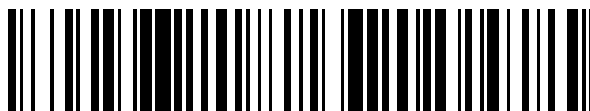


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 804 712**

51 Int. Cl.:

H02J 3/18 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

H02P 9/00 (2006.01)

H02P 13/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.04.2016** **E 16165933 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2020** **EP 3086429**

54 Título: **Sistema de control para una turbina eólica o un parque eólico y procedimiento de control**

30 Prioridad:

24.04.2015 DE 102015005252

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

09.02.2021

73 Titular/es:

**SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY
SERVICE GMBH (100.0%)
Überseering 10
22297 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:

**KOESTL, TOBIAS y
DIERING, MARKUS**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 804 712 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

Sistema de control para una turbina eólica o un parque eólico y procedimiento de control

La invención se refiere a un sistema de control para una turbina eólica o para un parque eólico. El sistema de control comprende un control de transformador que está diseñado para procesar información sobre un estado real de una red eléctrica, con el fin de determinar una especificación de control para un transformador con una relación de transformación ajustable. La invención se refiere además a un procedimiento de control correspondiente.

La energía eléctrica generada en turbinas eólicas o parques eólicos se alimenta habitualmente a una red eléctrica. La tensión eléctrica en la turbina eólica o en el parque eólico es normalmente menor que la tensión en la red eléctrica. Para transformar la tensión entre la turbina eólica o el parque eólico y la red eléctrica está previsto un transformador. Cuando el transformador tiene una relación de transformación ajustable, puede utilizarse para adaptar entre sí los niveles de tensión. Ya es conocido el enviar especificaciones de control a un transformador de este tipo, según las cuales el transformador modifica la relación de transformación, véanse los documentos EP 1 880 459 B1, EP 2 333 926 A2, WO 2012/000515 A2.

La invención tiene el objetivo de presentar un control y un procedimiento de control, con los que se posibilite una mejor integración de las turbinas eólicas o del parque eólico en la red eléctrica. Partiendo del estado de la técnica mencionado, el objetivo se logra con las características de las reivindicaciones independientes. En las reivindicaciones subordinadas se indican formas de realización ventajosas.

Según la invención, como está definido en la reivindicación 1, el sistema de control comprende un control de orden superior. El control de transformador está diseñado para retener la especificación de control determinada para el transformador hasta que el control de orden superior autorice la especificación de control.

Con la invención se subordinan los procesos de conmutación del transformador ajustable a una supervisión de dos etapas. En el control de transformador puede tomarse una decisión, en virtud de particularidades locales, en cuanto a si debería llevarse a cabo un proceso de conmutación del transformador. Si el control de transformador llega a la conclusión de que debería llevarse a cabo un proceso de conmutación, a continuación el control de orden superior realiza una comprobación. El control de orden superior decide si realmente debería realizarse el proceso de conmutación que parece ser necesario al considerar las particularidades locales. Entonces, el control de orden superior autoriza el proceso de conmutación. Una vez que existe la autorización del control de orden superior, se lleva a cabo el proceso de conmutación. Así, por ejemplo, es posible evitar que el proceso de conmutación se lleve a cabo en un momento en el que podría desestabilizar la red.

La información sobre el estado real de la red eléctrica que se procesa en el control de transformador puede concernir, por ejemplo, a la tensión en la red eléctrica. El concepto de red eléctrica se entiende como concepto genérico para las distintas secciones a través de las cuales se conduce la energía eléctrica generada por las turbinas eólicas. La red eléctrica puede comprender en particular los componentes eléctricos de una turbina eólica, una red interna del parque eólico, así como una red de transporte del explotador de la red. El valor de tensión puede referirse a la tensión acoplada al transformador, para el que el control de transformador determina una especificación de control. Puede ser un valor de tensión en el lado de entrada del transformador y/o un valor de tensión en el lado de salida del transformador. El valor de tensión puede captarse en la vecindad inmediata del transformador o a cierta distancia del transformador. Es posible, por ejemplo, que el transformador esté dispuesto al pie de una turbina eólica y el valor de tensión se capte en la góndola de la turbina eólica.

Los conceptos de lado de entrada y lado de salida se refieren a la dirección de flujo de la energía eléctrica que, procedente de la turbina eólica, se conduce a través de la red interna del parque eólico a la red de transporte. Por regla general, la tensión en el lado de entrada del transformador es más baja que la tensión en el lado de salida del transformador.

El control de transformador puede estar diseñado para, al determinarse la especificación de control para el transformador, tener en cuenta una diferencia entre el valor real de la tensión y un valor nominal de la tensión. En particular, la especificación de control puede determinarse en virtud de una zona muerta que se extienda desde el valor nominal de la tensión hacia arriba y hacia abajo. La zona muerta puede estar orientada de manera simétrica o asimétrica en relación con el valor nominal de la tensión. Además, existe la posibilidad de que los límites de la zona muerta se elijan de manera variable en función de distintos estados de funcionamiento del parque eólico/de la turbina eólica. Siempre que el valor real de la tensión esté dentro de la zona muerta, no se determina ninguna especificación de control correspondiente a un proceso de conmutación del transformador. En cuanto el valor real de la tensión abandone la zona muerta, el control de transformador generará una especificación de control correspondiente a un proceso de conmutación del transformador. El que el control de transformador genere una especificación de control debe entenderse en el sentido de que el control de transformador constata que, consideradas localmente, existen las condiciones previas para un proceso de conmutación. El generar la especificación de control no comprende que la especificación de control se transmita al transformador para disparar un proceso de conmutación.

Según un perfeccionamiento de la invención, la zona muerta puede ser una zona muerta de dos términos. En este contexto, los dos límites de la primera zona muerta están preferiblemente más cerca del valor nominal que los dos

límites de la segunda zona muerta. El control de transformador puede estar preparado para que al abandonarse la primera zona muerta reaccione de un modo diferente a como reaccione al abandonarse la segunda zona muerta. Por ejemplo, la autorización del control de orden superior puede pedirse sólo al abandonarse la primera zona muerta, mientras que al abandonarse la segunda zona muerta la especificación de control es transmitida al transformador sin autorización por parte de un control de orden superior. La primera zona muerta y/o la segunda zona muerta pueden estar dispuestas de manera simétrica o asimétrica en relación con un valor nominal de la tensión.

El control de transformador puede estar diseñado de manera que deje transcurrir un retardo de asentamiento antes de transmitir la especificación de control al transformador. El retardo de asentamiento puede comenzar con la aparición del suceso que dispara la especificación de control. La petición al control de orden superior puede realizarse mientras transcurre el retardo de asentamiento. En este caso, el control de transformador puede retener la especificación de control hasta que tanto haya transcurrido el retardo de asentamiento como exista la autorización del control de orden superior. Como alternativa, existe la posibilidad de que la petición al control de orden superior no se realice hasta que haya transcurrido el retardo de asentamiento. En este caso, la especificación de control puede retenerse hasta que exista la autorización del control de orden superior. Mediante tal retardo de asentamiento se logra que un proceso de conmutación del transformador no pueda ser disparado por un suceso muy breve, sino sólo por un estado que dure un intervalo de tiempo predeterminado. Por lo tanto, no tiene lugar ningún proceso de conmutación cuando el suceso disparador desaparece de nuevo durante el retardo de asentamiento, o sea, por ejemplo, cuando la tensión vuelve a la zona muerta.

Es posible utilizar un retardo de asentamiento de una duración fijamente predeterminada. Como alternativa, puede elegirse una duración diferente en función del suceso que pone en marcha el retardo de asentamiento. Por ejemplo, puede elegirse una duración diferente del retardo de asentamiento dependiendo de si el valor real de la tensión se desvía hacia arriba o hacia abajo con respecto al valor nominal.

La duración del retardo de asentamiento puede elegirse en función de en qué medida el valor real de la tensión se haya alejado del valor nominal de la tensión. En este contexto, el retardo de asentamiento puede ser tanto más corto cuanto mayor sea la diferencia. La duración del retardo de asentamiento puede variarse de manera escalonada o continua. Puede estar previsto que la duración del retardo de asentamiento se ponga a cero cuando la diferencia entre el valor real y el valor nominal de la tensión sea mayor que un valor umbral predeterminado. Adicionalmente o como alternativa a esto, existe la posibilidad de, si se sobrepasa tal valor umbral, prescindir de la petición de autorización al control de orden superior y transmitir la especificación de control directamente al transformador.

Para averiguar el valor real de la tensión entran en consideración distintos procedimientos. Por ejemplo, el valor real de la tensión puede averiguarse como valor medio móvil de las tres fases. Como alternativa, puede utilizarse como valor real de la tensión el valor de la fase que tenga la mayor diferencia con respecto al valor nominal de la tensión.

Cuando el control de transformador trabaje con una zona muerta de dos términos, puede estar previsto que al abandonarse la primera zona muerta se aplique un retardo de asentamiento diferente al aplicado al abandonarse la segunda zona muerta. Preferiblemente, el retardo de asentamiento de la segunda zona muerta es más corto que el retardo de asentamiento de la primera zona muerta. En particular, existe la posibilidad de que al abandonarse la segunda zona muerta se aplique un retardo de asentamiento de cero, lo que significa que la especificación de control se transmite al transformador inmediatamente después de abandonarse la segunda zona muerta.

El control según la invención puede estar preparado de manera que el control de transformador envíe una petición de autorización al control de orden superior cuando haya generado una especificación de control. La petición puede realizarse inmediatamente después de generarse la especificación de control o en un momento posterior (por ejemplo, una vez transcurrido el retardo de asentamiento). Tras la entrada de la petición, el control de orden superior puede comprobar en virtud de sus criterios si autoriza la especificación de control. Si es éste el caso, el control de orden superior puede enviar una autorización al control de transformador. Una vez recibida la autorización, el control de transformador es libre de transmitir la especificación de control al transformador, de manera que el transformador lleve a cabo un proceso de conmutación según la especificación de control, para modificar la relación de transformación entre el lado de entrada y el lado de salida del transformador.

El control de orden superior puede procesar información del parque eólico/de la turbina eólica y/o información obtenida del exterior, para decidir si se autoriza la especificación de control. La información del parque eólico/de la turbina eólica puede ser, por ejemplo, valores de medición sobre el estado de la red eléctrica o valores de medición sobre condiciones ambientales. También puede ser información enviada por otros componentes del parque eólico/de la turbina eólica al control de orden superior. La información del exterior puede ser, por ejemplo, una exigencia enviada por una central de una red de transporte o de una red de distribución al control de orden superior.

En el control de orden superior, un suceso puede poner en marcha un tiempo de bloqueo. El control de orden superior puede estar preparado para que no dé ninguna autorización a un proceso de conmutación del transformador siempre que esté en marcha un tiempo de bloqueo. Los sucesos que pueden disparar un tiempo de bloqueo pueden estar depositados en el control de orden superior.

Un suceso que puede disparar un tiempo de bloqueo puede ser, por ejemplo, un proceso de conmutación de un transformador. En general, un proceso de conmutación de un transformador puede contribuir a llevar la red a un estado menos estable. Por eso, es ventajoso que entre dos procesos de conmutación haya una separación en el tiempo. La duración del tiempo de bloqueo puede depender de qué transformador haya llevado a cabo un proceso de conmutación. Por ejemplo, el tiempo de bloqueo en el caso de un proceso de conmutación de un transformador de parque eólico puede ser más largo que en el caso de un proceso de conmutación de un transformador de turbina eólica.

Un tiempo de bloqueo también puede ser puesto en marcha por sucesos irregulares en la red eléctrica. El suceso irregular puede ser un error de red, por ejemplo, en forma de una desviación de frecuencia o de una tensión demasiado alta o demasiado baja en la red (LVRT, OVRT). En muchos casos, el parque eólico o la turbina eólica están preparados de tal manera que intentan mitigar tales errores de red. Entonces, frecuentemente no es deseable que mediante un proceso de conmutación de un transformador se influya adicionalmente en el estado de la red.

Un tiempo de bloqueo también puede ponerse en marcha cuando se conecten o se desconecten componentes del parque eólico o el parque eólico en su totalidad. En particular, tales sucesos son un arranque suave o una parada suave del parque eólico, así como una desconexión/separación de la red de turbinas eólicas individuales. La conexión de una unidad de potencia reactiva también puede ser un suceso que ponga en marcha un tiempo de bloqueo. En particular, puede ser una unidad de potencia reactiva estática que esté asignada al parque eólico y no a una turbina eólica individual. También existe la posibilidad de que se ponga en marcha un tiempo de bloqueo cuando se aumente o se disminuya la alimentación de potencia.

Por último, el suceso puede ser también la entrada de una especificación externa. Por ejemplo, un puesto de control de la red de transporte puede prohibir al parque eólico expresamente procesos de conmutación de los transformadores. Siempre que exista la especificación del exterior, el control de orden superior no autoriza ningún proceso de conmutación. La especificación del exterior puede también ser un nuevo valor nominal para la potencia reactiva. Mientras el parque eólico o la turbina eólica se adaptan a un nuevo valor nominal de potencia reactiva, los procesos de conmutación de los transformadores pueden estar bloqueados.

La duración del tiempo de bloqueo puede estar adaptada en cada caso individualmente al suceso disparador. El tiempo de bloqueo puede comenzar simultáneamente con el suceso. También existe la posibilidad de que el tiempo de bloqueo comience ya antes del suceso. Éste puede ser el caso, por ejemplo, cuando el mando de orden superior ya es informado previamente de que el suceso va a tener lugar. En el caso de los sucesos previsibles, como, por ejemplo, un proceso de conmutación de un transformador o una modificación de un valor nominal, es posible tal información previa del control de orden superior.

El control de orden superior está preferiblemente conectado a un canal de comunicación, a través del cual recibe información relativa a los sucesos que pueden disparar un tiempo de bloqueo. El canal de comunicación puede extenderse en particular a las distintas turbinas eólicas del parque eólico, al maestro de parque, a un puesto de control de una red de transporte o de una red de distribución, a los transformadores de las turbinas eólicas, a un transformador del parque eólico y/o a las unidades de potencia reactiva estáticas o dinámicas.

El control de orden superior puede estar diseñado para que autorice una petición recibida del control de transformador siempre que no esté en marcha ningún tiempo de bloqueo. En el caso de que existan simultáneamente varias peticiones, el control de orden superior puede estar diseñado para priorizar una de las peticiones. Una autorización de la segunda petición no se realiza hasta que haya transcurrido un tiempo de bloqueo puesto en marcha por el primer proceso de conmutación.

Si existe una pluralidad de peticiones de autorización, el control de orden superior puede estar diseñado para asignar una prioridad a cada petición de autorización. Una vez transcurridos todos los tiempos de bloqueo, puede autorizarse la petición con la mayor prioridad. En el momento siguiente en que hayan transcurrido todos los tiempos de bloqueo, puede autorizarse la petición con la siguiente mayor prioridad, etc. Para poder asignar una prioridad a las peticiones, el control de orden superior puede tener en cuenta los puntos de funcionamiento de las turbinas eólicas. En particular, puede tenerse en cuenta el punto de funcionamiento de la turbina eólica a cuyo transformador se refiera la petición. En este contexto, puede tenerse en cuenta información como la puesta a disposición de potencia reactiva, la alimentación de potencia activa, la tensión en los bornes, la posición de conmutación del transformador, etc.

Si la petición se refiere al transformador del parque eólico, también puede tenerse en cuenta información sobre los puntos de funcionamiento de distintas turbinas eólicas o el estado de funcionamiento de distintos transformadores de turbina eólica, para asignar una prioridad a la petición. Por ejemplo, el control de orden superior puede estar preparado para que asigne una alta prioridad al transformador del parque eólico sólo cuando varias turbinas eólicas hayan abandonado un intervalo de tensión predeterminado en la misma dirección y/o cuando varios transformadores de turbina eólica hayan adoptado su posición de conmutación extrema. Con este fin, resulta ventajoso que en el control de orden superior esté disponible, junto con la petición de autorización, la información de en qué dirección ha de realizarse el proceso de conmutación proyectado del transformador del parque eólico. Si la dirección corresponde a la dirección pedida por varios transformadores de turbina eólica, puede asignarse al proceso de conmutación del

transformador del parque eólico una prioridad mayor que a los procesos de conmutación de los transformadores individuales.

El control de orden superior puede además estar preparado de manera que dispare activamente un proceso de conmutación de un transformador sin haber recibido previamente una petición del control de transformador. En particular, el control de orden superior puede estar diseñado para disparar activamente un proceso de conmutación del transformador del parque eólico. Esto puede ser conveniente en particular cuando un número predeterminado de transformadores de turbina eólica hayan alcanzado la posición de conmutación extrema. Además, de este modo es posible preajustar (control piloto) la tensión en la red interna del parque eólico. A continuación pueden reajustarse mediante los transformadores de turbina eólica las tensiones en los bornes de las distintas turbinas eólicas hasta que se hallen en un intervalo óptimo (ajuste fino).

Si se autoriza o se da lugar a un proceso de conmutación de un transformador, puede congelarse brevemente la regulación del parque. Así, por ejemplo, puede mantenerse constante el valor especificado para el regulador de potencia reactiva. De este modo, se impide que la regulación del parque reaccione equivocadamente a procesos transitorios. La duración del tiempo de congelación puede hacerse depender de si es un proceso de conmutación de un transformador de turbina eólica o un proceso de conmutación de un transformador de parque eólico.

Antes de una nueva conexión de una turbina eólica, por ejemplo, después de una desconexión de red o de un fallo de red, puede llevarse el transformador a una posición de conmutación óptima para la red eléctrica. Así es posible, por ejemplo, reducir las corrientes de cierre.

El control de orden superior puede estar asignado al nivel de la turbina eólica o al nivel del parque eólico. También es posible que estén previstos un primer control de orden superior y un segundo control de orden superior y que la especificación de control se autorice sólo cuando ambos controles de orden superior den la autorización. El primer control de orden superior puede estar asignado a una turbina eólica y el segundo control de orden superior puede estar asignado al parque eólico. El control de orden superior puede en particular ser un componente de un control de turbina eólica o un componente de un control de parque eólico (maestro de parque, *Parkmaster*). Un maestro de parque está diseñado para asumir una función de dirección para una pluralidad de turbinas eólicas y en particular determinar especificaciones para el funcionamiento de varias turbinas eólicas.

La reivindicación 13 se refiere a un control según una de las reivindicaciones de orden superior para una turbina eólica con un rotor, un generador, un convertidor y un transformador, accionando el rotor el generador para generar energía eléctrica y alimentándose la energía eléctrica a la red interna del parque eólico a través del convertidor y el transformador. La turbina eólica comprende un control de turbina eólica, que está diseñado para controlar el sistema de convertidor-generador de la turbina eólica. El control de turbina eólica comprende un control de transformador y un control de orden superior, que están configurados según la invención.

El transformador está configurado de manera que puede ajustarse la relación de transformación entre la tensión en el lado de entrada y la tensión en el lado de salida. La relación de transformación puede ser ajustable de manera escalonada. El concepto de proceso de conmutación comprende la conmutación de un transformador escalonado.

La reivindicación 12 se refiere a un control según una de las reivindicaciones de orden superior para un parque eólico con una pluralidad de turbinas eólicas, con un maestro de parque y con un transformador. El transformador puede ser un transformador de una turbina eólica o un transformador del parque eólico. El parque eólico también puede comprender una pluralidad de transformadores. El maestro de parque tiene asignado un control de orden superior del parque eólico, que está configurado según la invención. El control de orden superior puede estar unido en el espacio al maestro de parque o estar separado en el espacio del maestro de parque. La invención se refiere además a uno o varios controles de transformador configurados según la invención. El control de transformador puede estar asignado a un transformador del parque eólico o a un transformador de una turbina eólica. En el caso de un transformador de una turbina eólica, habitualmente están acopladas al lado de entrada la tensión de los componentes eléctricos de la turbina eólica y al lado de salida la tensión de la red interna del parque eólico. En el caso del transformador de un parque eólico, habitualmente están acopladas al lado de entrada la tensión de la red interna del parque eólico y al lado de salida la tensión de la red de transporte. Tanto el transformador de parque eólico como los transformadores de turbina eólica pueden tener una relación de transformación ajustable. Los transformadores están preparados de manera que los procesos de conmutación puedan realizarse bajo carga.

La invención se refiere además a un procedimiento según la reivindicación 14 para controlar una turbina eólica o un parque eólico. En el procedimiento se procesa información sobre un estado real de una red eléctrica, para determinar una especificación de control para un transformador con una relación de transformación ajustable. Según la invención, la especificación de control se retiene hasta que un control de orden superior haya autorizado la especificación de control.

El procedimiento puede perfeccionarse con características adicionales descritas en el contexto del control según la invención, de la turbina eólica según la invención o del parque eólico según la invención. El sistema de control, la turbina eólica y el parque eólico pueden perfeccionarse con características adicionales descritas en el contexto del control según la invención.

A continuación se describe la invención a modo de ejemplo por medio de formas de realización ventajosas haciendo referencia a los dibujos adjuntos. Muestran:

- la figura 1: un parque eólico con una forma de realización de un sistema de control según la invención;
- la figura 2: la curva de tensión en un transformador regulado por tensión;
- 5 la figura 3: un desarrollo ejemplar del procedimiento de control según la invención;
- la figura 4: una forma de realización alternativa del procedimiento de control según la invención;
- la figura 5: una representación esquemática de una turbina eólica según la invención;
- la figura 6: una forma de realización de un sistema de control según la invención para una turbina eólica;
- la figura 7: un sistema de control para una turbina eólica;
- 10 la figura 8: la vista de la figura 7 en una forma de realización alternativa;
- la figura 9: una forma de realización alternativa de un sistema de control según la invención; y
- la figura 10: la curva de tensión en un transformador regulado por tensión.

En un parque eólico mostrado en la figura 1 están representadas tres turbinas eólicas 14, 15, 16 a modo de ejemplo de un número mayor de turbinas eólicas del parque eólico. En cada una de las turbinas eólicas, un rotor acciona un generador para generar energía eléctrica. La energía eléctrica se alimenta a una red interna 18 del parque eólico por medio de un convertidor. Un transformador 17 de turbina eólica transforma la tensión, de la baja tensión en los componentes eléctricos de la turbina eólica 14, 15, 16 a la media tensión en la red interna 18 del parque eólico. La red interna 18 del parque eólico se extiende a un punto 19 de transferencia, que constituye la interfaz entre la red interna 18 del parque eólico y una red 20 de transporte de un explotador de red. Un transformador 21 de parque eólico transforma la tensión, de la media tensión en la red interna 18 del parque eólico a la alta tensión en la red 20 de transporte.

Tanto los transformadores 17 de turbina eólica como el transformador 21 de parque eólico están preparados de manera que la relación de transformación entre la tensión más baja en el lado de entrada y la tensión más alta en el lado de salida pueda modificarse bajo carga (OLTC, *On-load tap changer*). Los procesos de conmutación de los transformadores 17, 21, con los que se modifica la relación de transformación, se realizan bajo la supervisión de un control de transformador. Cada transformador 17 de turbina eólica tiene asignado un control 22 de transformador, el transformador 21 de parque eólico tiene asignado un control 23 de transformador.

En los controles 22, 23 de transformador se procesa información sobre el valor real de la tensión en el lado de entrada del transformador 17, 21 respectivo. Según la figura 2, los controles 22, 23 de transformador están diseñados para comparar el valor real 24 de la tensión, que en la figura 2 aparece en función del tiempo t , con un valor nominal 25 de la tensión. Alrededor del valor nominal 25 se extiende una zona muerta hasta un valor límite superior 26 y hasta un valor límite inferior 27. Siempre que el valor real 24 de la tensión se halle dentro de la zona muerta 26, 27, el control 22, 23 de transformador no tiene motivo alguno para modificar la relación de transformación del transformador 17, 21 correspondiente.

Si el valor real 24 de la tensión abandona la zona muerta 26, 27, el control 22, 23 de transformador genera una especificación de control, que corresponde a un proceso de conmutación del transformador 17, 21 correspondiente. Si el valor real 24 de la tensión ha rebasado el valor límite superior 26, la especificación de control define un proceso de conmutación mediante el cual disminuye la tensión en el lado de entrada del transformador 17, 21. Si el valor real 24 de la tensión ha rebasado el valor límite inferior 27, la especificación de control define un proceso de conmutación del transformador 17, 21 mediante el cual aumenta la tensión en el lado de entrada del transformador 17, 21. En primer lugar, la especificación de control sólo se genera en el control 22, 23 de transformador, pero no se transmite al transformador 17, 21 respectivo. Por lo tanto, sólo con generarse la especificación de control no tiene lugar ningún proceso de conmutación.

En la figura 2, la especificación de control se genera en el momento 28, en el que el valor real 24 de la tensión rebasa el valor límite 26 hacia arriba. Simultáneamente con la generación de la especificación de control, se pone en marcha un retardo 29 de asentamiento, que tiene una duración predeterminada. También simultáneamente se envía, a través de una red 30 de comunicación del parque eólico, una petición de autorización a un control 31 de orden superior. En este ejemplo de realización, el control 31 de orden superior es un componente del maestro de parque, que asume una función de dirección para todas las turbinas eólicas 14, 15, 16 del parque eólico. El maestro de parque procesa con este fin valores de medición sobre la corriente y la tensión en el punto 19 de transferencia. El maestro de parque obtiene los valores de medición en cuestión de unos dispositivos 32 de medición.

Tras la entrada de la petición de autorización, el control 31 de orden superior comprueba, en virtud de unos criterios explicados posteriormente con mayor detalle, si autoriza el proceso de conmutación. En el ejemplo de realización de

la figura 2, la autorización llega al control 22, 23 de transformador durante el retardo 29 de asentamiento. Una vez transcurrido el retardo 29 de asentamiento, el control 22, 23 de transformador transmite la especificación de control al transformador 17, 21 en cuestión, que en el momento 32 lleva a cabo el proceso de conmutación mediante el cual se lleva el valor real 24 de la tensión de nuevo a la zona muerta 26, 27. Si el control 22, 23 de transformador no hubiese recibido la autorización, la especificación de control se habría seguido reteniendo y el proceso de conmutación no habría tenido lugar. Un proceso de conmutación sin autorización sólo es posible en casos excepcionales.

El desarrollo en el control 31 de orden superior tras la entrada de la petición de autorización se explica por medio de la figura 3, concretamente en el ejemplo de una petición del control 22 de transformador de una turbina eólica. Tras la entrada de la petición de autorización en la etapa 110, se consulta en 120 en primer lugar si están pendientes otras peticiones de autorización en el control 31 de orden superior. Si no es éste el caso, se continúa, a través de la rama 125, en 150, donde se consulta si está en marcha un tiempo de bloqueo. Si no está en marcha ningún tiempo de bloqueo, se continúa, a través de 155, en 160, con la concesión de la autorización al control 22 de transformador. Si está en marcha un tiempo de bloqueo, se espera mediante un bucle 170 de espera hasta que hayan transcurrido todos los tiempos de bloqueo.

Si el resultado de la consulta en la etapa 120 es que existen peticiones de autorización de varios controles 22 de transformador, se continúa, a través de 128, en la etapa 130, donde se comprueba si la petición de autorización actual tiene la máxima prioridad en comparación con las demás peticiones de autorización. Si es éste el caso, se continúa, a través de 135, en 150, donde como antes se comprueba si han transcurrido todos los tiempos de bloqueo. Si la petición de autorización no tiene la máxima prioridad, se espera, a través de un bucle 140 de espera, hasta que la petición de autorización tenga la máxima prioridad.

Para fijar los tiempos de bloqueo, el control 31 de orden superior procesa información de otros componentes del parque eólico, así como especificaciones que el control 31 de orden superior recibe de un puesto de control de la red 20 de transporte. Si el control 31 de orden superior recibe, por ejemplo, del control 23 de transformador la información de que es inminente un proceso de conmutación del transformador 21 de parque eólico, se pone en marcha un tiempo de bloqueo que va más allá del proceso de conmutación del transformador 21 de parque eólico. Si el control 31 de orden superior recibe del dispositivo 32 de medición la información de que existe un error de red, se pone en marcha un tiempo de bloqueo hasta que se haya subsanado el error de red. Si el control 31 de orden superior recibe la información de que una de las turbinas eólicas 14, 15, 16 se ha separado de la red, se pone en marcha un tiempo de bloqueo hasta que la red haya encontrado un nuevo estado de equilibrio. Lo mismo es aplicable tras la conexión de una unidad de potencia reactiva estática (no representada) o una modificación brusca en el valor nominal de la potencia reactiva. Si están en marcha paralelamente varios tiempos de bloqueo, el control 31 de orden superior espera con la autorización hasta que hayan transcurrido todos los tiempos de bloqueo.

Un proceso de conmutación del transformador 21 de parque eólico repercute en el nivel de tensión de todas las turbinas eólicas 14, 15, 16, por lo que tal proceso de conmutación debería llevarse a cabo sólo cuando tenga como consecuencia una descarga de una pluralidad de turbinas eólicas 14, 15, 16.

La figura 4 muestra el desarrollo correspondiente. Después de que en la etapa 210 haya entrado una petición de autorización del control 23 de transformador del transformador 21 de parque eólico, se comprueba en la etapa 220 si están pendientes al menos n peticiones de autorización de transformadores 17 de turbina eólica. El número n se fija en función del número total de turbinas eólicas 14, 15, 16 del parque eólico. Si existen menos de n peticiones de autorización de transformadores 17 de turbina eólica, la petición del transformador 21 de parque eólico se pasa a un bucle 230 de espera, hasta que existan suficientes peticiones de autorización de transformadores 17 de turbina eólica.

Si existen al menos n peticiones de autorización de transformadores 17 de turbina eólica, en la etapa 240 se comprueba si al menos m de estas peticiones se refieren a un proceso de conmutación en la misma dirección. En este contexto, m es un número menor o igual que n. Si no es éste el caso, la petición se pasa al bucle 230 de espera, hasta que exista un número suficiente de peticiones para procesos de conmutación en la dirección correcta.

Si existen suficientes peticiones para procesos de conmutación en la dirección correcta, en 250 se comprueba el desarrollo de los tiempos de bloqueo y, en caso de un resultado positivo de la consulta, se da en la etapa 260 la autorización al control 23 de transformador del transformador 21 de parque eólico.

En la figura 5 está representada una forma de realización de la invención, en la que también el control de orden superior es un componente de la turbina eólica 14. Según la figura 6, la turbina eólica 14 comprende un sistema 35 de convertidor-generador, que alimenta la energía eléctrica a la red interna 18 del parque eólico a través del transformador 17 de parque eólico. Una parte de la energía eléctrica se deriva y se alimenta a una red 36 de consumo propio de la turbina eólica 14. El control 22 de transformador recibe de un dispositivo 44 de medición, a través de una entrada 37, información relativa al valor real 24 de la tensión en el lado de entrada del transformador 17.

El control 22 de transformador recibe además, a través de una línea 38 de comunicación, información sobre el estado de conmutación actual del transformador 17. A través de una línea 39, el control 22 de transformador puede transmitir especificaciones de control al transformador 17. Un control 40 de convertidor se comunica con el sistema 35 de convertidor-generador, para ajustar el punto de funcionamiento correcto.

Si el control 22 de transformador llega a la conclusión de que, según el valor real de la tensión obtenido a través de la entrada 37, debería llevarse a cabo un proceso de conmutación del transformador 17, dirige una petición de autorización al control 41 de orden superior, que también forma parte de la turbina eólica. El control 41 de orden superior decide si da la autorización en virtud de la información de que dispone, que se refiere, por ejemplo, al estado de la red eléctrica o de otros componentes de la turbina eólica. Hasta que no existe la autorización, el control 22 de transformador no transmite la especificación de control al transformador 17.

El control 41 de orden superior puede estar a su vez diseñado de manera que dirija una petición de autorización al control 31 de orden más superior del parque eólico y dé la autorización al control 22 de transformador sólo cuando reciba de aquel una autorización. En situaciones excepcionales, la especificación de control puede transmitirse al transformador también sin autorización.

Según la figura 7, el control 22 de transformador, el control 40 de convertidor y el control 41 de orden superior pueden formar parte de un módulo unitario 41 de control. En la forma de realización de la figura 8, los componentes en cuestión están divididos en dos módulos 42, 43 separados uno de otro.

En la figura 9 está representado un ejemplo de realización en el que el control 22 de transformador del transformador 17 de turbina eólica está diseñado para trabajar con una zona muerta de dos términos. El control 22 de transformador comprende con este fin un primer módulo 45 de zona muerta y un segundo módulo 46 de zona muerta, alimentándose a ambos desde una memoria 47 un valor nominal 25 para la tensión. Un elemento 48 de control está diseñado para determinar un valor límite superior 49 y un valor límite inferior 50 para la primera zona muerta. Un elemento 51 de control está diseñado para determinar un valor límite superior 52 y un valor límite inferior 53 para la segunda zona muerta. Los valores límite 49, 50, 52, 53 pueden ser variables en función del punto de funcionamiento de la turbina eólica o del parque eólico. Los valores límite 49, 50 se hallan más cerca del valor nominal 25 que los valores límite 52, 53.

En el ejemplo de la figura 10, el valor real 24 de la tensión rebasa el valor límite 50 en el momento 54. El primer módulo 45 de zona muerta envía una petición de autorización al control 31 de orden superior y pone en marcha un retardo 56 de asentamiento. Una vez transcurrido el retardo 56 de asentamiento existe la autorización del control 31 de orden superior, y el proceso de conmutación tiene lugar en el momento 55.

Si, en lugar de ello, el valor real 24 de la tensión rebasase hacia arriba o hacia abajo respectivamente uno de los valores límite 52, 53 de la segunda zona muerta, la autorización se daría después de un retardo 56 de asentamiento considerablemente más corto. Por lo tanto, esta forma de realización ofrece la posibilidad de reaccionar de diferente manera a distintas magnitudes de desviación con respecto al valor nominal.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de control para una turbina eólica (14, 15, 16) o para un parque eólico, que comprende un control (22, 23) de transformador preparado para procesar información sobre un estado real (24) de una red eléctrica con el fin de determinar una especificación de control para un transformador (17, 21) con una relación de transformación ajustable, en donde la especificación de control se genera cuando, considerándolas localmente en el control (22, 23) de transformador, existen las condiciones previas para un proceso de conmutación, que además comprende un control (31, 41) de orden superior, caracterizado por que el control (22, 23) de transformador está diseñado para retener la especificación de control hasta que el control (31, 41) de orden superior haya autorizado la especificación de control.
2. Sistema de control según la reivindicación 1, caracterizado por que el control (22, 23) de transformador está preparado para procesar un valor real (24) de la tensión en la red eléctrica.
3. Sistema de control según la reivindicación 2, caracterizado por que el control (22, 23) de transformador está preparado para generar una especificación de control correspondiente a un proceso de conmutación del transformador (17, 21) cuando el valor real (24) de la tensión abandone una zona muerta (26, 27), que se extiende desde un valor nominal (25) de la tensión hacia arriba y hacia abajo.
4. Sistema de control según la reivindicación 3, caracterizado por que el control (22, 23) de transformador está preparado para comparar el valor real (24) de la tensión con una primera zona muerta y con una segunda zona muerta, hallándose los valores límite (49, 50) de la primera zona muerta más cerca del valor nominal (25) que los valores límite (52, 53) de la segunda zona muerta, y por que el control (22, 23) de transformador, al abandonarse la primera zona muerta, reacciona de un modo diferente a como reacciona al abandonarse la segunda zona muerta.
5. Sistema de control según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que el control (22, 23) de transformador está preparado para, después de generar una especificación de control, dejar transcurrir un retardo (29, 56) de asentamiento antes de transmitir la especificación de control al transformador (17, 21).
6. Sistema de control según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que el control (22, 23) de transformador está preparado para, después de generar una especificación de control, enviar una petición de autorización al control (31, 41) de orden superior.
7. Sistema de control según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que el control (31, 41) de orden superior está preparado para procesar valores de medición sobre el estado de la red eléctrica, valores de medición sobre condiciones ambientales, información de otros componentes de la turbina eólica/del parque eólico y/o especificaciones procedentes del exterior, para decidir sobre la autorización de la especificación de control.
8. Sistema de control según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que el control (31, 41) de orden superior está diseñado para no dar la autorización a la especificación de control siempre que esté transcurriendo un tiempo de bloqueo puesto en marcha por un suceso.
9. Sistema de control según la reivindicación 8, caracterizado por que el sistema de control está preparado para poner en marcha el tiempo de bloqueo en el control (31, 41) de orden superior por uno o varios de los sucesos siguientes: un proceso de conmutación de un transformador (17, 21), un error de red, una conexión o una desconexión del parque eólico o de un componente del parque eólico, un proceso de conmutación de una unidad de potencia reactiva, una modificación brusca de una especificación de valor nominal.
10. Sistema de control según la reivindicación 8 o 9, caracterizado por que la duración del tiempo de bloqueo está adaptada individualmente al suceso disparador.
11. Sistema de control según una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado por que el control (31, 41) de orden superior está preparado para, en caso de existir una pluralidad de peticiones de autorización, asignar una prioridad a las peticiones de autorización.
12. Sistema de control según una de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado por que el control (31) de orden superior está asignado al nivel de control del parque eólico.
13. Sistema de control según una de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado por que el control (41) de orden superior está asignado al nivel de control de una turbina eólica (14).
14. Procedimiento para controlar una turbina eólica (14, 15, 16) o un parque eólico, en el que se procesa información sobre un estado real (24) de una red eléctrica, para determinar una especificación de control para un transformador (17, 21) con una relación de transformación ajustable, en donde la especificación de control se genera cuando, considerándolas localmente en el control (22, 23) de transformador, existen las condiciones previas para un proceso de conmutación, caracterizado por que la especificación de control se retiene hasta que un control (31, 41) de orden superior haya autorizado la especificación de control.

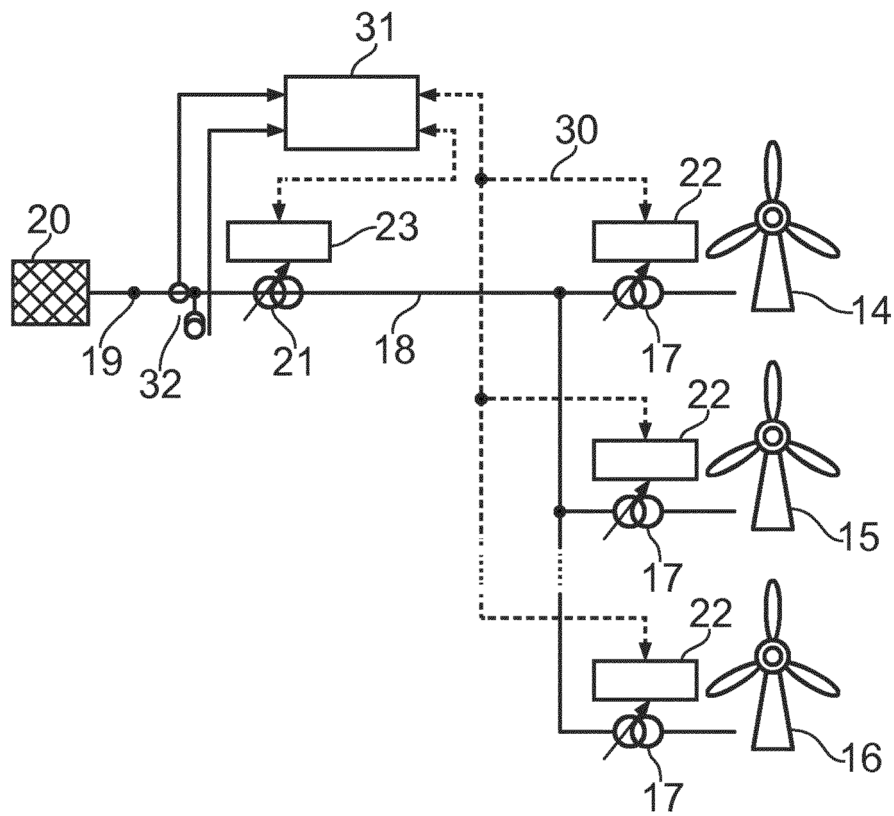


FIG. 1

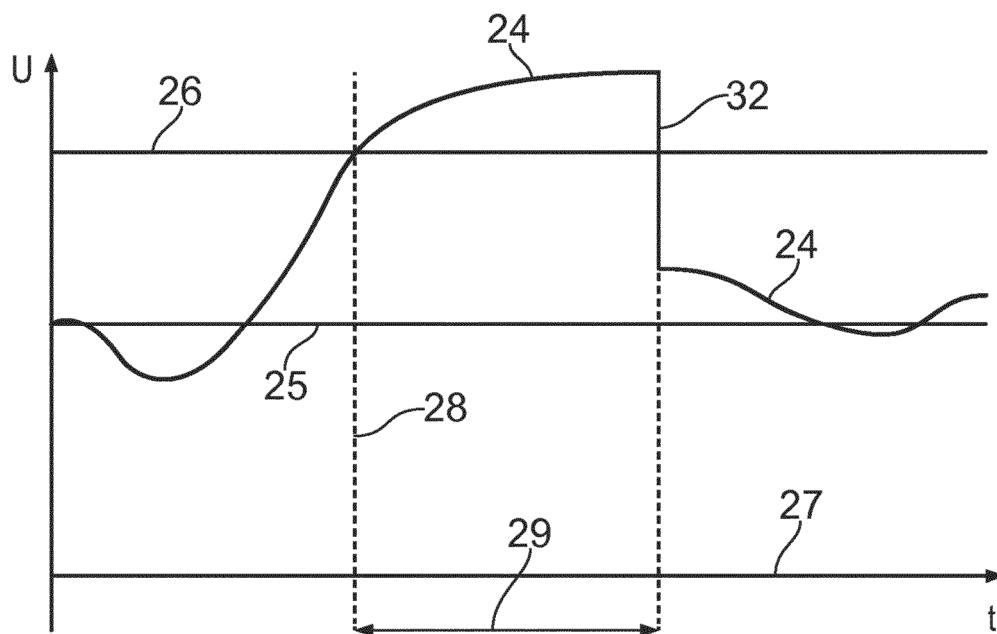


FIG. 2

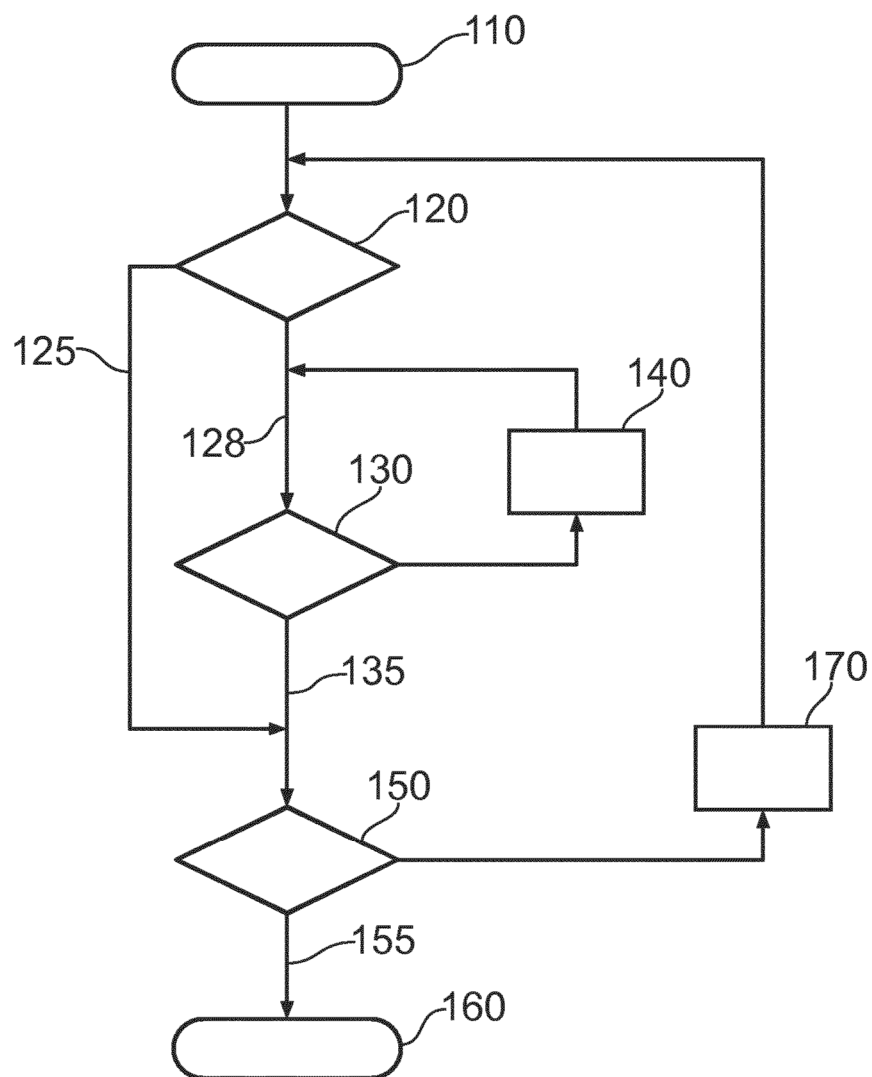


FIG. 3

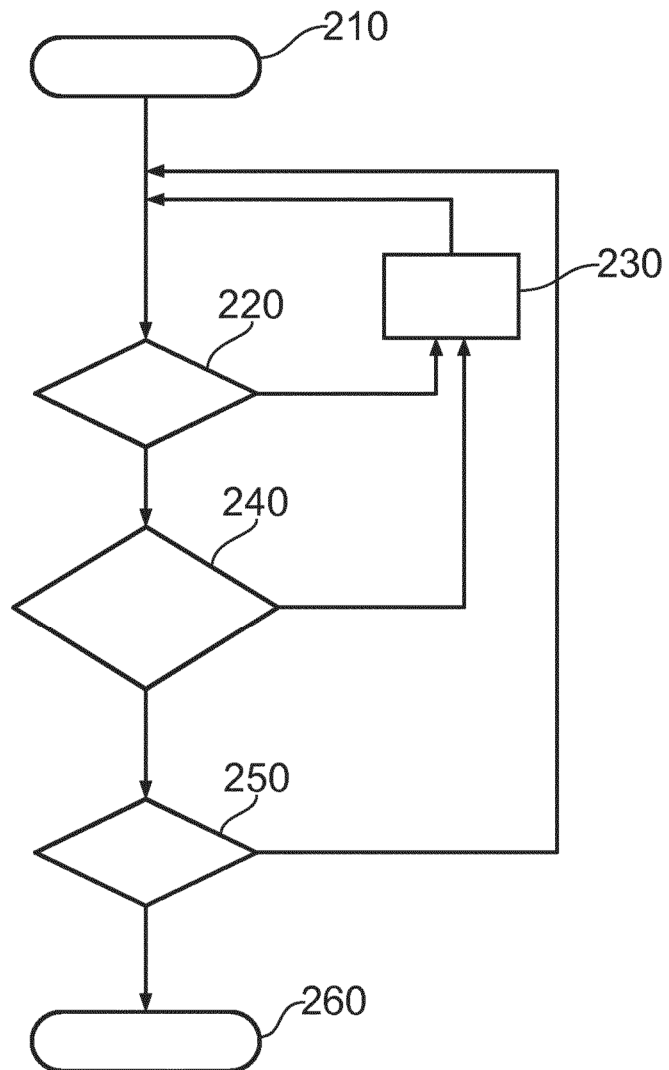


FIG. 4

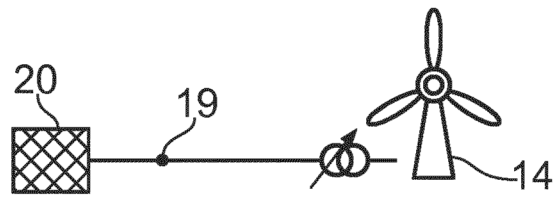


FIG. 5

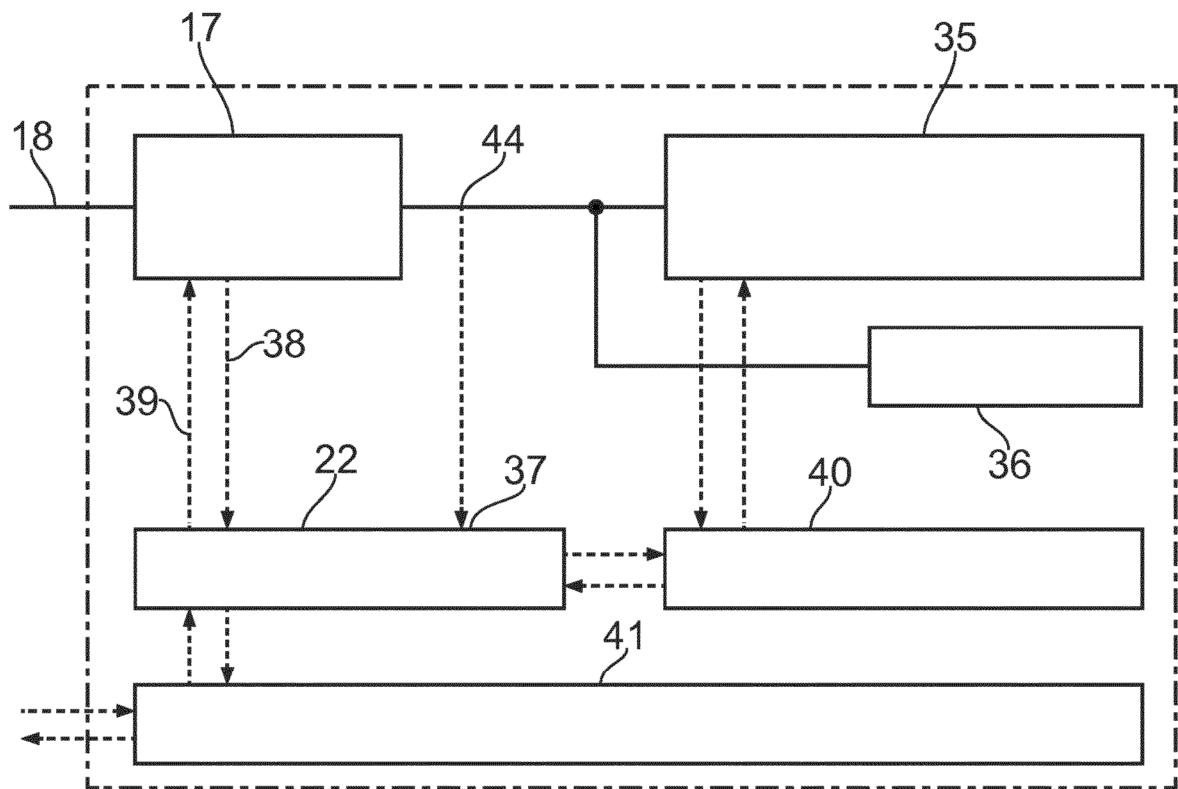


FIG. 6

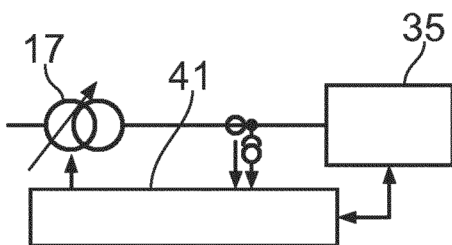


FIG. 7

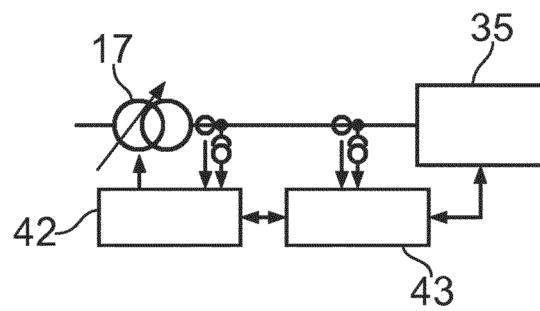


FIG. 8

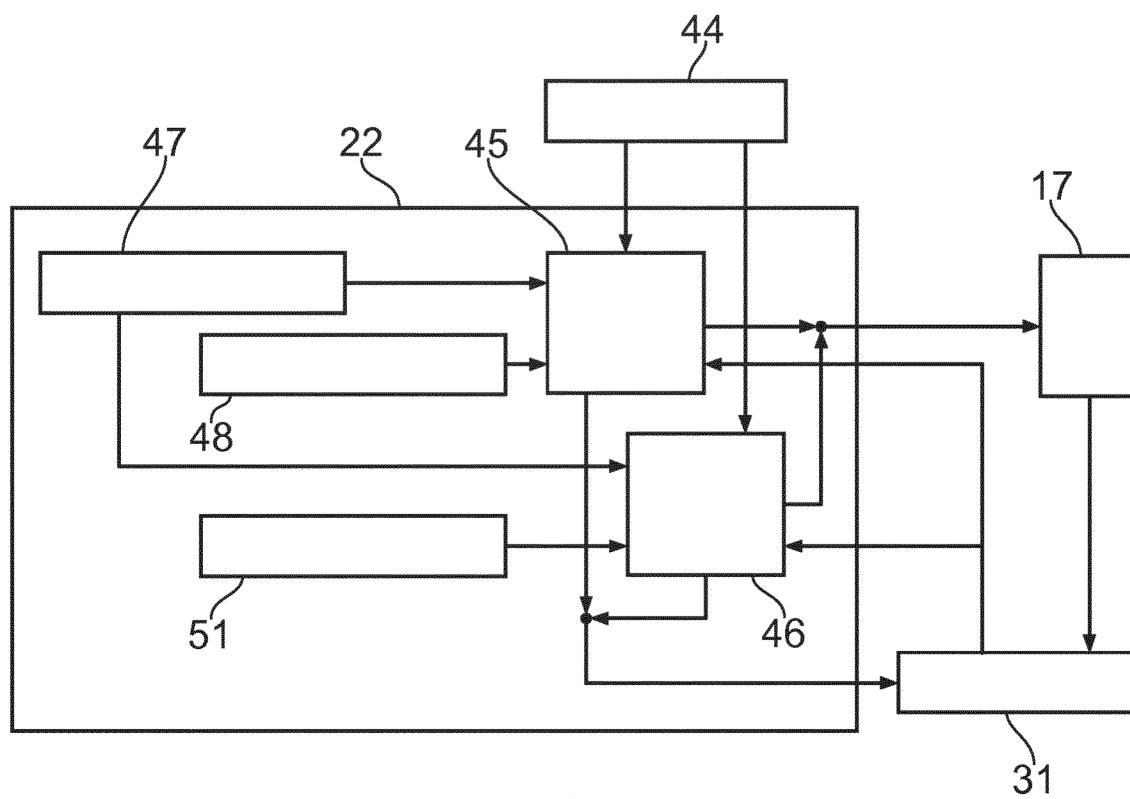


FIG. 9

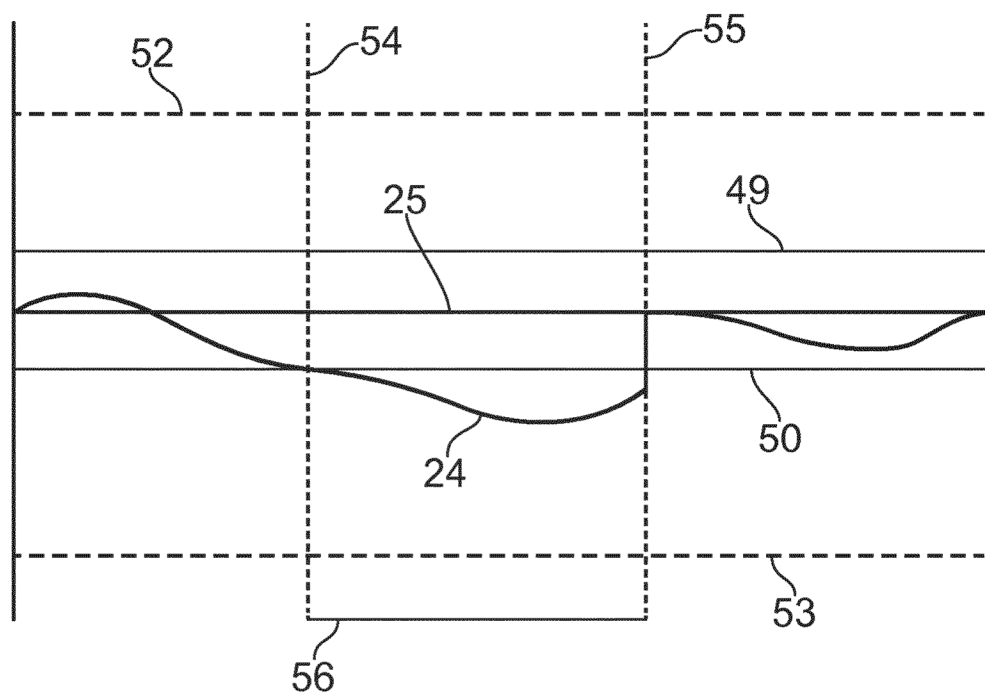


FIG. 10