

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 668 447**

51 Int. Cl.:

**H02J 3/24** (2006.01)

**H02J 3/38** (2006.01)

**F03D 7/02** (2006.01)

**F03D 7/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.09.2012 PCT/DK2012/050366**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.01.2013 WO13004252**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.09.2012 E 12780080 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.04.2018 EP 2761713**

54 Título: **Dispositivo de control para amortiguar oscilaciones de red eléctrica**

30 Prioridad:

**30.09.2011 DK 201170536**

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

**18.05.2018**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**GARCIA, JORGE MARTINEZ y  
LUNGEANU, FLORIN**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

ES 2 668 447 T3

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

**DESCRIPCIÓN**

Dispositivo de control para amortiguar oscilaciones de red eléctrica

**Campo de la invención**

La invención se refiere a la amortiguación de oscilaciones eléctricas de la red de distribución.

**5 Antecedentes de la invención**

Se conoce que, por ejemplo, la frecuencia y la tensión de la potencia eléctrica transmitida en la red pueden comenzar a oscilar debido a alteraciones o a una mala coordinación de control entre diferentes unidades de generación. También se conoce que tales oscilaciones en la red pueden contrarrestarse o amortiguarse inyectando potencia eléctrica con la fase correcta con respecto a las oscilaciones de red. Sin embargo, la inyección de tal potencia eléctrica puede excitar resonancias mecánicas en el dispositivo de generador de potencia que produce la potencia eléctrica de amortiguación.

Por consiguiente, un problema es que cuando se controla un generador de potencia para amortiguar oscilaciones de red pueden excitarse de manera inadvertida vibraciones en el generador de potencia.

15 El documento EP2182207A2 describe un sistema para proporcionar amortiguación de oscilaciones electromecánicas o rendimiento de tensión en un sistema de distribución.

**Sumario de la invención**

En general, la invención pretende preferiblemente mitigar o eliminar el problema anteriormente mencionado relacionado con la amortiguación de oscilaciones de red. En particular, puede considerarse como un objeto de la presente invención proporcionar un método que resuelva el problema de excitación de resonancias mecánicas en la central eléctrica, u otros problemas de la técnica anterior.

Para abordar mejor una o más de estas preocupaciones, en un primer aspecto de la invención se presenta un dispositivo de control para amortiguar oscilaciones de red eléctrica en una red de distribución que comprende

- una entrada para recibir una señal de referencia de amortiguación principal determinada para amortiguar las oscilaciones de red,
- 25 - un procesador para determinar al menos señales de referencia primera y segunda a partir de la entrada para controlar la generación de potencia de unidades de generador de potencia primera y segunda conectadas a la red de distribución para suministrar potencia a la red de distribución, en el que
- las señales de referencia primera y segunda se determinan de modo que la potencia suministrada a la red por las unidades de generador de potencia primera y segunda en combinación permite la amortiguación de las oscilaciones de red, y en el que
- 30 - las señales de referencia primera y segunda comprenden, cada una, una parte activa para provocar un efecto de control sobre los generadores de potencia primero y segundo respectivos y, de manera sucesiva a la parte activa, una parte pasiva que no provoca un efecto de control, en el que las partes activas respectivas de las señales de referencia primera y segunda están separadas en el tiempo
- 35 - una salida o distribuidor para transmitir o distribuir las señales de referencia determinadas a unidades de generador de potencia, en el que
- la señal de referencia de amortiguación principal comprende partes activas primera y segunda en sucesión, en el que las partes activas primera y segunda se determinan para contrarrestar las oscilaciones de red dado que la señal de referencia de amortiguación principal se aplicó a la unidad de generación de potencia primera o segunda para controlar la generación de potencia, y en el que
- 40 - las señales de referencia primera y segunda se determinan a partir de la señal de referencia de amortiguación principal de modo que la parte activa de la primera señal de referencia es equivalente a la primera parte activa de la señal de referencia de amortiguación principal, y de modo que la parte activa de la segunda señal de referencia es equivalente a la segunda parte activa de la señal de referencia de amortiguación principal.
- 45 Las partes activas de las señales de referencia primera y segunda están separadas en el tiempo y, por tanto, las señales de referencia primera y segunda pueden definirse de modo que las partes activas separadas en el tiempo proporcionan un efecto de amortiguación de las oscilaciones de red. Dado que las partes activas de cada señal de referencia van sucedidas por una parte pasiva, las resonancias que pueden excitarse por la parte activa pueden disminuir al menos parcialmente durante el periodo de la parte pasiva. Por tanto, dado que las señales de referencia no proporcionan de manera continua un efecto de control y dado que las partes activas se distribuyen entre
- 50 diferentes señales de referencia, puede ser posible amortiguar oscilaciones de red sin excitar resonancias

importantes en componentes de las unidades de generador de potencia.

Se entiende que normalmente se determinan más de dos señales de referencia para más de dos unidades de generador de potencia. Por ejemplo, pueden generarse diez señales de referencia para por ejemplo diez unidades de generador de potencia diferentes.

5 Por tanto, en vez de determinar las señales de referencia a partir de parámetros eléctricos, las señales de referencia se determinan directamente a partir de la referencia de amortiguación principal que puede haberse determinado por otro sistema o por el dispositivo de control. En una realización, para cada una de las señales de referencia primera y segunda, la duración de la parte pasiva es más larga que la duración de la parte activa anterior. Puede resultar ventajoso que la parte pasiva sea más larga que la parte activa de modo que resonancias excitadas por la parte activa anterior tienen tiempo suficiente para disminuir durante la parte pasiva.

10 En una realización el procesador está configurado además para distribuir las señales de referencia primera y segunda entre las unidades de generador de potencia primera y segunda.

15 En una realización el procesador está configurado para determinar tres o más señales de referencia para controlar la generación de potencia de tres o más unidades de generador de potencia, y para aplicar las señales de referencia a las unidades de generador de potencia de manera cíclica. Al aplicar las señales de referencia por turnos, las partes activas de las señales de referencia se aplican por turnos. De ese modo, la duración de la parte pasiva de cada señal de referencia es igual y se maximiza con respecto al número de señales de referencia.

20 En una realización el dispositivo de control comprende una entrada para recibir valores de vibración indicativos de un estado de vibración estructural de cada una de una pluralidad de las unidades de generador de potencia, el procesador está configurado para determinar tres o más señales de referencia para controlar la generación de potencia de tres o más unidades de generador de potencia, y el procesador está configurado para aplicar las señales de referencia a las unidades de generador de potencia dependiendo de los estados de vibración estructural de cada unidad de generador de potencia.

25 Por tanto, en vez de aplicar las señales de referencia por turnos, las señales de referencia pueden aplicarse de modo que, por ejemplo, una unidad de generador de potencia que tiene la menor amplitud de vibración recibirá la señal de referencia. Por tanto, un estado de vibración estructural puede ser una amplitud de vibración.

30 En una realización el dispositivo de control comprende una entrada para recibir una amplitud de oscilación y una fase de oscilación de un componente de una de las unidades de generador de potencia, y el procesador está configurado para sincronizar la aplicación de una señal de referencia con la unidad de generador de potencia para contrarrestar la oscilación definida por la amplitud de oscilación y la fase de oscilación.

Por tanto, la señal de referencia puede aplicarse a una unidad de generador de potencia de modo que el efecto de la señal de referencia provoca una excitación mínima de resonancias y posiblemente proporciona la amortiguación de resonancias existentes en un componente de la unidad de generador de potencia.

35 Por ejemplo, la amplitud de oscilación y la fase de oscilación pueden ser una amplitud de oscilación y una fase de oscilación de la torre de un generador de turbina eólica.

40 Alternativamente, la amplitud de oscilación y la fase de oscilación pueden ser una amplitud de oscilación y una fase de oscilación de una velocidad de generador de una de las unidades de generador de potencia. Dado que las vibraciones resonantes de componentes de la unidad de generador de potencia afectan a la velocidad de generador, la velocidad de generador puede procesarse para extraer la amplitud de oscilación y la fase de oscilación del componente resonante.

En una realización la unidad de generador de potencia es un generador de turbina eólica o una central de generadores de turbina eólica.

Como segundo aspecto de la invención se hace referencia a un generador de turbina eólica que comprende el dispositivo de control según el primer aspecto.

45 El dispositivo de control para amortiguar oscilaciones de red puede estar ubicado dentro del generador de turbina eólica, pero alternativamente puede estar ubicado en otra parte siempre que el dispositivo de control pueda recibir por ejemplo parámetros eléctricos relacionados con las oscilaciones de red y pueda transmitir señales de referencia de amortiguación a unidades de generador de potencia individuales.

50 Por consiguiente, el dispositivo de control para amortiguar oscilaciones de red puede formar parte de un generador de turbina eólica.

Un tercer aspecto de la invención se refiere a un método para amortiguar oscilaciones de red eléctrica en una red de distribución que comprende,

- recibir una señal de referencia de amortiguación principal determinada para amortiguar las oscilaciones de red,

- determinar al menos señales de referencia primera y segunda a partir de la entrada para controlar la generación de potencia de unidades de generador de potencia primera y segunda conectadas a la red de distribución para suministrar potencia a la red de distribución, en el que
- 5 - las señales de referencia primera y segunda se determinan de modo que la potencia suministrada a la red por las unidades de generador de potencia primera y segunda en combinación permite la amortiguación de las oscilaciones de red, y en el que
- las señales de referencia primera y segunda comprenden, cada una, una parte activa para provocar un efecto de control sobre los generadores de potencia primero y segundo respectivos y, de manera sucesiva a la parte activa, una parte pasiva que no provoca un efecto de control, en el que las partes activas respectivas de las señales de referencia primera y segunda están separadas en el tiempo,
- 10 - la señal de referencia de amortiguación principal comprende partes activas primera y segunda en sucesión, en el que las partes activas primera y segunda se determinan para contrarrestar las oscilaciones de red dado que la señal de referencia de amortiguación principal se aplicó a la unidad de generación de potencia primera o segunda para controlar la generación de potencia, y en el que
- 15 - las señales de referencia primera y segunda se determinan a partir de la señal de referencia de amortiguación principal de modo que la parte activa de la primera señal de referencia es equivalente a la primera parte activa de la señal de referencia de amortiguación principal, y de modo que la parte activa de la segunda señal de referencia es equivalente a la segunda parte activa de la señal de referencia de amortiguación principal, y
- aplicar las señales de referencia a las unidades de generador de potencia primera y segunda para amortiguar las oscilaciones de red eléctrica.
- 20

En resumen la invención se refiere a un método para amortiguar oscilaciones de red. Las oscilaciones pueden amortiguarse controlando, por ejemplo, generadores de turbina eólica para inyectar potencia a la red en fase opuesta con las oscilaciones de red. En vez de controlar uno o más generadores de turbina eólica para generar la misma señal de potencia de fase opuesta, se controla una pluralidad de generadores de turbina eólica de modo que cada uno de ellos sólo genera una parte de la señal de potencia de fase opuesta, pero de modo que todos los generadores de turbina eólica en combinación generan la señal de potencia de fase opuesta completa.

25

En general los diversos aspectos de la invención pueden combinarse y acoplarse de cualquier manera posible dentro del alcance de la invención, que se define por las reivindicaciones adjuntas. Estos y otros aspectos, características y/o ventajas de la invención resultarán evidentes a partir de, y se esclarecerán con referencia a, las realizaciones descritas a continuación en el presente documento.

30

### Breve descripción de los dibujos

- Se describirán realizaciones de la invención, únicamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos, en los que
- la figura 1 muestra un generador de turbina eólica 100,
  - la figura 2 ilustra una oscilación 201 en la red de distribución,
  - 35 la figura 3 ilustra la determinación de señales de referencia de amortiguación a partir de una señal de referencia de amortiguación principal 202,
  - la figura 4 ilustra un sistema de transmisión de potencia que comprende la red principal 401, unidades de generador de potencia 404 conectadas a la red 401 y un sistema de control 413 para amortiguar oscilaciones de red, y
  - 40 la figura 5 muestra diferentes realizaciones de un procesador 531-533 para determinar señales de referencia de amortiguación individuales 301-305.

### Descripción detallada de realizaciones

- La figura 1 muestra un generador de turbina eólica 100 que comprende una torre 101 y una góndola 102. El conjunto de rotor de palas de rotor 103 puede rotar por la acción del viento.
- 45 La energía rotacional inducida por el viento de las palas de rotor 103 puede transferirse a través de un árbol a un generador en la góndola. Por tanto, el generador de turbina eólica 100 puede convertir energía cinética del viento en energía mecánica por medio de las palas de rotor y, posteriormente, en potencia eléctrica por medio del generador.
- El generador de turbina eólica puede conectarse a la red para suministrar la potencia eléctrica generada a la red.
- Se conoce que, por ejemplo, la frecuencia, tensión y corriente de la potencia eléctrica transmitida en la red puede comenzar a oscilar debido a alteraciones. También se conoce que tales oscilaciones en la red pueden contrarrestarse o amortiguarse inyectando una señal de potencia a la red con la fase correcta para contrarrestar las
- 50

oscilaciones. En principio, la señal de potencia de amortiguación puede estar en fase opuesta con las oscilaciones, aunque normalmente la señal de amortiguación está en fase desplazada con respecto a la señal de amortiguación de fase opuesta principal con el fin de generar una amortiguación óptima.

5 La figura 2 ilustra una oscilación en la red, por ejemplo en forma de una amplitud de tensión oscilante 201 (es decir, la amplitud de pico sinusoidal o amplitud de RMS). A partir de una medición de la oscilación de red 201 puede generarse una referencia de potencia 202 para amortiguar la oscilación. Suministrando la referencia de potencia 202 por ejemplo a una turbina eólica o a una pluralidad de turbinas eólicas se genera potencia eléctrica 203 con la fase correcta con la oscilación de red y se inyecta a la red. Como ejemplos, oscilaciones en la tensión de red o frecuencia de red pueden amortiguarse inyectando potencia eléctrica a la red en fase opuesta o con las oscilaciones de red no  
10 deseadas o que tiene una fase particular con respecto a las oscilaciones de red no deseadas.

Aquí se proporciona una explicación de por qué pueden amortiguarse oscilaciones de red inyectando potencia a la red. Si hay oscilaciones de red presentes tales como oscilaciones en la frecuencia de red, entonces la velocidad de un generador principal (por ejemplo, el generador de una central nuclear) está oscilando. Acelerando y frenando el generador en los momentos correctos pueden amortiguarse las oscilaciones de red. Los frenados y las  
15 aceleraciones del generador principal se realizan cambiando el par eléctrico experimentado por el generador inyectando una oscilación de potencia de amortiguación a la red.

La referencia de amortiguación de potencia 202 puede determinarse basándose en un modelo de la unidad de generador de potencia y la red de modo que la referencia de potencia optimiza la amortiguación de las oscilaciones de red. Por ejemplo, la referencia de amortiguación de potencia 202 puede determinarse determinando una señal de  
20 referencia que cuando se aplica al modelo optimiza la amortiguación de las oscilaciones de red en las que las oscilaciones de red pueden derivarse de los parámetros eléctricos medidos o estimados. La referencia de amortiguación de potencia puede determinarse usando la realimentación de una o más señales procedentes de la red, y procesándolas mediante un filtro que extraerá la parte oscilante de las señales de realimentación de red. Después, se corrigen la fase y magnitud de la señal de referencia de amortiguación según las señales de  
25 realimentación y la estructura de control.

Tal como se muestra en la figura 2 puede no necesitarse que la señal de referencia 202 y la señal de potencia con desplazamiento de fase 203 estén exactamente en fase opuesta con la oscilación no deseada 201, sino que pueden estar en fase desplazada  $\phi_1$  y  $\phi_2$  con respecto a la oscilación no deseada con el fin de obtener el máximo efecto de  
amortiguación.

30 Cuando se usa una referencia de potencia oscilante 202 para controlar la producción de potencia, por ejemplo, de una turbina eólica, la señal de referencia puede provocar, por ejemplo, que se ajuste el paso de pala con el fin de adaptar la producción de potencia a la referencia de potencia 202. Los ajustes del paso pueden excitar de manera inadvertida vibraciones estructurales de diferentes componentes de turbina eólica, por ejemplo vibraciones de las palas 103, el árbol o la torre 101. Tal excitación de vibraciones no se desea ya que las vibraciones pueden reducir la  
35 vida útil o dañar componentes.

Otras señales de referencia distintas de la referencia de amortiguación de potencia principal 202 pueden usarse para controlar la cantidad de potencia activa y/o reactiva inyectada a la red. Por ejemplo, puede definirse una referencia de corriente que cuando se aplica al controlador, por ejemplo, de un generador de turbina eólica, afecta a la cantidad de potencia inyectada a la red. Dado que pueden usarse diferentes tipos de referencias de amortiguación 202 para  
40 controlar la potencia de amortiguación inyectada a la red, generalmente se hace referencia a una referencia de amortiguación principal 202 que puede ser una referencia de amortiguación de potencia principal 202, una referencia de corriente o señales de referencia equivalentes.

Otras unidades de generador de potencia distintas de generadores de turbina eólica pueden controlarse en cuanto a la potencia para amortiguar oscilaciones de red 201. Tales unidades de generador de potencia también pueden  
45 tener estructuras que pueden excitarse mecánicamente de manera inadvertida, tales como el árbol de turbina de centrales solares térmicas u otras centrales de turbinas de gas descentralizadas. Por tanto, tales otras unidades de generador de potencia pueden presentar los mismos retos que los generadores de turbina eólica con respecto a minimizar la excitación de vibraciones estructurales. Dado que los generadores de turbina eólica y otras unidades de generador de potencia con generadores accionados por turbina suponen los mismos retos con respecto a  
50 resonancias mecánicas excitadas de manera inadvertida, sólo se usan generadores de turbina eólica 100 o centrales de turbinas eólicas como ejemplos de unidades de generador de potencia generales.

Según una realización de la invención, con el fin de reducir o evitar la excitación de vibraciones estructurales se determina una pluralidad de señales de referencia individuales para centrales eólicas individuales de modo que una  
55 señal de referencia individual sólo provoca un ajuste de la generación de potencia de un generador de turbina eólica individual durante un periodo de tiempo limitado. De ese modo, sólo se excitan vibraciones durante un periodo de tiempo limitado y, por consiguiente, se evita que las amplitudes de vibración aumenten debido a la excitación continua. La pluralidad de señales de referencia también se determinan de modo que cuando se aplican a una pluralidad de generadores de turbina eólica afectan a la generación de potencia de unidades de turbina eólica en desplazamiento. De ese modo, se obtiene que el efecto de amortiguación sobre la red de la pluralidad de señales de

referencia individuales corresponde al efecto de amortiguación de la referencia de amortiguación de potencia individual 202.

5 La figura 3 muestra cómo se determina una pluralidad de señales de referencia individuales 301-305 a partir de una señal de referencia de amortiguación de potencia principal 202. Las señales de referencia individuales 301-305 se determinan dividiendo semiperiodos sucesivos 221, 222 de la señal de referencia principal 202 en subseñales que se asignan a una de las señales de referencia 301-305.

Los semiperiodos sucesivos 221, 222 de la señal de referencia principal también pueden denominarse partes activas en los que las partes activas se determinan para contrarrestar las oscilaciones de red si la señal de referencia principal se aplicó a un generador de turbina eólica para controlar la potencia inyectada a la red.

10 Las señales de referencia individuales 301-305, tales como las señales de referencia primera y segunda 301, 302, comprenden, cada una, una parte activa 311 que es la parte, por ejemplo un semiperiodo, dividida a partir de la señal de referencia principal 202, y una parte pasiva 312 que sucede inmediatamente a la parte activa 311. Por tanto, la parte activa de la primera señal de referencia 301 es equivalente a la primera parte activa de la señal de referencia principal 202, la parte activa de la segunda señal de referencia 302 es equivalente a la segunda parte activa de la señal de referencia principal 202, y así sucesivamente.

La parte activa 311 provoca un efecto de control sobre el generador de turbina eólica al que se le aplica la señal de referencia 301, mientras que la parte pasiva 312 no provoca un efecto de control sobre el generador de turbina eólica. La parte pasiva puede tener un valor de cero durante toda la duración de la parte pasiva.

20 La duración de la parte pasiva 312 puede depender del número de señales de referencia individuales 301-305. Es decir, cuantas más señales de referencia hay más larga puede ser la duración de la parte pasiva. Los semiperiodos de la referencia de amortiguación de potencia principal 202 pueden distribuirse de manera cíclica entre las señales de referencia individuales o los semiperiodos pueden distribuirse entre las señales de referencia individuales dependiendo de otros criterios, tales como la amplitud de vibración de componentes del generador de turbina eólica.

25 Preferiblemente, la duración de la parte pasiva 312 es más larga que la duración de la parte activa anterior 311 con el fin de garantizar que vibraciones que pueden haberse excitado por una primera parte activa 311 de una primera señal de referencia 202 disminuyen suficientemente antes de aplicar la segunda parte activa sucesiva 312 de la primera referencia a un generador de turbina eólica.

30 La duración de una parte activa 311 de una de las señales individuales es igual o sustancialmente igual a la duración de la parte activa dividida correspondiente o semiperiodo de la señal de referencia de amortiguación de potencia principal 202.

La duración de una parte activa 311, 313 puede ser sustancialmente igual a la mitad del periodo de la señal de tensión de red. Por tanto, si la frecuencia de las oscilaciones que van a amortiguarse varía, la duración de las partes activas 311, 313 puede variar según la frecuencia real.

35 Cuando se aplican las señales de referencia primera a quinta 301-305, por ejemplo, a generadores de turbina eólica primero a quinto, la variación en la potencia inyectada a la red a partir de los generadores de turbina eólica primero a quinto es equivalente a la variación en la potencia inyectada a partir de un generador de turbina eólica individual al que se le aplica la referencia de amortiguación de potencia principal 202. Por consiguiente, dividiendo la señal de referencia de amortiguación de potencia principal 202 en señales de referencia individuales 301-305 y aplicando las señales de referencia a generadores de turbina eólica individuales, se obtiene que la potencia suministrada a la red por los generadores de turbina eólica individuales en combinación permite la amortiguación de las oscilaciones de red como si se aplicara la referencia de amortiguación de potencia principal a un generador de turbina eólica individual.

45 Las señales de referencia individuales 301-305 se determinan directamente a partir de la referencia de amortiguación de potencia principal 202 tal como se describió anteriormente. Por consiguiente, las señales de referencia individuales 301-305 se determinan sin parámetros eléctricos medidos o estimados relacionados con la red de distribución, por ejemplo valores de potencia de red medidos, si se dispone de una referencia de amortiguación de potencia principal 202.

50 En otros ejemplos, que no forman parte de la invención, las señales de referencia individuales 301-305 pueden determinarse directamente a partir de los parámetros eléctricos de la red sin determinación inicial de la referencia de amortiguación de potencia principal 202. Dado que las señales de referencia individuales 301-305 corresponden a la referencia de amortiguación de potencia principal 202, las señales de referencia individuales 301-305 pueden determinarse a partir de los parámetros eléctricos principalmente de la misma manera en la que se habría determinado la referencia de amortiguación de potencia principal 202. Por tanto, las señales de referencia primera a quinta 301-305 pueden determinarse a partir de uno o más de los parámetros eléctricos de modo que el efecto de control de las partes activas de las referencias primera a quinta contrarresta una oscilación no deseada en el uno o más de los parámetros eléctricos.

5 El parámetro eléctrico relacionado con la red de distribución puede ser una tensión de red, una corriente de red activa o reactiva, una potencia de red activa o reactiva o una frecuencia de red. El parámetro eléctrico también puede ser una velocidad de generador de un generador de potencia eléctrica central que suministra potencia a la red de distribución. Tales parámetros eléctricos pueden medirse de manera remota desde la ubicación del dispositivo de control para amortiguar oscilaciones de red y de manera remota desde las unidades de generación de potencia.

10 La figura 4 muestra un generador 402, por ejemplo un generador de una central nuclear, que suministra energía eléctrica a una red principal 401. Unidades de generador de potencia 404, por ejemplo en forma de generadores de turbina eólica, también suministran potencia eléctrica a la red a través de estaciones de transformador 405. Una pluralidad de unidades de generador de potencia 404 pueden agruparse en una central de generadores de potencia 403.

Una unidad de generador de potencia 404 puede ser un generador de turbina eólica individual 404, una central de turbinas eólicas 403, otro generador de potencia individual tal como un generador de potencia solar térmico, o una central de generadores que comprende una pluralidad de generadores de potencia.

15 Un controlador de amortiguación 411 está conectado al punto de conexión común 410, es decir, un punto ubicado en un lado de red de las estaciones de transformador 405, para determinar una referencia de amortiguación de potencia principal 202 a partir de parámetros eléctricos medidos o estimados relacionados con la red de distribución. Es decir, a partir de valores medidos o estimados de tensión de red, corriente de red activa o reactiva, potencia de red activa o reactiva, frecuencia de red o velocidad de generador del generador 402.

20 La referencia de amortiguación de potencia principal 202 determinada se suministra a un repartidor de amortiguación 412 que determina referencias de amortiguación individuales tales como las señales de referencia primera a quinta 301-305 a partir de la referencia de amortiguación de potencia principal 202, por ejemplo tal como se describió anteriormente dividiendo la referencia de amortiguación de potencia principal 202 en semiperiodos 221, 222 y definiendo referencias individuales 301-305 a partir de los semiperiodos.

25 La figura 4 ilustra una realización de un dispositivo de control 413 de una realización de la invención en el que el dispositivo de control 413 comprende tanto el controlador de amortiguación 411 como el repartidor de amortiguación 412. Según esta realización, el dispositivo de control 413 comprende una entrada para recibir parámetros eléctricos medidos o estimados relacionados con la red de distribución, y una salida para transmitir las señales de referencia determinadas 301-305 a unidades de generador de potencia 404 o un distribuidor para distribuir las señales de referencia 301-305.

30 Según otra realización las señales de referencia individuales 301-305 se determinan sin usar parámetros eléctricos medidos o estimados relacionados con la red de distribución, por ejemplo valores de potencia de red medidos, sino a partir de una referencia de amortiguación de potencia principal 202. En esta realización de la invención el dispositivo de control 413 comprende un procesador para determinar las señales de referencia 301-305 a partir de la referencia de amortiguación de potencia principal 202 (es decir, el procesador es equivalente al repartidor de amortiguación 412), una entrada para recibir la referencia de amortiguación de potencia principal 202 y una salida para las señales de referencia determinadas 301-305.

35 En otro ejemplo, que no forma parte de la invención, las señales de referencia individuales 301-305 pueden determinarse directamente a partir de los parámetros eléctricos de la red sin determinación inicial de la referencia de amortiguación de potencia principal 202. En este ejemplo el dispositivo de control 413 comprende un procesador para determinar las señales de referencia 301-305 directamente a partir de los parámetros eléctricos de la red tal como se describió anteriormente, una entrada para recibir los parámetros eléctricos y una salida para las señales de referencia determinadas 301-305.

40 Por consiguiente, la función del procesador depende de cómo se determinan las referencias de control individuales. Por consiguiente, se entiende que el procesador es un procesador o sistema de control que puede determinar las señales de referencia individuales 301-305 según una cualquiera de las tres realizaciones explicadas anteriormente, es decir, también puede entenderse que el procesador está configurado para llevar a cabo la función del controlador de amortiguación 411 y del repartidor de amortiguación 412.

45 Las figuras 5A-C ilustran tres ejemplos del procesador 531-533 del dispositivo de control 413. En la figura 5A el procesador 531 es equivalente al controlador de amortiguación 411 y al repartidor de amortiguación 412 de modo que las señales de referencia individuales 301-305 se determinan a partir de los parámetros eléctricos 541. En la figura 5B el procesador 532 determina las señales de referencia individuales 301-305 directamente a partir de una referencia de amortiguación de potencia principal 202. En la figura 5C el procesador 533 determina las señales de referencia individuales 301-305 directamente a partir de los parámetros eléctricos 541.

50 El procesador, por ejemplo el repartidor de amortiguación 412, puede estar configurado además para distribuir las señales de referencia de amortiguación de potencia individual 301-305 entre las unidades de generador de potencia 404. Alternativa o adicionalmente, la capacidad de distribuir las señales de referencia individuales 301-305 puede estar ubicada en una unidad de repartidor independiente, por ejemplo en la ubicación de una central de turbinas eólicas. Se entiende que las señales de referencia individuales 301-305 pueden aplicarse a unidades de generador

404 ubicadas en una única ubicación, tal como una única central 403, o en diferentes ubicaciones.

El dispositivo de control 413, por ejemplo el procesador, puede estar configurado para aplicar las señales de referencia 301-305 a las unidades de generador de potencia 404 de manera cíclica, por ejemplo para maximizar la duración de la parte pasiva de cada señal de referencia.

5 En otra realización, el dispositivo de control 413 está configurado para determinar qué unidad de generador de potencia 404 recibirá la siguiente referencia de amortiguación individual 301 o la siguiente parte activa 311 dependiendo de cuánto vibra un elemento de una unidad de generador de potencia. De esta manera es posible aplicar una señal de referencia de amortiguación a una unidad de generador de potencia 404 que tiene bajas amplitudes de oscilación y, de ese modo, evitar una excitación adicional de vibraciones de una unidad de generador  
10 404 en la que las vibraciones son relativamente grandes, por ejemplo más grandes que un umbral preestablecido.

Según esta realización, el dispositivo de control 413 puede comprender además una entrada 420 para recibir valores de vibración indicativos de un estado de vibración estructural de cada una de una pluralidad de unidades de generador de potencia, y para aplicar o asignar las señales de referencia a las unidades de generador de potencia dependiendo de los estados de vibración estructural de cada unidad de generador de potencia. Un estado de vibración estructural puede comprender una amplitud de vibración de un elemento de una unidad de generador de potencia. El estado de vibración de una unidad de generador de potencia puede medirse o estimarse mediante un sistema de sensor de la unidad de generador de potencia y transmitirse al dispositivo de control 413.  
15

La aplicación de señales de referencia de amortiguación 301-305 a unidades de generador de potencia permite la amortiguación de oscilaciones de red 201 pero también puede excitar vibraciones estructurales de componentes de la unidad de generador de potencia 404. Sin embargo, es posible aplicar la señal de referencia de amortiguación 301-305, es decir, una parte activa 311, a una unidad de generador de potencia 404 de modo que se amortiguan vibraciones estructurales o de modo que se minimiza la excitación de vibraciones estructurales.  
20

Como ejemplo, el árbol de un generador, por ejemplo el árbol que conecta las palas de un generador de turbina eólica con la caja de engranajes y, por tanto, también la velocidad de generador, pueden oscilar. La referencia de amortiguación 301-305 puede aplicarse para contrarrestar la oscilación en la velocidad de generador; por ejemplo si un semiperíodo de la velocidad de generador aumenta entonces puede aplicarse una señal de referencia de amortiguación 301-304 para contrarrestar el aumento de la velocidad de generador y al mismo tiempo contribuir a la amortiguación de oscilaciones de red. Como ejemplo, aplicando una señal de referencia de amortiguación 301-304, tal como un semiperíodo activo 311, 312 que tiene el efecto de disminuir la producción de potencia y, por tanto, la velocidad de generador, a una unidad de generador de potencia 404 puede contrarrestarse una velocidad creciente de la oscilación de generador.  
25  
30

Aunque la invención se ha ilustrado y descrito en detalle en los dibujos y la descripción anterior, tal ilustración y descripción deben interpretarse como ilustrativas o a modo de ejemplo y no limitativas; la invención no se limita a las realizaciones dadas a conocer, sino por las reivindicaciones adjuntas.

35 Los expertos en la técnica pueden entender e implementar otras variaciones en las realizaciones dadas a conocer en la práctica de la invención reivindicada, a partir de un estudio de los dibujos, la divulgación y las reivindicaciones adjuntas. En las reivindicaciones, el término “que comprende” no excluye otros elementos o etapas, y el artículo indefinido “un” o “una” no excluye una pluralidad. Un procesador individual u otra unidad puede cumplir las funciones de varios elementos mencionados en las reivindicaciones. El simple hecho de que se mencionen determinadas medidas en reivindicaciones dependientes diferentes entre sí no indica que no pueda usarse una combinación de esas medidas de manera ventajosa. Ningún signo de referencia en las reivindicaciones debe interpretarse como limitativo del alcance.  
40

**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo de control (413) para amortiguar oscilaciones de red eléctrica (201) en una red de distribución (401), en el que el dispositivo de control (413) comprende
  - 5 - una entrada para recibir una señal de referencia de amortiguación principal (202) determinada para amortiguar las oscilaciones de red,
  - un procesador para determinar al menos señales de referencia primera y segunda (301-305) a partir de la entrada para controlar la generación de potencia de unidades de generador de potencia primera y segunda (404) conectadas a la red de distribución para suministrar potencia a la red de distribución (401), en el que
  - 10 - las señales de referencia primera y segunda se determinan de modo que la potencia (203) suministrada a la red por las unidades de generador de potencia primera y segunda en combinación permite la amortiguación de las oscilaciones de red, y en el que
  - las señales de referencia primera y segunda comprenden, cada una, una parte activa (311) para provocar un efecto de control sobre las unidades de generador de potencia primera y segunda respectivas (404) y, de manera sucesiva a la parte activa, una parte pasiva (312) que no provoca un efecto de control, en el que
  - 15 las partes activas respectivas de las señales de referencia primera y segunda están separadas en el tiempo
  - una salida o distribuidor para transmitir o distribuir las señales de referencia determinadas (301-305) a unidades de generador de potencia (404), en el que
  - la señal de referencia de amortiguación principal (202) comprende partes activas primera y segunda (221, 222) en sucesión, en el que las partes activas primera y segunda (221, 222) se determinan para
  - 20 contrarrestar las oscilaciones de red dado que la señal de referencia de amortiguación principal se aplicó a la unidad de generación de potencia primera o segunda (404) para controlar la generación de potencia, y en el que
  - las señales de referencia primera y segunda (301-305) se determinan a partir de la señal de referencia de amortiguación principal (202) de modo que la parte activa (311) de la primera señal de referencia (301) es
  - 25 equivalente a la primera parte activa (221) de la señal de referencia de amortiguación principal, y de modo que la parte activa (311) de la segunda señal de referencia (302) es equivalente a la segunda parte activa (222) de la señal de referencia de amortiguación principal.
2. Dispositivo de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que para cada una de las
- 30 señales de referencia primera y segunda (301-305), la duración de la parte pasiva (312) es más larga que la duración de la parte activa anterior (311).
3. Dispositivo de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el procesador está configurado además para distribuir las señales de referencia primera y segunda entre las unidades de generador de potencia primera y segunda.
4. Dispositivo de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el procesador está
- 35 configurado para determinar tres o más señales de referencia (301-305) para controlar la generación de potencia de tres o más unidades de generador de potencia (404), y para aplicar las señales de referencia a las unidades de generador de potencia de manera cíclica.
5. Dispositivo de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que
- 40 - el dispositivo de control comprende una entrada (420) para recibir valores de vibración indicativos de un estado de vibración estructural de cada una de una pluralidad de las unidades de generador de potencia (404), en el que
- el procesador está configurado para determinar tres o más señales de referencia para controlar la generación de potencia de tres o más unidades de generador de potencia, y en el que
- 45 - el procesador está configurado para aplicar las señales de referencia a las unidades de generador de potencia dependiendo de los estados de vibración estructural de cada unidad de generador de potencia.
6. Dispositivo de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que
- 50 - el dispositivo de control comprende una entrada (421) para recibir una amplitud de oscilación y una fase de oscilación de un componente de una de las unidades de generador de potencia (404), en el que
- el procesador está configurado para sincronizar la aplicación de una señal de referencia (301-305) con la unidad de generador de potencia para contrarrestar la oscilación definida por la amplitud de oscilación y la fase de oscilación.

7. Dispositivo de control según la reivindicación 6, en el que la amplitud de oscilación y la fase de oscilación son una amplitud de oscilación y una fase de oscilación de la torre (101) de un generador de turbina eólica.
- 5 8. Dispositivo de control según la reivindicación 6, en el que la amplitud de oscilación y la fase de oscilación son una amplitud de oscilación y una fase de oscilación de una velocidad de generador de una de las unidades de generador de potencia.
9. Dispositivo de control según la reivindicación 1, en el que la unidad de generador de potencia es un generador de turbina eólica o una central de generadores de turbina eólica.
10. Generador de turbina eólica que comprende el dispositivo de control según la reivindicación 1.
- 10 11. Método para amortiguar oscilaciones de red eléctrica (201) en una red de distribución (401), en el que el método comprende,
- 15 - recibir una señal de referencia de amortiguación principal (202) determinada para amortiguar las oscilaciones de red,
- determinar al menos señales de referencia primera y segunda (301-305) a partir de la entrada para controlar la generación de potencia de unidades de generador de potencia primera y segunda (404) conectadas a la red de distribución para suministrar potencia a la red de distribución, en el que
- 20 - las señales de referencia primera y segunda se determinan de modo que la potencia (203) suministrada a la red por las unidades de generador de potencia primera y segunda en combinación permite la amortiguación de las oscilaciones de red, y en el que
- las señales de referencia primera y segunda comprenden, cada una, una parte activa (311) para provocar un efecto de control sobre los generadores de potencia primero y segundo respectivos y, de manera sucesiva a la parte activa, una parte pasiva (312) que no provoca un efecto de control, en el que las partes activas respectivas de las señales de referencia primera y segunda están separadas en el tiempo,
- 25 - la señal de referencia de amortiguación principal (202) comprende partes activas primera y segunda (221, 222) en sucesión, en el que las partes activas primera y segunda (221, 222) se determinan para contrarrestar las oscilaciones de red dado que la señal de referencia de amortiguación principal se aplicó a la unidad de generación de potencia primera o segunda (404) para controlar la generación de potencia, y en el que
- 30 - las señales de referencia primera y segunda (301-305) se determinan a partir de la señal de referencia de amortiguación principal (202) de modo que la parte activa (311) de la primera señal de referencia (301) es equivalente a la primera parte activa (221) de la señal de referencia de amortiguación principal, y de modo que la parte activa (311) de la segunda señal de referencia (302) es equivalente a la segunda parte activa (222) de la señal de referencia de amortiguación principal, y
- 35 - aplicar las señales de referencia a las unidades de generador de potencia primera y segunda para amortiguar las oscilaciones de red eléctrica.

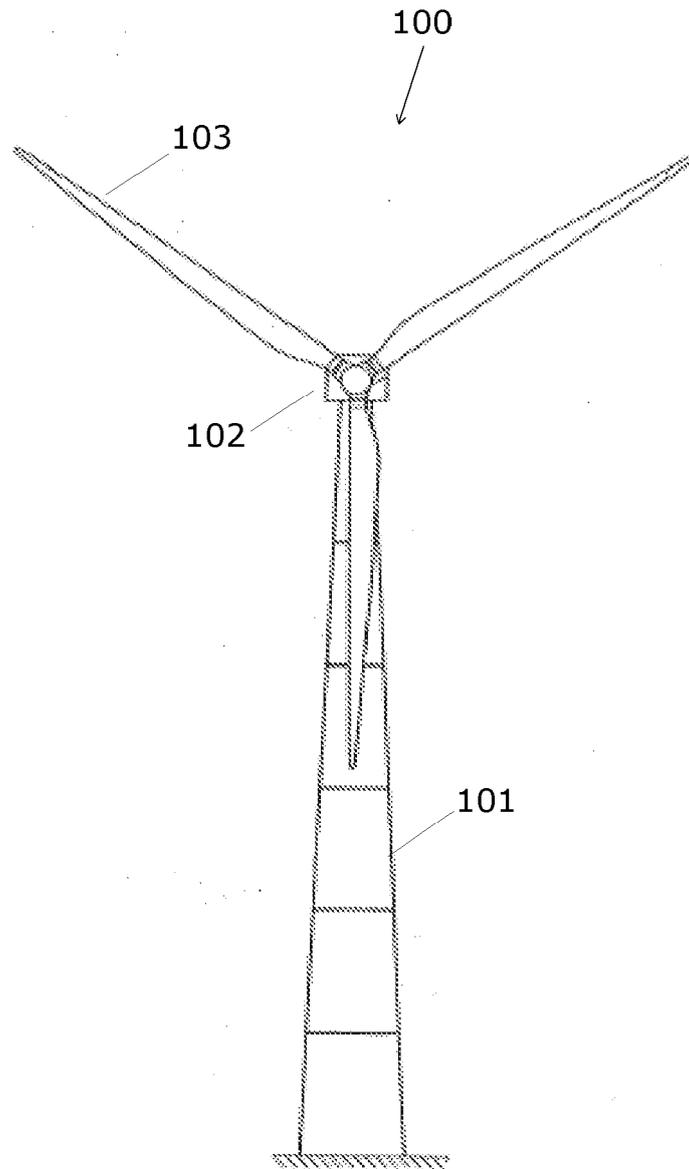


Fig. 1

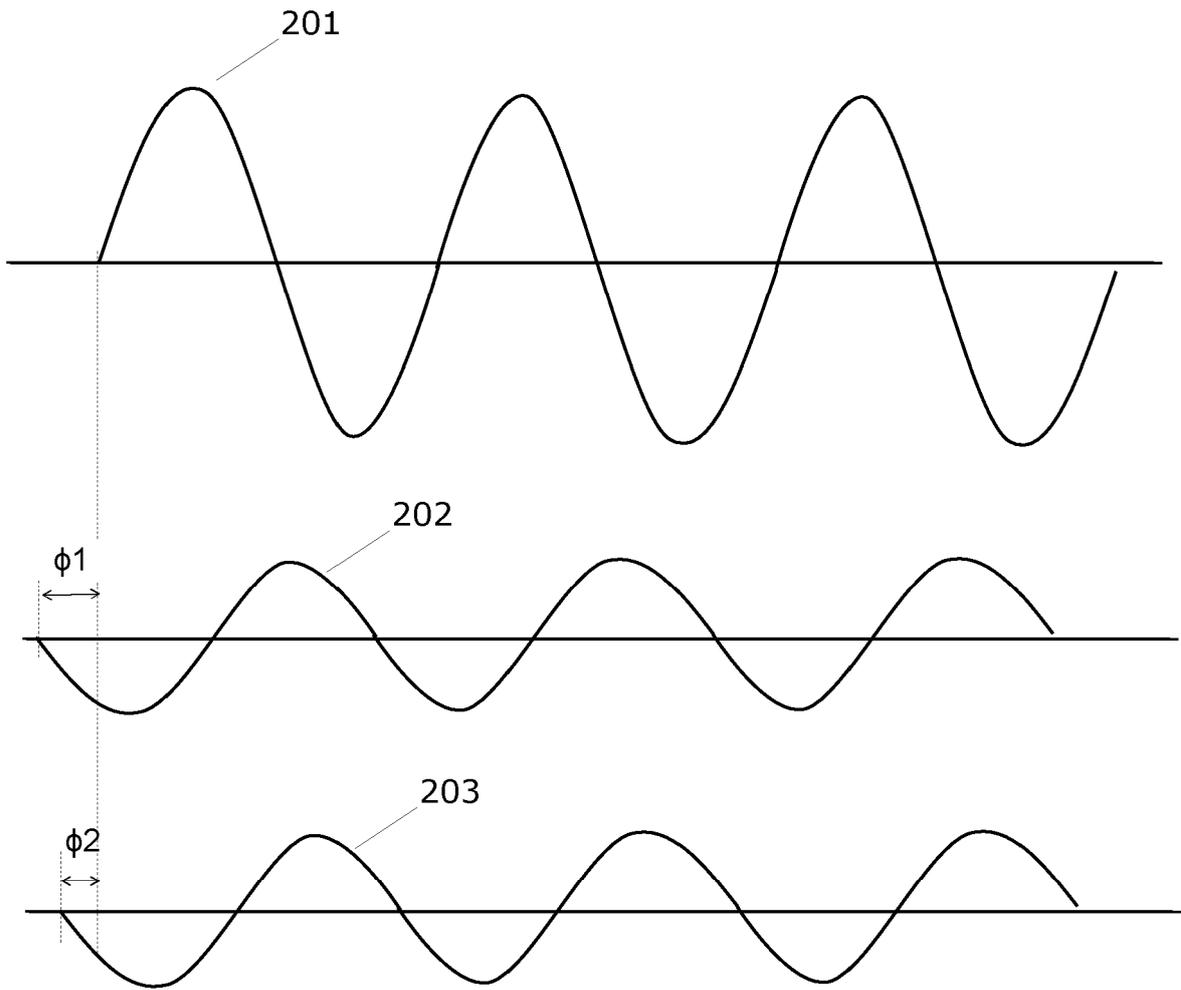


Fig. 2

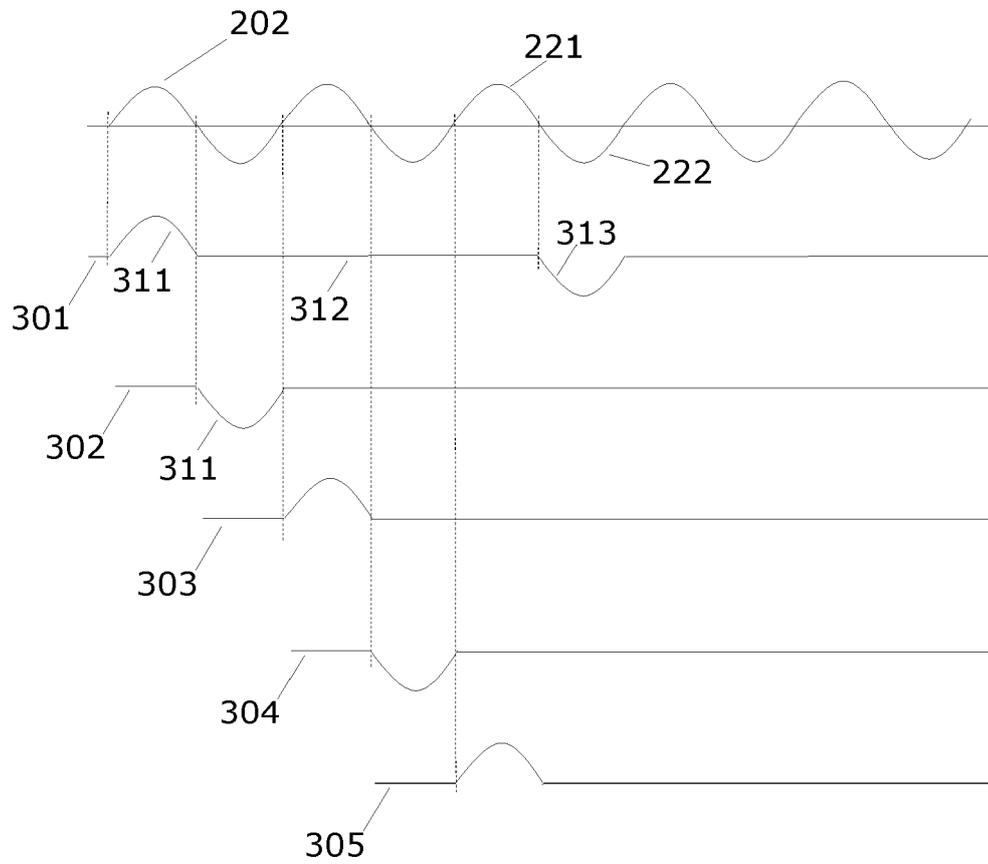


Fig. 3

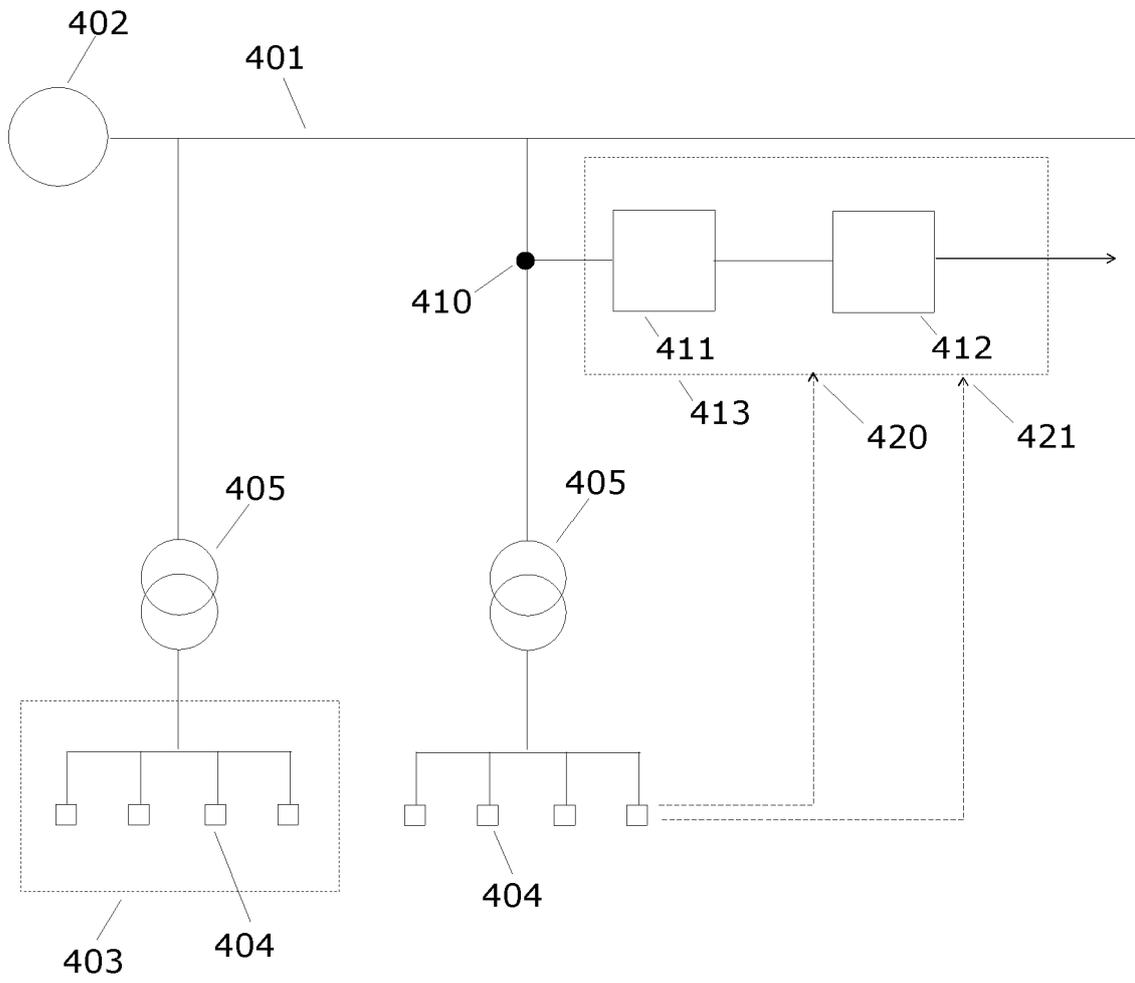


Fig. 4

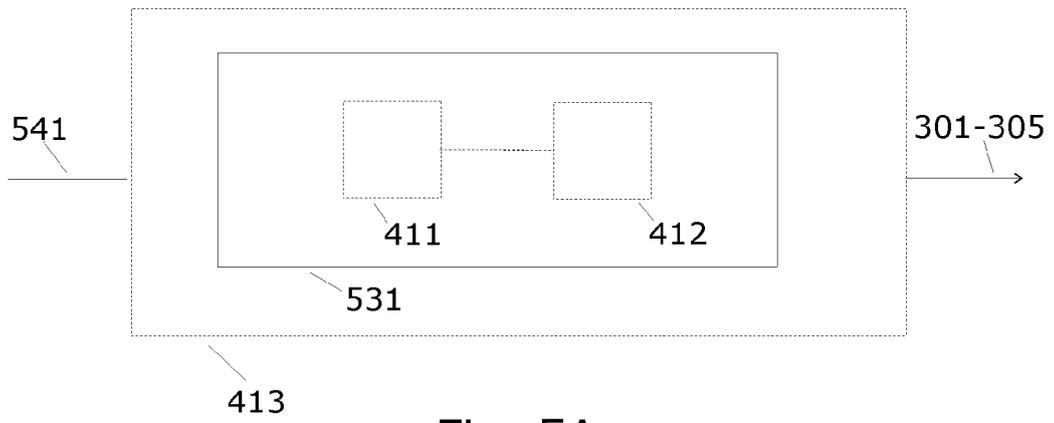


Fig. 5A

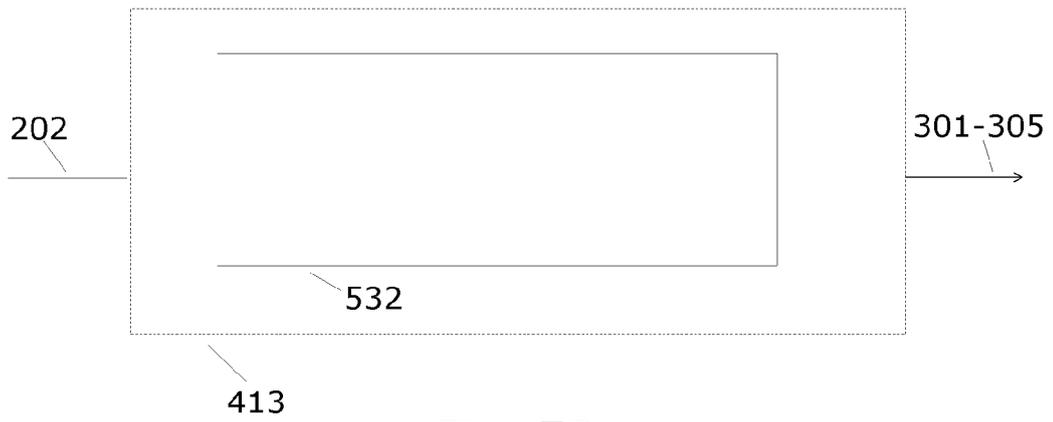


Fig. 5B

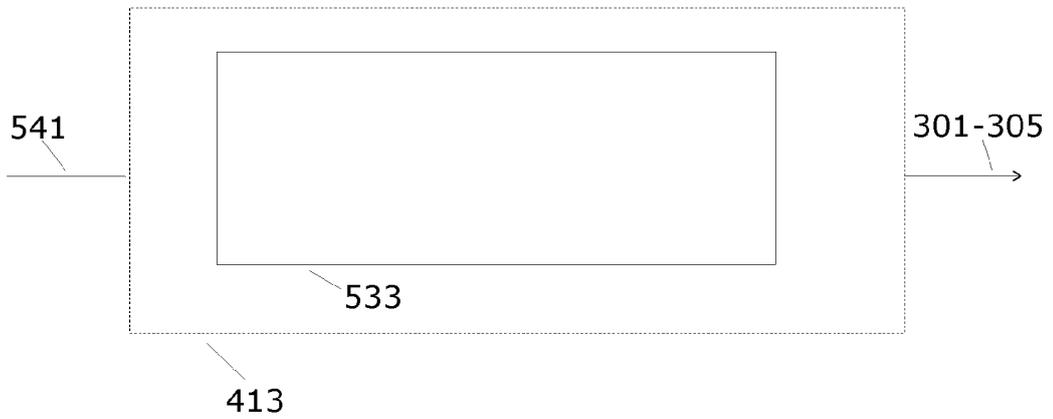


Fig. 5C