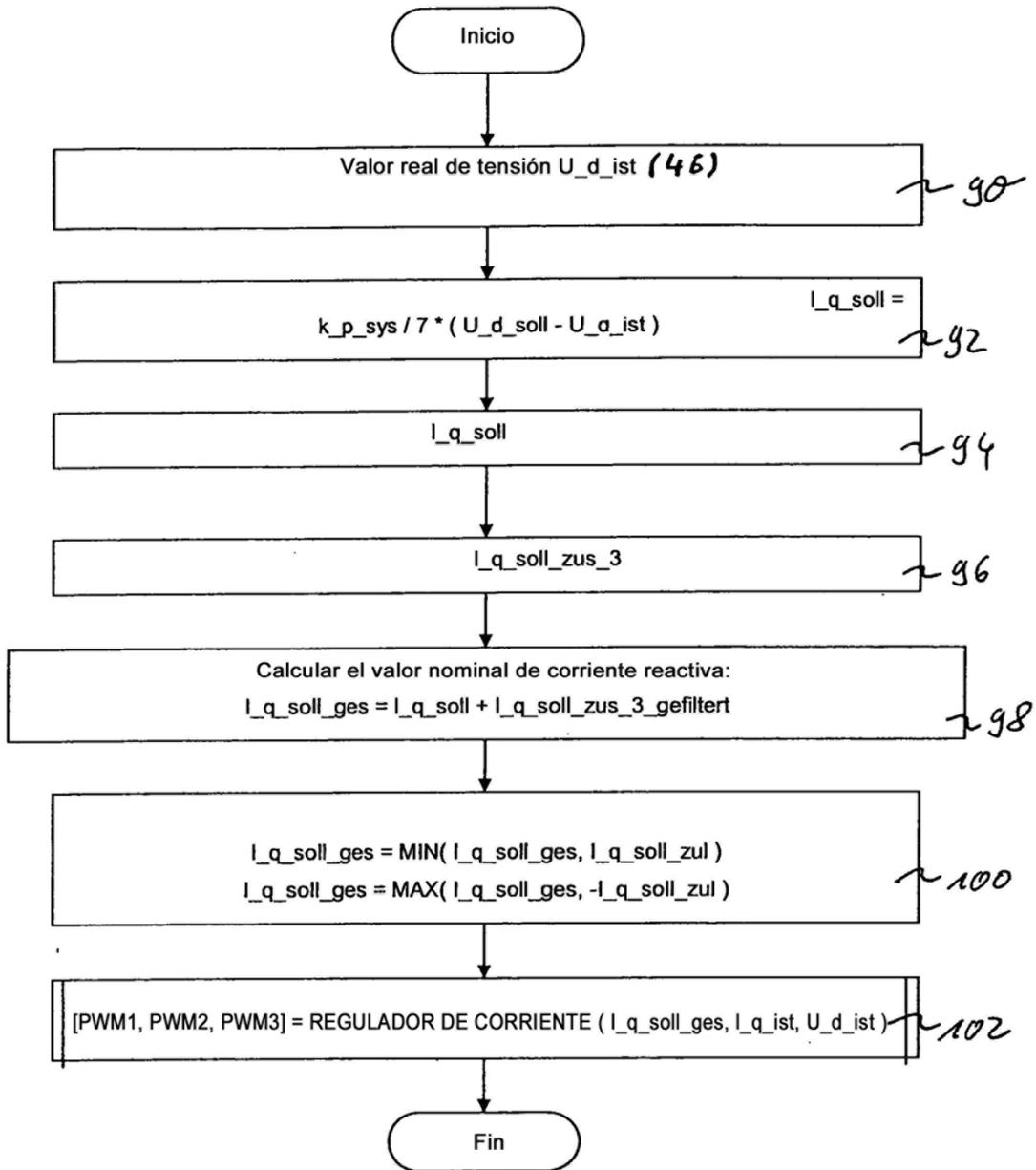


Fig. 4