

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 381 021**

51 Int. Cl.:

H02J 3/18

(2006.01)

F03D 9/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05850278 .2**

96 Fecha de presentación: **15.12.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1831981**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **12.09.2007**

54 Título: **Regulación de la potencia de un parque eólico y procedimiento correspondiente**

30 Prioridad:
17.12.2004 DE 102004060943

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
22.05.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
22.05.2012

73 Titular/es:
**REpower Systems SE
Überseering 10
22297 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:
**ALTEMARK, Jens;
BECKER, Holger y
FRIEDERICH, Sebastian**

74 Agente/Representante:
Carpintero López, Mario

ES 2 381 021 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

Regulación de la potencia de un parque eólico y procedimiento correspondiente.

La invención se refiere a un parque eólico con una pluralidad de plantas de energía eólica y un administrador del parque para efectuar el control de las plantas de energía eólica, comprendiendo las plantas de energía eólica un generador accionado por medio de un rotor para generar potencia eléctrica, y donde el administrador del parque incluye una instalación de regulación de la potencia.

En tiempos recientes las plantas de energía eólica no se instalan preferentemente aisladas sino reunidas en grupos formando parques eólicos. Estos parques eólicos suelen estar situados en emplazamientos especialmente convenientes para el viento, tal como en la costa o sobre elevaciones. Dado que la planta de energía eólica individual alcanza hoy día ya unas potencias que anteriormente estaban reservadas a un parque eólico completo, los parques eólicos modernos presentan una potencia eléctrica instalada muy elevada. La conexión de tales parques eólicos de gran potencia a redes eléctricas de suministro de energía no deja de presentar problemas. Es preciso prestar especial atención a mantener una alta calidad de la red. Al aumentar el número de parques eólicos que están conectados a una red de suministro eléctrico se requieren unas especificaciones rigurosas en cuanto al comportamiento de los parques eólicos en la red, establecidas por las empresas de suministro de energía. Esto incluye por ejemplo el comportamiento de los parques eólicos frente a la red en caso de averías. Un ejemplo de tales averías son caídas de tensión que pueden producirse debido a un cortocircuito o por un fallo súbito de la potencia generadora.

El administrador del parque de un parque eólico actúa como sistema de control de nivel superior para las distintas plantas de energía eólica del parque eólico. Los requisitos del explotador del parque eólico y del explotador de la red de suministro de energía a la cual está conectado el parque eólico se transforman para ello en señales de control para las distintas plantas de energía eólica. Para este fin se trata de conseguir que el parque eólico cumpla los requisitos establecidos en su punto de enlace con la red de suministro de energía. Una función importante del administrador del parque es vigilar y regular la potencia entregada a la red, tanto en lo que se refiere a potencia activa como a potencia reactiva.

Por el documento WO 03/030329 se conoce un parque eólico que puede proporcionar una potencia total superior a la máxima potencia que se puede inyectar en la red. En este caso el sistema de control/regulación de una planta de energía eólica comprende una entrada de datos por medio de la cual se puede regular la potencia eléctrica dentro de un campo del 0 al 100% con relación a la potencia nominal. Esto permite limitar la potencia. Por otra parte se puede regular por medio de un regulador la potencia del generador en función de la tensión de la red. De este modo se pueden limitar por una parte todas las plantas de energía eólica cada una a una potencia máxima. Y por otra parte es posible limitar la potencia máxima del conjunto del parque eólico.

Una arquitectura de un software de control para un parque eólico se conoce por el artículo "Wind Farm Control Software Structure" de Jörgen Svensson y Per Karlsson (Abril 2002, páginas 1-15, International Workshop on Transmission Networks for Offshore Wind Farms). ("Estructura del Software de Control para un Parque Eólico" de Jörgen Svensson y Per Karlsson (Abril 2002, páginas 1-15, Taller Internacional sobre Redes de Transmisión para Parques Eólicos Situados Fuera de la Costa). Mediante el software se pueden explotar de forma independiente grupos de plantas de energía eólica de reacción lenta y de reacción rápida. Cada grupo tiene un bloque conductor propio, con lo cual se le asignan a los dos grupos unos puntos de funcionamiento distintos. De este modo se puede aprovechar el grupo de reacción rápida para provocar una reacción más rápida del parque eólico ante la variación de las demandas de potencia.

Un inconveniente de estas disposiciones conocidas es que a veces reaccionan muy lentamente ante el cambio de demandas. Si bien el administrador del parque está dotado por lo general de una potencia de cálculo suficientemente grande, sin embargo la transmisión de las señales de control a las distintas plantas de energía eólica requiere considerable tiempo. Aunque generalmente están previstas unas líneas de comunicación independientes, sin embargo se producen retrasos considerables. Los tiempos de retraso típicos son de 1 a 2 segundos para la transmisión a través de las líneas de comunicación, y de otros 0,1 segundos para la conversión hasta que finalmente el convertidor puede convertir las señales. Debido a estos tiempos de retardo largos, el comportamiento del parque eólico no es óptimo cuando varían las demandas. Esto se refiere especialmente a condiciones que cambien con rapidez, tal como viento racheado. Por otra parte, debido a los largos tiempos de retardo pueden llegar a producirse oscilaciones en el comportamiento de regulación.

La invención tiene como objetivo proporcionar un parque eólico de la clase citada inicialmente y un procedimiento para su explotación con los cuales se eviten los inconvenientes antes citados, o por lo menos se reduzcan. La solución conforme a la invención se encuentra en las características de las reivindicaciones independientes. Unos perfeccionamientos ventajosos constituyen el objeto de las reivindicaciones dependientes.

De acuerdo con la invención, en un parque eólico que tenga una pluralidad de plantas de energía eólica que generen energía eléctrica para inyección en una red, y con un administrador del parque para el control de las plantas de energía eólica, donde las plantas de energía eólica comprenden un generador accionado por medio de un rotor, y donde el

administrador del parque comprende una instalación de regulación de la potencia realizada en varios circuitos, donde un primer circuito actúa sobre un primer grupo de las plantas de energía eólica y un segundo circuito actúa sobre un segundo grupo de las plantas de energía eólica, está previsto que la instalación de regulación de potencia realizada en varios circuitos sea un regulador de potencia reactiva cuyo primer circuito presente un regulador rápido que tenga una dinámica considerablemente superior a la de un regulador lento de un segundo circuito, donde el regulador rápido reacciona más rápidamente ante los saltos de las magnitudes de conducción y/o de interferencia.

A continuación se explican algunos de los conceptos empleados:

Se entiende por generador una máquina que convierte energía mecánica en energía eléctrica. Esto incluye por igual máquinas de corriente continua como generadores para corriente alterna monofásica o polifásica. Se puede tratar de una máquina síncrona o de una máquina asíncrona. Por lo general hay un convertidor conectado al generador, pero esto no es forzoso. El convertidor está realizado preferentemente como convertidor doble. Puede estar realizado con diferentes tipologías, por ejemplo con un circuito de tensión intermedia, con circuito de intensidad intermedia o como convertidor directo.

Se entiende por administrador del parque una instalación de control que, como organismo de nivel superior actúa sobre las distintas plantas de energía eólica de un parque eólico. Por lo general está realizada para controlar la salida de la energía eléctrica generada por las plantas de energía eólica en un punto de enlace. También está realizada por lo general para recibir y convertir valores de consigna por parte del explotador del parque eólico o del explotador de la red eléctrica a la que está conectado el parque eólico. Para este fin el administrador del parque presenta una instalación de regulación de la potencia realizada en varios circuitos. Frecuentemente esta realizado como unidad de construcción independiente, pero no hay que excluir que pueda estar situado en una de las plantas de energía eólica del parque o que esté incluso totalmente integrado, de modo que se emplean ciertos componentes de modo común con el control de la planta de la planta de energía eólica que se ha de captar. Convenientemente la planta de energía eólica que se ha de captar está asignada al primer circuito rápido.

Se entiende por un grupo de plantas de energía eólica un número natural de plantas de energía eólica, siendo el número mínimo de 1 unidad.

Se entiende por dinámica la medida de la velocidad de un circuito de regulación al estabilizar una desviación del valor regulado. En el caso de sistemas de regulación continuos, tal como en particular el regulador PI y el PID, la respectiva constante de tiempo del regulador da la medida de la dinámica. En los sistemas de regulación con tiempo de ajuste finito, tal como en particular el regulador Deadbeat, el tiempo de ajuste da la medida de la dinámica. El concepto de dinámica debe entenderse aquí en un sentido general, de tal modo que pueda describir no sólo el comportamiento de respuesta del regulador ante saltos de conducción como también a saltos de la magnitud de interferencia.

La invención está basada en la idea de prever una estructura de doble circuito para la instalación de regulación de la potencia realizada con varios circuitos. Las plantas de energía eólica del parque se subdividen por lo menos en dos grupos que son controlados de modo distinto por el administrador del parque. Un segundo circuito está conectado a las plantas de energía eólica del segundo grupo, presentando un regulador lento que de modo convencional reacciona de forma relativamente lenta ante las variaciones de potencia. En cambio las plantas de energía eólica del primer grupo están conectadas a un primer circuito que comprende un regulador rápido con una dinámica considerablemente superior a la del regulador lento. De este modo se tiene la posibilidad de reaccionar rápidamente ante las variaciones de valor de consigna o ante las averías, actuando para ello sobre las plantas de energía eólica del primer grupo. La precisión estacionaria a lo largo de un período de tiempo prolongado se asegura por las plantas de energía eólica del segundo grupo, conectadas al canal lento. La invención reúne de este modo las ventajas de un control rápido, en cuanto a la nivelación rápida de averías o saltos del valor de consigna, con las de una regulación más lenta, tal como la resistencia frente a oscilaciones. Con la subdivisión de la instalación de regulación de potencia conforme a la invención en dos circuitos de regulación de diferente dinámica (designados en lo sucesivo también como regulador lento y regulador rápido), se consigue esto de forma sorprendentemente sencilla. Para ello no se requieren unos conceptos de regulador complejos. La invención puede estar realizada también con conceptos de regulación relativamente sencillos tales como reguladores P o reguladores PI, con los que ya se obtienen buenos resultados.

La instalación de regulación a base de varios circuitos conforme a la invención está realizada como instalación de regulación de la potencia reactiva. Para la potencia activa está prevista una instalación de regulación independiente que puede estar realizada realmente de cualquier forma. Precisamente en las instalaciones de regulación de la potencia reactiva es importante para mantener una elevada calidad de la red, que estén realizadas con reacción rápida. Con la instalación de regulación de la potencia reactiva conforme a la invención se reacciona de modo especialmente rápido ante variaciones, averías, etc. gracias a la estructura de varios circuitos. Por lo tanto se cumple gracias a la invención también con rigurosas demandas de los explotadores de la red, con un gasto relativamente reducido. La invención aprovecha con la estructura de varios circuitos, y su primer circuito rápido, las propiedades especiales de la potencia reactiva, de no tener

equivalente mecánico. La invención ha observado que con ello se forma un regulador rápido que reacciona ante variaciones rápidas de la magnitud de ajuste "potencia reactiva", sin que haya que temer daños o detrimentos del sistema mecánico (por ejemplo debido a sobrecarga causada por un cambio brusco de carga). Por lo tanto el primer circuito está optimizado exclusivamente en cuanto a un buen comportamiento frente a averías de potencia reactiva, sin tener que asumir compromisos con relación a la precisión estacionaria. Con la estructura de varios circuitos conforme a la invención se aprovecha plenamente esta ventaja.

Es conveniente que el primer y el segundo circuito de la instalación de regulación estén realizados en cascada. Se entiende aquí por en cascada que una señal de salida del regulador rápido se utiliza como señal de entrada para el regulador lento. Esto tiene la ventaja de que solamente es necesario aplicar una magnitud de conducción a la instalación de regulación de potencia de varios circuitos conformes a la invención. De este modo se reduce el gasto de circuitos. Por otra parte presenta frente a una especificación independiente de la magnitud de conducción la ventaja de que desaparece la necesidad de tener que efectuar un ajuste mutuo de las diferentes magnitudes de conducción. De este modo se evita el riesgo de que se produzcan faltas de estabilidad debidas a magnitudes de conducción que no estén ajustadas entre sí o que incluso se contradigan, tales como pueden aparecer en el caso de una aplicación independiente de las magnitudes de conducción. Otra ventaja de esto es que de un modo ideal el valor de consigna para el regulador lento no tiene valor medio. De este modo se puede optimizar el comportamiento de la magnitud de conducción del regulador lento para la precisión estacionaria alrededor de la posición cero. Igualmente, el regulador rápido puede estar realizado preferentemente para compensar averías (o transitorios, saltos del valor de consigna).

El regulador rápido está conectado preferentemente actuando directamente sobre los convertidores de las plantas de energía eólica del primer grupo. Se entiende aquí por actuando directamente que el control de funcionamiento de las distintas plantas de energía eólica se deja en derivación, al menos de modo funcional. Con ello se consigue reducir al mínimo los tiempos de demora. Los convertidores pueden reaccionar rápidamente ante los cambios de las magnitudes de ajuste del regulador rápido. De este modo se obtiene un comportamiento de respuesta mejor del conjunto del parque eólico en caso de averías o de saltos de valor de consigna. La conexión directa puede estar realizada de diversos modos. Una posibilidad ventajosa consiste en unir la salida del regulador rápido a través de un canal de transmisión independiente con los convertidores de la planta de energía eólica del primer grupo. El canal de transmisión independiente puede ser por ejemplo una línea independiente. Una realización de esta clase con una técnica de un solo hilo tiene la ventaja de la sencillez de concepto y de la claridad, garantizando además unos tiempos de transmisión cortos y por lo tanto unos tiempos de reacción rápidos. Sin embargo un inconveniente es el gasto relativamente grande. Para reducir éste puede estar también previsto conectar a la salida del regulador rápido una red de datos independiente de alta velocidad y unirla con los convertidores de las plantas de energía eólica del primer grupo. Se entiende en este caso como alta velocidad que la red de datos presente una velocidad de transmisión para los datos presentes a la salida del regulador rápido, superior a la de la red de datos empleada para la restante comunicación en el parque eólico. Con una red de alta velocidad de esta clase se puede conseguir también una reducción del tiempo de transmisión igual que en la técnica monofilar, pero con menor gasto de instalación. La red de datos de alta velocidad está realizada preferentemente apta para trabajar en tiempo real. Para mejorar aún más el comportamiento de regulación puede estar previsto que las plantas de energía eólica del primer grupo estén dispuestas eléctricamente próximas al punto de enlace con la red. Se entiende aquí por eléctricamente próximas que la distancia de los conductores de conexión hasta las respectivas plantas de energía eólica sea lo más corta posible. Por lo general la distancia eléctrica es semejante a la distancia en el espacio pero puede haber variaciones debidas a rodeos en el tendido de la conducción. Mediante la disposición eléctrica corta se consigue que las señales de ajuste del regulador rápido tengan que transmitirse únicamente a lo largo de un trayecto corto, y que por lo tanto estén aplicadas rápidamente a los convertidores de las plantas de energía eólica del primer grupo. Además, las variaciones de potencia emitida por esta planta de energía eólica que se produzcan a continuación actúan rápidamente en el punto de enlace. De este modo se obtiene un doble efecto en cuanto a la reducción del tiempo de reacción.

Las magnitudes de conducción para el regulador pueden estar especificadas de modo constante, pero preferentemente son variables. Para que esto también pueda ser posible exteriormente, hay convenientemente una conexión de la magnitud de conducción del regulador conectada a una entrada de control. De este modo se pueden transmitir al regulador especificaciones de consigna por parte del explotador del parque eólico o por el explotador de la red.

De acuerdo con otro aspecto de la invención que igualmente merece protección independiente, hay un parque eólico con una pluralidad de plantas de energía eólica que generan energía eléctrica para ser inyectada en una red, un administrador del parque para el control de las plantas de energía eólica, donde las plantas de energía eólica comprenden un generador accionado por medio de un rotor, y donde el administrador del parque comprende un regulador de potencia, estando las plantas de energía eólica subdivididas en un primer grupo y en un segundo grupo, con un primer circuito que actúa sobre el primer grupo y un segundo circuito que actúa sobre el segundo grupo, estando previsto que el regulador lento sea parte de un segundo circuito lento de una estructura de varios circuitos, que actúa sobre el segundo grupo, que presenta adicionalmente un primer circuito rápido que comprende un regulador rápido con una dinámica considerablemente superior a la del regulador lento que actúa sobre el segundo grupo. En esta estructura del circuito de regulación y a diferencia de las realizaciones anteriores, el administrador del parque no tiene competencia para el circuito rápido para el

primer grupo de plantas de energía eólica. El circuito rápido está realizado convenientemente de forma autónoma. Esto se puede conseguir ventajosamente porque en la instalación de regulación de una de las plantas de energía eólica del primer grupo esté integrada la correspondiente funcionalidad de regulación. Una forma de realización tal resulta especialmente ventajosa si el primer grupo está compuesto únicamente por una única planta de energía eólica. Esto no solamente permite realizar una estructura sin complejidad, sino también obtener un buen comportamiento de funcionamiento gracias a unos tiempos de transmisión cortos. De este modo se tiene fácilmente la posibilidad de realizar el circuito rápido de tal modo que actúe directamente sobre el convertidor de la planta de energía eólica. Se sobreentiende que también para este aspecto de la invención la planta de energía eólica del circuito rápido esté situada lo más próxima posible al punto de enlace.

5

Para más explicaciones y formas de realización ventajosas se remite a la descripción dada con relación al primer aspecto de la invención.

10

La invención se refiere además a un procedimiento para la explotación de un parque eólico con una pluralidad de plantas de energía eólica que generan energía eléctrica para ser inyectada en una red, y un administrador del parque para controlar las plantas de energía eólica, donde las plantas de energía eólica presentan un generador accionado por un rotor, y el administrador del parque presenta una instalación de regulación de la potencia, donde un primer circuito actúa sobre un primer grupo de plantas de energía eólica y un segundo circuito actúa sobre un segundo grupo de plantas de energía eólica, comprendiendo los pasos de cálculo de los valores de ajuste para la potencia eléctrica de las plantas de energía eólica que se ha de entregar a la red, de acuerdo con un algoritmo de regulación, salida de los valores de ajuste a las plantas de energía eólica. De acuerdo con la invención está previsto calcular un primer valor de consigna de la potencia que ha de entregar un primer grupo de plantas de energía eólica en un primer circuito del algoritmo de regulación, así como un segundo valor de consigna para un segundo grupo de plantas de energía eólica mediante un segundo circuito del algoritmo de regulación, donde para el primer circuito del algoritmo de regulación está prevista una dinámica considerablemente superior que para el segundo circuito, y donde el segundo circuito comprende un regulador lento y el primer circuito un regulador rápido, donde el regulador rápido reacciona más rápidamente ante los saltos de conducción y/o de una magnitud de interferencia, y donde la instalación de regulación de potencia realizada con varios circuitos es un regulador de potencia reactiva.

15

20

25

Para una explicación más detallada se remite a la descripción anterior de la que se deduce el modo de funcionamiento del procedimiento conforme a la invención.

30

La invención se explica a continuación haciendo referencia al dibujo adjunto en el que está representado un ejemplo de realización ventajoso de la invención. En éste muestran:

la fig. 1 una vista esquemática de un parque eólico conforme a un ejemplo de realización de la invención;

las fig. 2a, b una vista de conjunto esquematizada de una estructura de regulación empleada para el parque eólico representado en la fig. 1;

las fig. 3a, b representaciones esquemáticas en sección de las plantas de energía eólica empleadas en los dos grupos;

35

la fig. 4 una vista esquemática de la estructura del regulador con circuitos de regulación;

la fig. 5 una representación de un ejemplo de realización alternativa de la estructura del regulador representada en la fig. 2; y

la fig. 6 una vista esquemática de la estructura del regulador de otro ejemplo de realización alternativo.

40

En la fig. 1 está representado un ejemplo de realización de un parque eólico conforme a la invención. Éste comprende una pluralidad de plantas de energía eólica 3 y un ordenador administrador central (administrador del parque) 5. Las plantas de energía eólica 3 están conectadas a una red colectora interna del parque eólico que a través de un punto de enlace 69 está unida a una red de suministro eléctrica (no representada) de una empresa de suministro de energía.

45

50

La disposición de una planta de energía eólica 3 se explica a título de ejemplo mediante las figuras 1 y 3a. La planta de energía eólica 3 comprende una carcasa de máquina 30 situada de modo orientable sobre una torre 31. En un lado frontal de la carcasa de la máquina 30 está situado un rotor giratorio 32. El rotor 32 acciona un generador 34 por medio de un árbol de rotor y de un reductor 33. Se trata preferentemente de un generador asíncrono de doble alimentación, si bien caben también otras formas de construcción. Al generador 34 están conectados un convertidor 35 así como las líneas de salida 36 para la energía eléctrica generada. De este modo se proporciona la energía eléctrica suministrada por el generador 34 como corriente trifásica de frecuencia fija (frecuencia de la red). El funcionamiento de la planta de energía eólica 3 está controlado por una instalación de control 38. Ésta actúa sobre los distintos componentes de la planta de energía eólica 3 a través de unas líneas de control adecuadas, representadas únicamente de modo parcial. En particular está unida con un control del convertidor 37 que controla los conmutadores activos (no representados) en el convertidor 35

de tal modo que se ajusten los valores de salida relativos a intensidad, tensión, frecuencia y fase. El control del convertidor 37 está realizado para ajustar mediante el convertidor 35 la potencia activa P y la potencia reactiva Q producidas por la planta de energía eólica 3. En la planta de energía eólica 3 está previsto además un transformador 39 que eleva la tensión de salida del convertidor 35 a un nivel superior para inyectarla en la línea colectora 6 interna del parque eólico. La planta de energía eólica 3' representada en la figura 3b está realizada de modo equivalente. Presenta además una entrada adicional en su sistema de control del convertidor 37'.

El cable colector 6 está conectado a todas las plantas de energía eólica 3 del parque eólico. Transporta la energía eléctrica generada por éstas a un punto de enlace 69 (representado simbólicamente) donde se inyecta en la red de suministro de energía (no representada). El cable colector 6 presenta en el ejemplo de realización representado una estructura ramificada a modo de árbol; exactamente igual también podría estar realizada con estructura de bus con conductos derivados, siendo también posibles las formas mixtas. En un punto central del cable colector 6 y antes del punto de enlace 69 está previsto un sistema de conmutación 68. Está realizado para unir el parque eólico con el punto de enlace 69 y por lo tanto con la red de transmisión de energía, o bien para aislarlo de éste. Por el lado del parque eólico de este sistema de conmutación 68 está prevista una instalación de medición de la potencia 59 para el administrador del parque. Eventualmente puede estar prevista otra instalación de medición de la potencia (no representada) para la empresa de suministro de energía, por el lado del parque eólico o por el lado de la red del sistema de conmutación 68.

Las plantas de energía eólica 3 del parque eólico están subdivididas en dos grupos. Hay un primer grupo 1 que en el ejemplo de realización representado comprende dos plantas de energía eólica 3'. Se trata de aquellas plantas de energía eólica 3' del parque eólico que están situadas eléctricamente próximas al punto de enlace 69. Debe entenderse aquí por eléctricamente próximas, que la longitud de los cables medidos desde el transformador 39 de la planta de energía eólica al punto de enlace 69 a través de la red colectora 6, son cortas. Por lo general esto significa que las plantas de energía eólica también están situadas físicamente próximas al punto de enlace 69; ahora bien, esto no es imprescindible.

Para el funcionamiento del parque eólico y para el control relativo a la potencia eléctrica suministrada en el punto de enlace 69 está previsto el administrador del parque 5. Éste ejerce funciones de conducción para la planta de energía eólica 3 del parque eólico. Para transmitir las señales de control a las diferentes plantas de energía eólica 3 del parque eólico está prevista una red de líneas de señalización 8. Ésta une el administrador del parque 5 con las instalaciones de control 38 de las distintas plantas de energía eólica 3. El administrador del parque 6 comprende un ordenador director que actúa de instalación de regulación de la potencia 50, con una pluralidad de módulos funcionales 51 a 53, un módulo de medición 56, así como una unidad de entrada/salida 54. A ésta está conectada una conexión de entrada 55. Ésta está realizada para recibir instrucciones de conducción del explotador del parque eólico o del explotador de la red de suministro de energía y transmitir las a la instalación de regulación de potencia 50; eventualmente puede estar también prevista la posibilidad de que haya un canal de retorno para la salida de datos. La instalación de medición de potencia 59 para la energía eléctrica cedida por el parque eólico está conectada al módulo de medición 56. Mediante los módulos funcionales, 51, 52 la instalación de regulación de la potencia 50 regula la potencia reactiva entregada Q y mediante el módulo funcional 53, la potencia activa P entregada.

A continuación se explica la estructura del regulador haciendo referencia a la figura 4. Los módulos funcionales 51, 52 destinados a regular la potencia reactiva Q están realizados como regulador rápido y regulador lento. Un circuito rápido I está formado con el módulo funcional 51 actuando de regulador, los controles del convertidor 37' de las dos plantas de energía eólica 3' del grupo 1 como elemento de ajuste, el correspondiente convertidor 35' como tramo de regulación y la instalación de medición de la potencia 59 con el módulo de medida 56 como retorno. Este último está conectado a una entrada negativa de un circuito sumador 57 en cuya entrada positiva está aplicado un valor de consigna correspondiente a la potencia reactiva Q_s que se ha de entregar. El regulador del módulo funcional 51 es por ejemplo un regulador P o un regulador PD. Su constante de tiempo es corta, estando preferentemente dentro de un campo de 0,5 ms a 10 segundos, preferentemente de 50 ms a 3 segundos. El funcionamiento del circuito regulador rápido se describe haciendo referencia a la figura 4 y a la figura 2a. El valor de consigna Q_s de la potencia reactiva que se ha de entregar lo especifica el explotador del parque eólico o el explotador de la red. Esta especificación puede ser de forma explícita pero también puede resultar de modo implícito, por ejemplo por lo que se llama una estática de tensión. Este valor de consigna se aplica al circuito regulador rápido I. Otro parámetro de entrada es la potencia reactiva Q_i efectivamente entregada. Ésta se aplica igualmente al circuito regulador rápido. Este valor es una magnitud de medida que se determina mediante la instalación de medición de la potencia 59 con el módulo de medida 56, a partir de la tensión entregada, de la intensidad de corriente entregada y de la posición de fase. A partir de ahí el módulo funcional 51 calcula como regulador rápido un valor de ajuste rápido SQ!. Éste se aplica a través de una conexión directa 9 al control del convertidor 37' de las plantas de energía eólica 3' del grupo 1. El control del convertidor 37' controla el convertidor 35' que tiene asignado de acuerdo con las especificaciones de valor de ajuste SQ!. De este modo se controlan los convertidores 35' de tal modo que puedan nivelar rápidamente las magnitudes de interferencia o para que en el caso de que se produzcan saltos del valor de consigna puedan pasar rápidamente al valor nuevo. Para la realimentación sirve entonces la instalación de medida 59 con el módulo de medida 56. De este modo queda cerrado el circuito de regulación rápido I.

Existe además un circuito regulador lento II. Éste comprende el segundo módulo funcional 52 como regulador lento, en cuya salida están conectadas las instalaciones de control 38 de las plantas de energía eólica 3 del grupo 2. En esta entrada está conectado un filtro previo VF opcional. Éste está previsto para llevar a cabo un eventual acondicionamiento o tratamiento de la señal que pueda ser eventualmente necesario. En el ejemplo de realización representado está realizado como filtro de paso bajo. En su entrada está previsto un punto de enlace. En éste está aplicada una entrada del valor de consigna para la potencia reactiva $Q!$, pero que está puesto fijo en 0. Esto significa que el valor de consigna estacionario para el circuito de regulación lento II está puesto a 0. Pero no es infrecuente que esté aplicado un valor distinto a cero, que también puede estar determinado con relación a la potencia entregada (por ejemplo como factor de potencia $\cos \varphi = 0,8$). El punto de enlace está además unido con la salida del módulo funcional 51 del circuito regulador rápido I. Su magnitud de ajuste $SQ!$ se alisa opcionalmente y se aplica al punto de enlace. De este modo se consigue que el valor de consigna del circuito regulador lento II sea asumido por el circuito regulador rápido I. De este modo se consigue un acoplamiento ventajoso de los dos circuitos de regulación I y II. El regulador del segundo módulo funcional 52 está realizado preferentemente para una precisión estacionaria. En el ejemplo de realización que está representado está realizado como regulador PI. Se obtienen también muy buenos resultados con un regulador PID. De este modo se consigue a más largo plazo una precisión estacionaria suficiente. Los parámetros del regulador pueden estar optimizados con relación a este aspecto, ya que para compensar averías dinámicas mayores está previsto el circuito regulador rápido I.

A través de la red general de líneas de señalización 8 están aplicadas a la instalación de control 38 de las plantas de energía eólica del grupo 2 las señales de ajuste $LQ!$ emitidas en la salida del módulo funcional 52. Con ello se ajustan entonces los convertidores 35 de las plantas de energía eólica 3 del grupo 2 de tal modo que se inyecte en la red de modo estacionario el valor de consigna deseado de la potencia reactiva, a través del punto de enlace 69. En este ejemplo de realización, el circuito de regulación lento II no dispone de realimentación propia sino que emplea para ello la realimentación del circuito regulador rápido I formada por la instalación de medida 59 y el módulo de medida 56.

Una variante del esquema representado en la figura 4 se puede ver en la figura 5. Se diferencia principalmente porque el valor de consigna para el circuito de regulación lenta II con el módulo funcional 52 como regulador lento no se toma de la magnitud de ajuste del circuito regulador rápido I a la salida del módulo funcional 51 como regulador rápido, sino que más bien se toma entre el circuito sumador 57 y la entrada del módulo funcional 51. A diferencia de la variante representada en la figura 4, en esta variante el circuito regulador lento II no está realizado principalmente para conseguir una precisión estacionaria de la potencia reactiva entregada sino también para compensar averías. De este modo se pueden emplear también las plantas de energía eólica 3 del grupo 2 para compensar averías o para ayudar en los saltos de valor de consigna. Para poder hacer realidad esta ventaja es necesario proceder a una sintonización cuidadosa de los módulos funcionales 51, 52 como reguladores de los dos circuitos de regulación I y II. En caso contrario existe el riesgo de que lleguen a producirse oscilaciones de regulación debido a los diferentes comportamientos de regulación de los dos módulos funcionales 51, 52. Con el fin de reducir al mínimo este riesgo, el filtro previo VF se ha realizado en el ejemplo de realización representado como filtro supresor de banda. Está dimensionado de tal modo que la curva de paso presenta un mínimo en la zona principal de las averías. De este modo se consigue que para la mayoría de las averías el módulo funcional 51 del circuito regulador rápido 1 realice la regulación por sí solo. Para determinadas averías, especialmente las de alta frecuencia, provocadas por ejemplo por oscilaciones que no puedan ser dominadas por el circuito de regulación rápido I, se conecta adicionalmente el circuito de regulación lento II. Con su mayor número de plantas de energía eólica 3 del grupo 2 puede actuar en esos casos de modo ventajoso realizando una amortiguación de tal modo que se reducen las oscilaciones de alta frecuencia de la potencia reactiva Q .

En la figura 6 está representada una estructura de regulación correspondiente a otro ejemplo de realización alternativo conforme a la reivindicación subordinada. En este ejemplo de realización y a diferencia de los ejemplos de realización antes descritos, el administrador del parque no está realizado para efectuar la regulación del primer grupo de plantas de energía eólica sino que regula únicamente el segundo grupo II de plantas de energía eólica. Para ello el administrador del parque está dotado en la forma antes descrita, de la instalación de medida 59 y del módulo de medida 56. El circuito regulador lento II está además conectado a una entrada de valor de consigna para el valor de consigna Q_s de la potencia reactiva que se ha de entregar. De este modo se consigue con el administrador del parque 5 la regulación de la potencia reactiva Q , concretamente como circuito regulador lento II. Para el circuito regulador rápido I está previsto que también a través de la instalación de medida 59 se capte la potencia teórica efectivamente entregada. Para continuar el tratamiento está previsto un módulo de medida especial 156 así como un módulo especial 151 que actúa como regulador rápido. El módulo especial 151 y preferentemente también el módulo de medida 156 están integrados convenientemente en la instalación de control 38 de la planta eólica del circuito regulador rápido I. Esto es especialmente conveniente si, tal como aquí se supone, al circuito regulador rápido le está asignada una sola planta de energía eólica. A la entrada del módulo especial 151, como regulador rápido, vuelve a estar conectado a través de un circuito sumador especial 157 nuevamente el valor de consigna Q_s correspondiente a la potencia reactiva que se ha de entregar, así como con signo negativo, la potencia reactiva medida efectivamente entregada. Debido a la integración de los módulos especiales 156 y 151 en la instalación de control 38 de la planta de energía eólica del circuito regulador rápido I se puede actuar de forma directa y sin rodeos sobre el convertidor 35' de esta planta de energía eólica. De este modo resulta posible obtener una dinámica de

regulación elevada. Las averías o saltos de valor de consigna se pueden regular de este modo rápidamente. Además de esto, esta forma de realización ofrece la ventaja de ser de concepción sencilla y no requerir modificaciones en el administrador del parque 5.

REIVINDICACIONES

1.- Parque eólico con una pluralidad de plantas de energía eólica (3, 3') que generan energía eléctrica para ser inyectada en una red, y con un administrador del parque (5) para controlar las plantas de energía eólica (3, 3'), presentando las plantas de energía eólica (3, 3') un generador (34, 34') accionado por medio de un rotor (32, 32'), y donde el administrador del parque (5) comprende una instalación de regulación de potencia realizada con varios circuitos, donde un primer circuito (I) actúa sobre un primer grupo (1) de las plantas de energía eólica (3'), y un segundo circuito (II) actúa sobre un segundo grupo (2) de las plantas de energía eólica (3),

caracterizado porque

la instalación de regulación de potencia realizada con varios circuitos es un regulador de potencia reactiva, cuyo primer circuito (I) comprende un regulador rápido (51) que presenta una dinámica considerablemente superior a la de un regulador lento (52) del segundo circuito (II), reaccionando el regulador rápido (51) con mayor rapidez ante los saltos de conducción y/o las magnitudes de avería.

2.- Parque eólico según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el circuito rápido y el circuito lento (I, II) están realizados en cascada.

3.- Parque eólico según la reivindicación 2, **caracterizado porque** una señal de ajuste del regulador rápido (51) está conectada al regulador lento (52) como señal de conducción.

4.- Parque eólico según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el regulador rápido (51) actúa directamente sobre los convertidores (37') de las plantas de energía eólica (3') del primer grupo (1).

5.- Parque eólico según la reivindicación 4, **caracterizado porque** la salida del regulador rápido (51) actúa sobre los convertidores (37') a través de unas líneas de transmisión independientes.

6.- Parque eólico según la reivindicación 4, **caracterizado porque** la salida del regulador rápido (51) actúa sobre los convertidores (37') a través de una red independiente de datos de alta velocidad (9).

7.- Parque eólico según una de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** las plantas de energía eólica (3') del primer grupo (1) están situadas eléctricamente próximas a un punto de enlace (69).

8.- Parque eólico según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el regulador rápido (51) está realizado para compensar averías y el regulador lento (52) está realizado para obtener una precisión estacionaria.

9.- Parque eólico según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** una magnitud de conducción está aplicada al regulador a través de una entrada de control (55) para valores especificados.

10.- Parque eólico con una pluralidad de plantas de energía eólica (3, 3') que generan energía eléctrica para ser inyectada en una red, con un administrador del parque (5) para efectuar el control de las plantas de energía eólica (3, 3'), presentando las plantas de energía eólica (3, 3') un generador (34, 34') accionado por medio de un rotor (32, 32') y donde el administrador del parque comprende un regulador de potencia de una instalación de regulación de potencia realizada con varios circuitos, estando las plantas de energía eólica (3, 3') subdivididas en un primer y en un segundo grupo (1, 2), un primer circuito (I) que actúa sobre el primer grupo (1) y un segundo circuito (II) que actúa sobre el segundo grupo (2),

caracterizado porque

el regulador de potencia, como regulador lento (52), es parte del segundo circuito (II) lento de una estructura de varios circuitos que actúa sobre el segundo grupo (2), que presenta adicionalmente para el primer circuito (I) rápido un regulador rápido (51) con una dinámica considerablemente superior a la del regulador lento (52), que reacciona con mayor rapidez ante los saltos de conducción y/o de la magnitud de interferencia y que actúa sobre el primer grupo (1), siendo la instalación de regulación de potencia realizada en varios circuitos un regulador de potencia reactiva.

11.- Procedimiento para la explotación de un parque eólico con una pluralidad de plantas de energía eólica (3, 3') que generan energía eléctrica para ser inyectada en una red, con un administrador del parque (5) para efectuar el control de las plantas de energía eólica (3, 3'), presentando las plantas de energía eólica cada una un generador (34, 34') accionado por medio de un rotor (32, 32'), y presentando el administrador del parque (5) una instalación de regulación de potencia, en la que un primer circuito (I) actúa sobre un primer grupo (1) de las plantas de energía eólica (3') y un segundo circuito (II) actúa sobre un segundo grupo (2) de las plantas de energía eólica (3),

comprendiendo los pasos de

lectura de un valor de especificación,

cálculo de los valores de ajuste para la potencia eléctrica de las plantas de energía eólica (3) que se ha de entregar a la red, conforme a un algoritmo de regulación,

salida de los valores de ajuste a las plantas de energía eólica (3, 3'),

caracterizado por

- 5 el cálculo de un primer valor de consigna para la potencia que ha de ser entregada por un primer grupo (1) de plantas de energía eólica (3') en un primer circuito (I) del algoritmo de regulación, y
- 10 el cálculo de un segundo valor de consigna para un segundo grupo (2) de plantas de energía eólica (3) en un segundo circuito (II) del algoritmo de regulación, estando previsto para el primer circuito (I) una dinámica considerablemente superior a la del segundo circuito (II), presentando el segundo circuito (II) un regulador lento (52), y el primer circuito (I) un regulador rápido (51), reaccionando el regulador rápido (51) con mayor rapidez ante los saltos de conducción y/o de magnitud de una avería, siendo la instalación de regulación de potencia realizada en varios circuitos, un regulador de potencia reactiva.
- 12.- Procedimiento según la reivindicación 11, **caracterizado por** la explotación de un parque eólico con las características según una de las reivindicaciones 1 a 9.

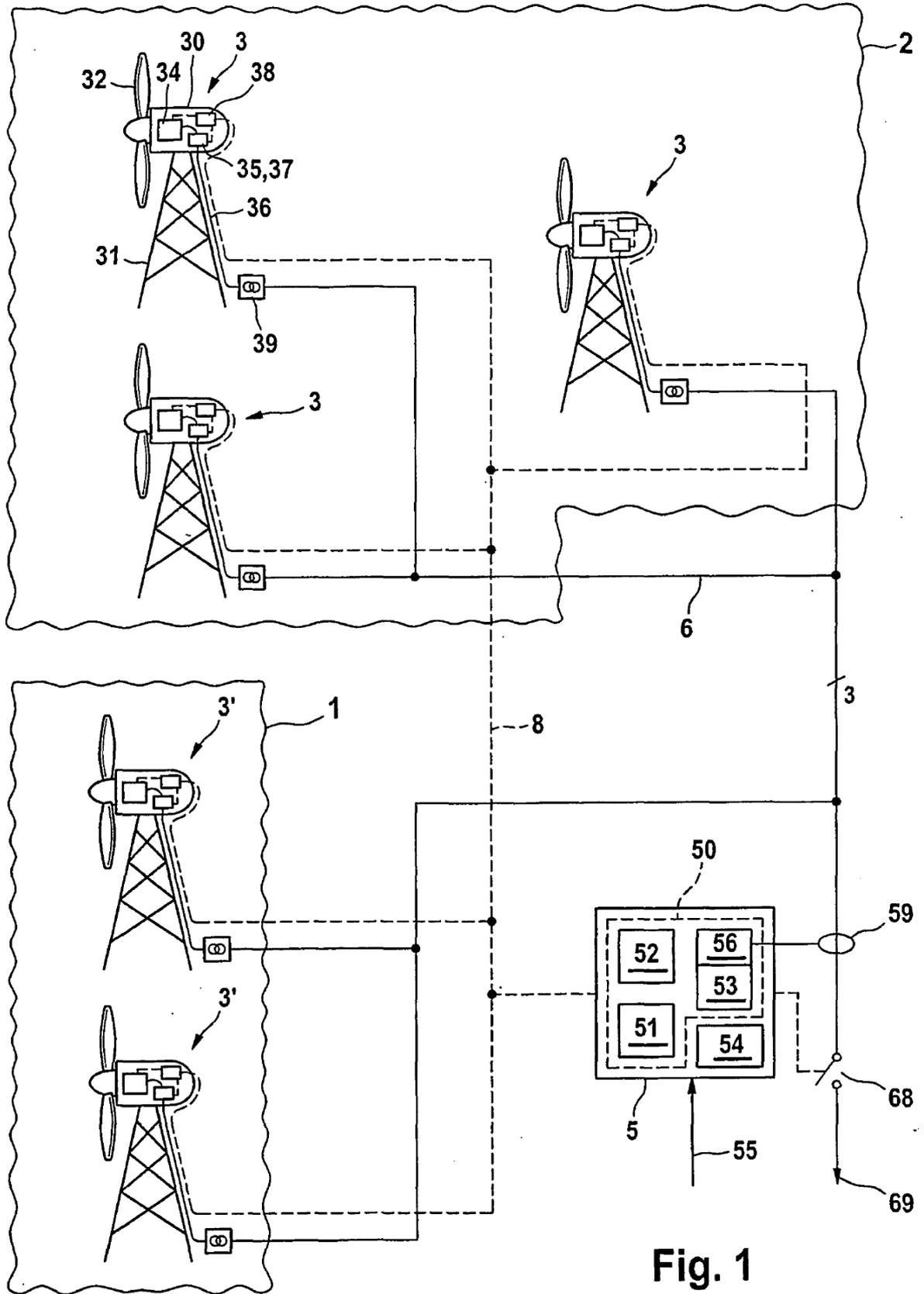


Fig. 1

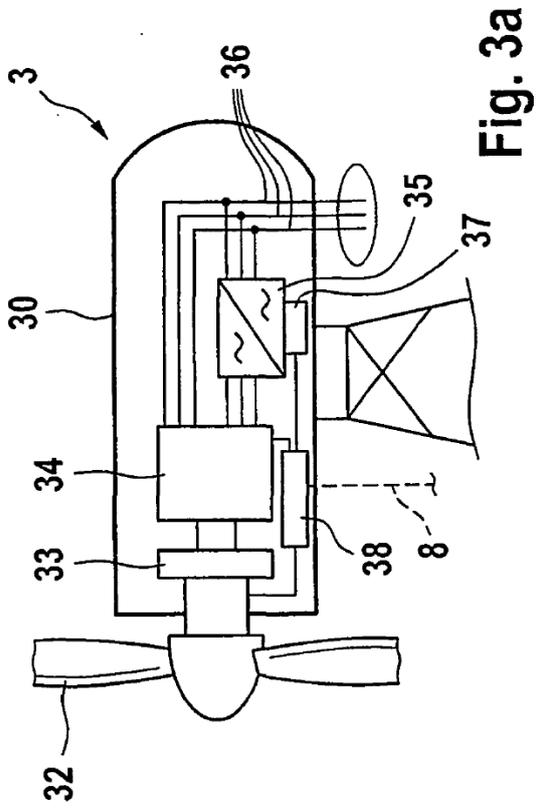


Fig. 3a

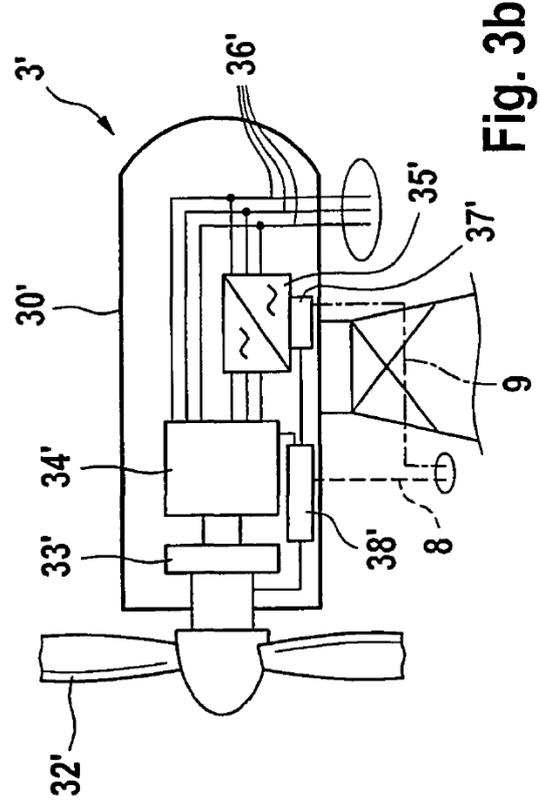


Fig. 3b

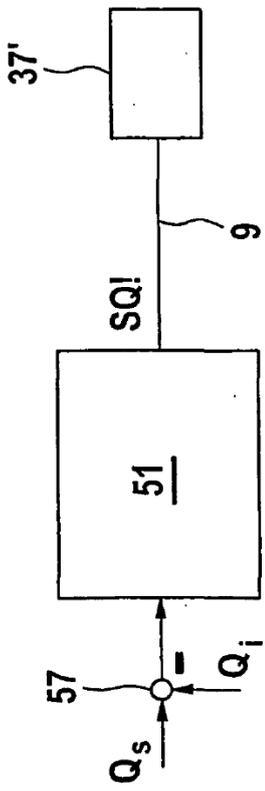


Fig. 2a

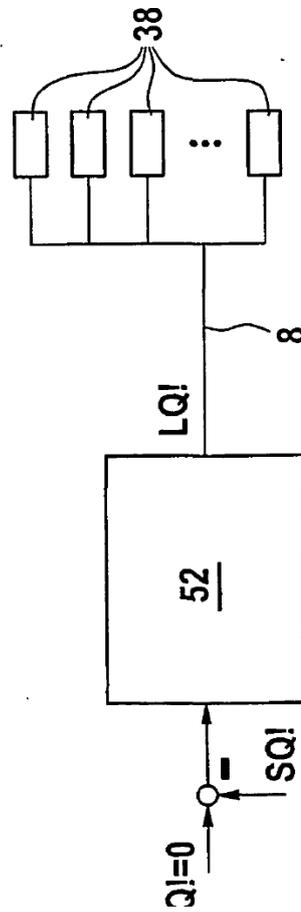


Fig. 2b

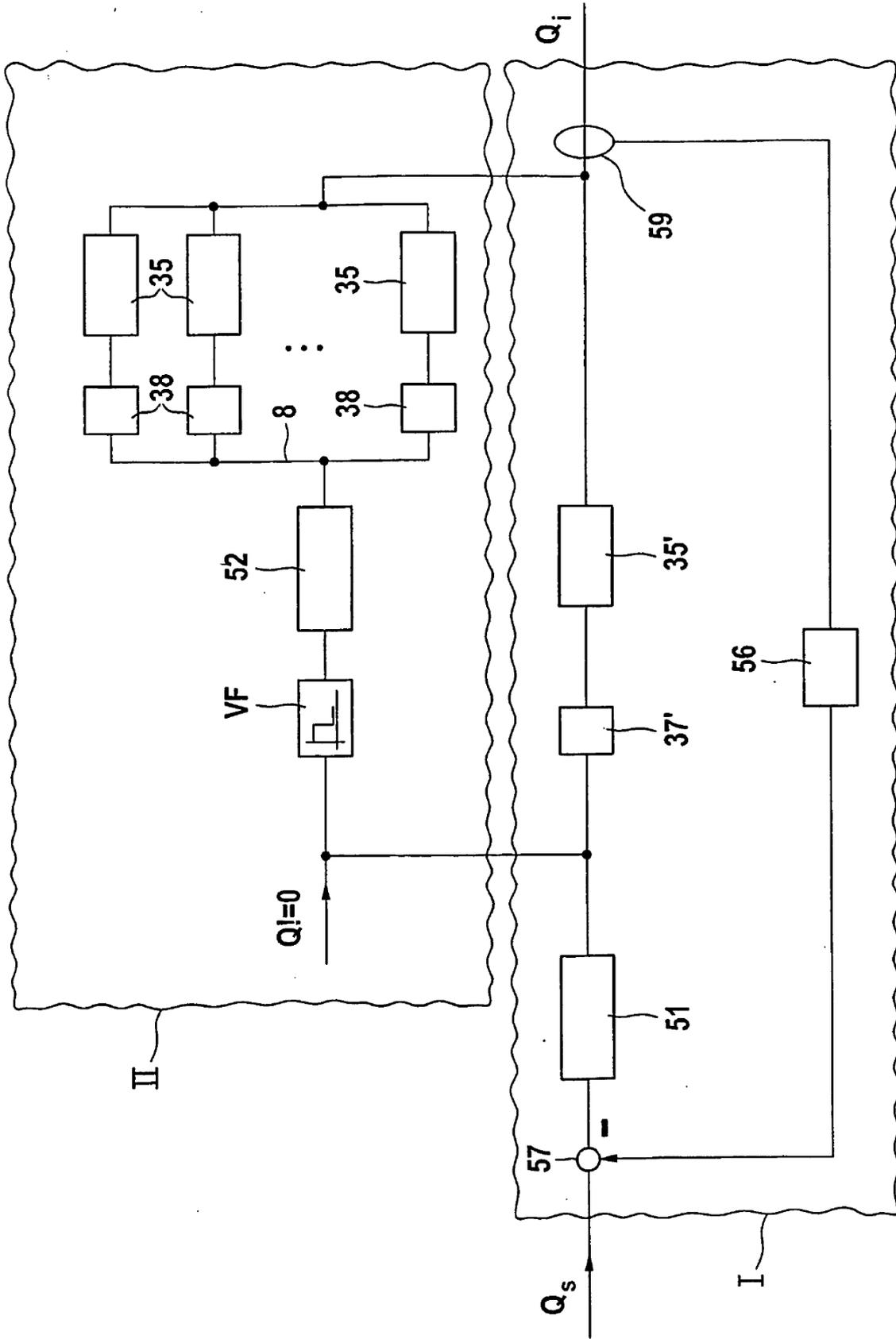


Fig. 4

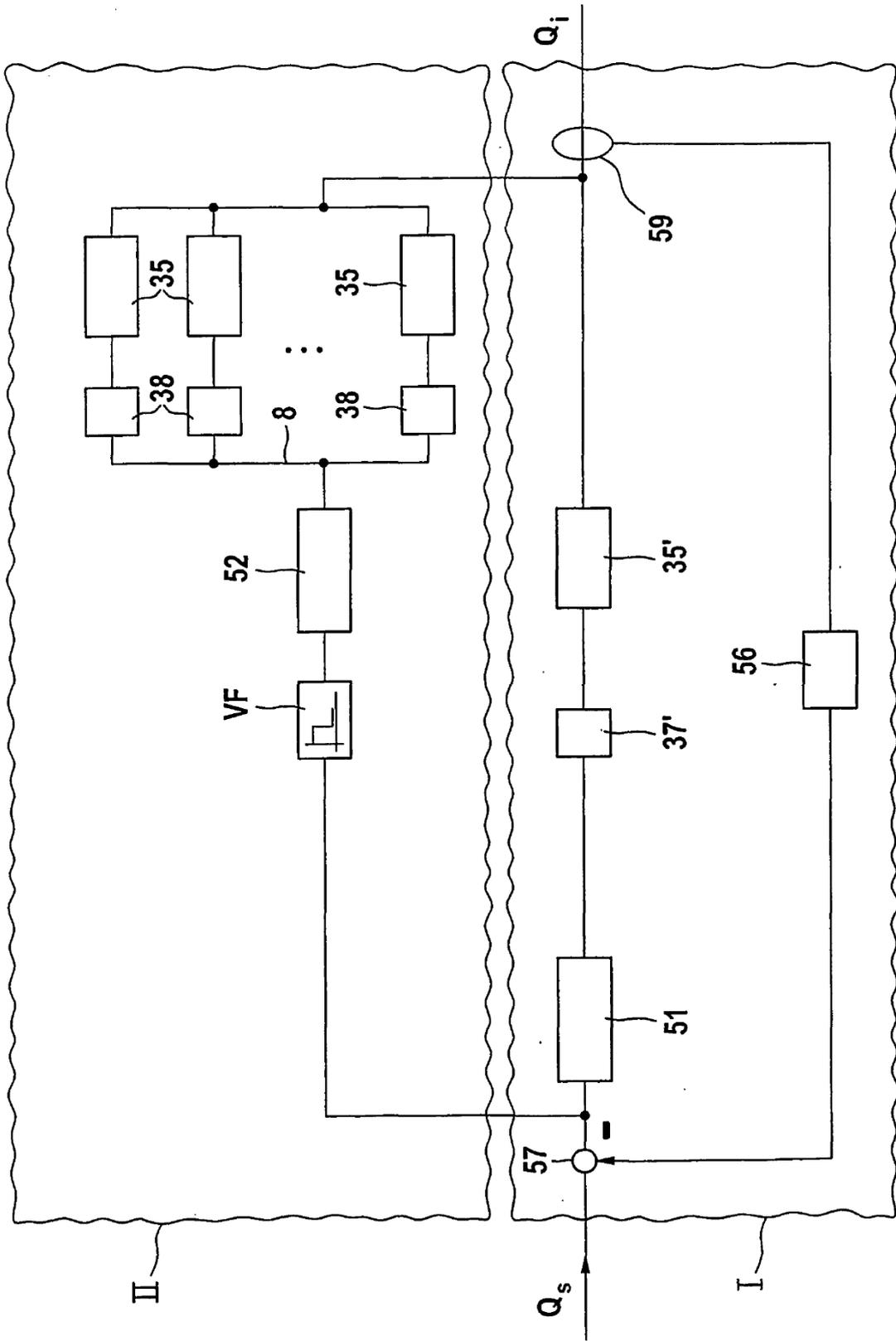


Fig. 5

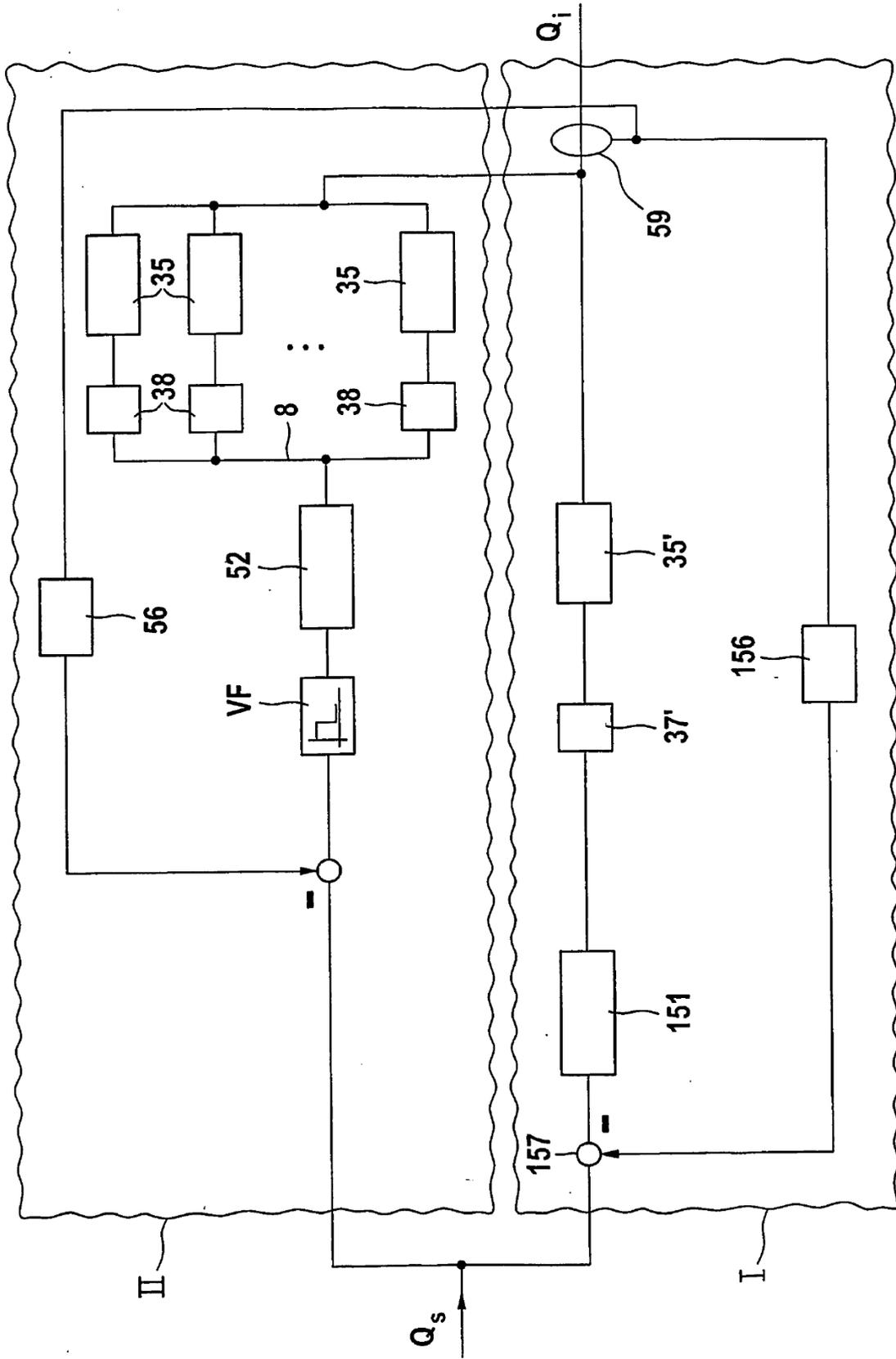


Fig. 6