



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 347 711**

51 Int. Cl.:
H02P 21/00 (2006.01)
H02P 9/00 (2006.01)
H02P 6/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07729685 .3**
96 Fecha de presentación : **30.05.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2027648**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **25.02.2009**

54 Título: **Limitación de corriente para una máquina asíncrona de doble alimentación.**

30 Prioridad: **12.06.2006 DE 10 2006 027 465**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
03.11.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
03.11.2010

73 Titular/es: **Woodward SEG GmbH & Co. KG.**
Krefelder Weg 47
47906 Kempen, DE

72 Inventor/es: **Engelhardt, Stephan y**
Geniusz, Andrzej

74 Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

ES 2 347 711 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

Limitación de corriente para una máquina asíncrona de doble alimentación.

5 La presente invención concierne a un procedimiento y un dispositivo para regular las potencias activa y reactiva cedidas o absorbidas de una máquina asíncrona de doble alimentación, en la que se deberá limitar la corriente de la máquina.

10 La máquina asíncrona de doble alimentación es una máquina asíncrona cuyo estator se hace funcionar generalmente con una tensión de amplitud y frecuencia constantes y, por ejemplo, está unido con una red eléctrica. El rotor de una máquina asíncrona de doble alimentación está unido eléctricamente, a través de anillos rozantes, con un convertidor, preferiblemente un inversor de pulsación. Se puede imprimir así en el rotor una tensión con amplitud y frecuencia variables. La máquina asíncrona de doble alimentación hace posible el funcionamiento con tensión de estator o tensión de red constante y con número variable de revoluciones del rotor. Mediante una unidad de control se puede activar el convertidor de modo que se puedan regular las potencias activa y reactiva cedidas o absorbidas por la máquina asíncrona de doble alimentación. La máquina asíncrona de doble alimentación se utiliza, por ejemplo, en instalaciones de energía eólica de alta potencia, como generador de olas y en combinación con acumuladores de masa centrífuga.

15 Para proteger la máquina y el convertidor contra una sobrecarga térmica no se deberá sobrepasar una corriente máxima admisible. Hay que distinguir aquí una corriente estática máxima admisible y una corriente dinámica máxima admisible.

20 La corriente estática máxima admisible puede depender de diferentes factores, por ejemplo de la frecuencia de resbalamiento de la máquina, la temperatura ambiente o la frecuencia de conmutación del convertidor. Sin embargo, la corriente estática máxima admisible depende también de la refrigeración de la máquina y del convertidor. En caso de una refrigeración forzada por aire producida por un ventilador separado, la corriente admisible puede depender también de la tensión del ventilador, la cual corresponde en general a la tensión de la red.

25 En sistemas con carga permanente es suficiente la fijación de una corriente estática máxima admisible. En sistemas con cargas continuamente cambiantes existe en general el requisito de admitir una holgura de carga definida para no tener que diseñar el sistema para una carga permanente correspondiente a la máxima carga de corta duración. Se admite aquí por breve tiempo una corriente superior a la corriente permanente admisible. Simplificando, se parte en general de que las potencias de pérdida y, por tanto, la carga térmica del sistema aumentan proporcionalmente al cuadrado de la intensidad de corriente. Para no sobrecargar el sistema hay que asegurarse de que el valor medio temporal del cuadrado de la intensidad de corriente no sobrepase el cuadrado de la intensidad de corriente permanente máxima admisible. De esta manera, se define una corriente dinámica máxima admisible.

30 Frecuentemente, para la regulación de las potencias activa y reactiva cedidas o absorbidas de una máquina asíncrona de doble alimentación se emplea una estructura de regulación en cascada. En este caso, existe un respectivo regulador para potencia activa y para potencia reactiva. Las salidas de los reguladores de potencia representan los valores nominales de la corriente para reguladores de corriente subordinados. Los valores nominales de la corriente se comparan con los valores reales. Las señales diferencia forman la entrada para los reguladores de corriente subordinados. La limitación de la corriente a un valor máximo admisible, sea ahora un valor de corriente estático máximo admisible o un valor de corriente dinámico máximo admisible, puede realizarse en una disposición de esta clase de una manera muy sencilla mediante la limitación de las salidas de los reguladores de potencia activa y de potencia reactiva. Sin embargo, esta estructura de regulación adolece de claros inconvenientes: Debido a la estructura en cascada con los reguladores de corrientes subordinados se tienen que aceptar restricciones respecto de la dinámica. Mediante determinadas estructuras de regulador se puede mejorar ciertamente la dinámica, pero tales estructuras de regulador imponen altos requisitos al ajuste de parámetros. Solamente una estructura de regulador cuidadosamente sintonizada con la respectiva instalación puede mejorar la dinámica de la regulación.

35 Se conocen por el documento GB 2 411 252 A un procedimiento y un dispositivo para regular una corriente de una máquina asíncrona de doble alimentación, en los que se regulan las potencias activa y reactiva absorbidas o cedidas con ayuda de valores nominales prefijados.

40 Se conoce por el documento GB 2 410 386 A el recurso de limitar en una máquina asíncrona de doble alimentación las corrientes y tensiones de salida con ayuda de valores límites prefijados.

45 Debido a los inconvenientes anteriormente descritos hay que aspirar, en caso de altos requisitos dinámicos, a que se prescindan de reguladores de corriente subordinados.

50 A este fin, es imaginable en principio limitar la corriente indirectamente, en concreto mediante una limitación de los valores nominales de las potencias activa y reactiva cedidas o absorbidas. Sería imaginable para ello obtener y utilizar una curva característica con valores nominales máximos admisibles de las potencias activa y reactiva cedidas o absorbidas en función de diferentes magnitudes de influencia. Tales magnitudes de influencia podrían ser, por ejemplo, la tensión, la frecuencia o el número de revoluciones. No obstante, las otras muchas magnitudes de influencia conducirían inevitablemente a inexactitudes relativamente grandes de las curvas características precalculadas. Esto tendría la consecuencia de que en muchos estados de funcionamiento se tendrían que limitar las corrientes más fuertemente de lo

ES 2 347 711 T3

que sería necesario para proteger la instalación. Por tanto, el convertidor y la máquina tendrían que diseñarse con este concepto de protección para una potencia correspondientemente más alta a fin de garantizar siempre el mantenimiento de los valores admisibles; sin embargo, este mantenimiento permanente de los valores admisibles es irrenunciable.

- 5 Por tanto, el problema de la presente invención consiste en limitar fiablemente la corriente de una máquina asíncrona de doble alimentación, cuyas potencias activa y reactiva cedidas o absorbidas sean reguladas, de modo que no se influya sobre la dinámica de la regulación de potencia y la instalación pueda diseñarse para una potencia lo más pequeña posible.
- 10 Para resolver el problema anteriormente citado se proponen un procedimiento con las características de la reivindicación 1 y un dispositivo con las características de la reivindicación 14.

Ejecuciones ventajosas de la invención están descritas en las reivindicaciones subordinadas.

- 15 Para resolver el problema citado se propone un procedimiento para limitar una corriente de una máquina asíncrona de doble alimentación, en donde se regulan las potencias activa y reactiva cedidas o absorbidas de la máquina asíncrona de doble alimentación y en donde se determinan durante el funcionamiento de la máquina asíncrona de doble alimentación con ayuda de un modelo de la máquina asíncrona, a partir de la corriente máxima admisible, un valor nominal máximo admisible de la potencia activa a ceder o absorber y un valor nominal máximo admisible de la potencia reactiva a ceder o absorber de tal manera que no se sobrepase esta corriente máxima admisible, y en donde se limitan los valores nominales prefijados de potencia activa y potencia reactiva a los valores máximos admisibles calculados.

- Por tanto, en la solución según la invención ya no son necesarios reguladores de corriente subordinados, puesto que se limitan los valores nominales de las potencias activa y reactiva cedidas o absorbidas y se realice así indirectamente la limitación de corriente. En contraste con una solución por curva característica anteriormente explicada, no se calculan de antemano los valores nominales máximos admisibles de las potencias activa y reactiva cedidas o absorbidas, sino que se calculan estos valores durante el funcionamiento de la máquina asíncrona de doble alimentación - preferiblemente empleando una realimentación adecuada -. Se pueden determinar así individualmente para el respectivo punto de trabajo los valores nominales máximos admisibles de las potencias activa y reactiva a ceder o absorber.

- 30 En una forma de realización preferida de la invención se aprovecha para fines de corrección, al calcular los valores nominales máximos admisibles para las potencias activa y reactiva, al menos el valor real de la corriente que se debe limitar.

- 35 Según la invención, en caso de que se indique una prioridad potencia activa, se calcula primero el valor máximo admisible de la potencia activa a ceder o absorber y el valor nominal máximo admisible de la potencia reactiva a ceder o absorber se determina en función del valor nominal de la potencia activa a ceder o absorber. En caso de que se indique una prioridad potencia reactiva, se determina primero el valor nominal máximo admisible de la potencia reactiva a ceder o absorber y el valor nominal máximo admisible de la potencia activa a ceder o absorber se determina en función del valor nominal máximo admisible de la potencia reactiva a ceder o absorber.

- 40 En caso de que se indique una prioridad potencia activa, se produce prioritariamente potencia activa, es decir que se reduce primero la potencia reactiva. Se fija esta prioridad, por ejemplo, para la amortiguación de una línea de impulsión. En caso de que se indique una prioridad potencia reactiva, se produce prioritariamente potencia reactiva, es decir que se reduce primero la potencia activa en el caso de una corriente demasiado alta. Se indica una prioridad potencia reactiva, por ejemplo, con fines de apoyo de la tensión.

La indicación de una prioridad potencia activa o potencia reactiva hace posible de manera ventajosa la adaptación de la instalación con máquina asíncrona de doble alimentación a las respectivas condiciones.

- 50 Según otra forma de realización preferida de la presente invención, se obtiene por medio de un modelo simplificado de la máquina asíncrona de doble alimentación, a partir de la corriente máxima admisible, una potencia aparente máxima admisible.

- 55 Para la protección térmica de la máquina asíncrona de doble alimentación y del convertidor correspondiente a ésta es necesaria la limitación del valor absoluto de la corriente. Es insignificante a este respecto el que se trate de una corriente activa o una corriente reactiva. Por tanto, la corriente máxima admisible representa una corriente aparente. Empleando un modelo simplificado, resulta así especialmente sencillo obtener una potencia aparente máxima admisible a partir de la corriente aparente máxima admisible. Esta forma de realización es especialmente universal.
- 60 Puede ser utilizada con independencia de si se indica una prioridad potencia activa o una prioridad potencia reactiva o si se fija una relación determinada de potencia activa y potencia reactiva, es decir, un factor de potencia.

- Según otra forma de realización preferida de la presente invención, en caso de que se indique una prioridad potencia activa, se calcula el valor nominal máximo admisible de la potencia activa a ceder o absorber a partir de la potencia aparente máxima admisible y una potencia de corrección, y el valor nominal máximo admisible de la potencia reactiva a ceder o absorber se determina a partir del valor real de la potencia activa cedida o absorbida, la potencia activa de corrección y una potencia reactiva de corrección.

ES 2 347 711 T3

La potencia aparente máxima admisible se determina por medio de un modelo simplificado. Por este motivo, la potencia aparente máxima admisible puede desviarse en realidad tanto hacia arriba como hacia abajo. Por tanto, en caso de que se indique una prioridad potencia activa, no solamente se deberá obtener a partir de la potencia aparente máxima admisible el valor nominal máximo admisible de la potencia activa a ceder o absorber, sino que, por el contrario, es especialmente ventajoso solicitar la potencia aparente máxima admisible con una potencia activa de corrección. En caso de que se indique una prioridad potencia activa, se determina ahora de manera ventajosa, para un aprovechamiento óptimo de la instalación, el valor nominal máximo admisible de la potencia reactiva a ceder o absorber, de modo que, teniendo en cuenta los valores de corrección para potencia activa y potencia reactiva, no se sobrepase la potencia aparente máxima admisible. Por tanto, resulta evidente que, para la obtención del valor nominal máximo admisible de la potencia reactiva cedida o absorbida, se tiene en cuenta el valor real de la potencia activa a ceder o absorber.

Según otra forma de realización preferida de la presente invención, en caso de que se indique una prioridad potencia reactiva, se determina el valor nominal máximo admisible de la potencia reactiva a ceder o absorber a partir de la potencia aparente máxima admisible y una potencia reactiva de corrección, y el valor nominal máximo admisible de la potencia activa a ceder o absorber se determina a partir del valor real de la potencia reactiva cedida o absorbida, la potencia reactiva de corrección y una potencia activa de corrección.

Según otra forma de realización preferida de la presente invención, se determina la potencia activa de corrección por medio de una ley de adaptación a partir del valor real y un valor de aproximación para la potencia activa absorbida o cedida, consistiendo el valor de aproximación en la suma de la potencia activa de corrección retroalimentada y una potencia activa que se obtiene por medio del modelo simplificado de la máquina asíncrona de doble alimentación.

Según otra forma de realización preferida de la presente invención, se determina la potencia reactiva de corrección por medio de una ley de adaptación a partir del valor real y un valor de aproximación para la potencia reactiva absorbida o cedida, consistiendo el valor de aproximación en la suma de la potencia reactiva de corrección retroalimentada y una potencia reactiva que se obtiene por medio del modelo simplificado de la máquina asíncrona de doble alimentación.

Por tanto, la obtención de los valores de corrección para potencias activa y reactiva se efectúe preferiblemente con un observador. El observador consiste en un modelo sencillo con una realimentación adecuada que cuida de que los valores de aproximación sean puestos en coincidencia con las magnitudes medidas del sistema. Esta coincidencia se consigue con ayuda de una ley de adaptación. La ley de adaptación tiene que elegirse de modo que el proceso de adaptación se efectúe en forma estable. Una sencilla puesta en práctica para una ley de adaptación es la evaluación de la diferencia de valor de aproximación y valor real por medio de un regulador o un filtro. Las magnitudes de sistema del observador son la potencia activa y la potencia reactiva. El modelo simplificado calcula unas potencias activa y reactiva de modelo a partir del valor real de la corriente a limitar y de la tensión. La realimentación añade a ello un valor de corrección para potencia activa o potencia reactiva de tal manera que esta suma sea puesta en coincidencia con las potencias activa y reactiva a regular que se deben ceder o absorber.

En general, se parte de la consideración de que la máquina asíncrona de doble alimentación se hace funcionar en un red trifásica simétrica. Sin embargo, esto no siempre se da en la práctica. Debido a asimetrías ocurre que, aparte del cosistema, se presenta también un contrasistema en tensiones y corrientes. Las corrientes y tensiones medidas, que son necesarias para la regulación de las potencia activa y reactiva a ceder o absorber o para la realización de la limitación de corriente, pueden descomponerse en cosistema y contrasistema con ayuda de procedimientos conocidos. Tales procedimientos pueden encontrarse, por ejemplo, en la disertación de H. Wrede, "Beiträge zur Erhöhung von Versorgungssicherheit und Spannungsqualität in der Übertragung und Verteilung elektrischer Energie durch leistungselektronische Betriebsmittel", aparecida en 2004 en la Editorial Shaker.

La componente contrasistema de la corriente conduce a una carga térmica adicional, de modo que, según otra forma de realización preferida de la presente invención, la potencia aparente máxima admisible se determina a partir de magnitudes cosistema, y la componente cosistema máxima admisible de la corriente se determina aminorando la corriente máxima admisible en la medida de la componente contrasistema del valor real de la corriente.

Según otra forma de realización preferida de la presente invención, en lugar del valor real de la potencia activa cedida o absorbida se emplea el valor real de la potencia activa cosistema cedida o absorbida y en lugar del valor real de la potencia reactiva cedida o absorbida se emplea el valor real de la potencia reactiva cosistema cedida o absorbida.

La potencia total de las porciones de oscilación fundamental para un sistema sin puesta a tierra del punto neutro se compone de la suma de cuatro productos, a saber, el producto de las componentes cosistema de corriente y tensión, el producto de las componentes contrasistema de corriente y tensión, el producto de la componente cosistema de la tensión y la componente contrasistema de la corriente, así como el producto de la componente contrasistema de la tensión y la componente contrasistema de la corriente. En particular, los productos de las componentes cosistema y contrasistema pueden conducir a problemas en la regulación de potencia y la limitación de corriente, ya que resultan de ellos potencias cambiantes. A una velocidad de oscilación fundamental de 50 Hz, estas potencias cambiantes tienen una frecuencia de 100 Hz. Por el contrario, los productos que se forman solamente a base de componentes contrasistema o componentes cosistema dan como resultado magnitudes iguales en el caso estacionario. La potencia cosistema se calcula reduciendo la potencia total en la medida de los productos de componentes cosistema y contrasistema y del producto de las componentes contrasistema.

ES 2 347 711 T3

Según otra forma de realización preferida de la presente invención, se emplean magnitudes cosistema para la obtención de la potencia activa y la potencia reactiva por medio del modelo simplificado de la máquina asíncrona de doble alimentación.

5 Según otra forma de realización preferida de la presente invención, se limita la corriente del rotor de la máquina asíncrona de doble alimentación.

Según otra forma de realización preferida de la presente invención, se limita la corriente del estator de la máquina asíncrona de doble alimentación.

10 Según otra forma de realización preferida de la presente invención, se regulan las potencias activa y reactiva del estator de la máquina asíncrona de doble alimentación.

15 Según otra forma de realización preferida de la presente invención, se regulan las potencias activa y reactiva de la red a la que está conectada la máquina asíncrona de doble alimentación.

Para resolver el problema se propone también un dispositivo para regular las potencias activa y reactiva cedidas o absorbidas de una máquina asíncrona de doble alimentación, en donde el dispositivo comprende medios para limitar una corriente de la máquina asíncrona de doble alimentación y se caracteriza porque se determinan con los medios durante el funcionamiento de la máquina asíncrona de doble alimentación, ayudándose de un modelo de la máquina asíncrona y partiendo de una corriente máxima admisible, un valor nominal máximo admisible de la potencia activa a ceder o absorber y un valor nominal máximo admisible de la potencia reactiva a ceder o absorber de tal manera que no se sobrepase dicha corriente máxima admisible.

25 El dispositivo según la presente invención puede ser, por ejemplo, un aparato de control para activar el convertidor, que esté equipado con interfaces para recibir valores de medida y consignas de valor de medida y que presente uno o varios microcontroladores para evaluar las señales de interfaz y ejecutar la regulación.

Según la invención, el dispositivo comprende medios para indicar una prioridad, obteniéndose primeramente con los medios, en caso de que se indique una prioridad potencia activa, el valor nominal máximo admisible de la potencia activa a ceder o absorber y el valor nominal máximo admisible de la potencia reactiva a ceder o absorber en función del valor nominal de la potencia activa a ceder o absorber, y obteniéndose primeramente con los medios, en caso de que se indique una prioridad potencia reactiva, el valor nominal máximo admisible de la potencia reactiva a ceder o absorber y el valor nominal máximo admisible de la potencia activa a ceder o absorber en función del valor nominal máximo admisible de la potencia reactiva a ceder o absorber.

Según otra forma de realización preferida de la presente invención, los medios obtienen una potencia aparente máxima admisible a partir de la corriente máxima admisible empleando un modelo simplificado de la máquina asíncrona de doble alimentación.

40 Según otra forma de realización preferida de la presente invención, se determina con los medios, en caso de que se indique una prioridad potencia activa, el valor nominal máximo admisible de la potencia activa a ceder o absorber a partir de la potencia aparente máxima admisible y una potencia activa de corrección, y se determina con los medios el valor nominal máximo admisible de la potencia reactiva a ceder o absorber a partir del valor real de la potencia activa cedida o absorbida, la potencia activa de corrección y una potencia reactiva de corrección.

Según otra forma de realización preferida de la presente invención, se determina con los medios, en caso de que se indique una prioridad potencia reactiva, el valor nominal máximo admisible de la potencia reactiva a ceder o absorber a partir de la potencia aparente máxima admisible y una potencia reactiva de corrección, y se determina con los medios el valor nominal máximo admisible de la potencia activa a ceder o absorber a partir del valor real de la potencia reactiva cedida o absorbida, la potencia reactiva de corrección y una potencia activa de corrección.

55 Según otra forma de realización preferida de la presente invención, se determina la potencia activa de corrección por medio de una unidad de adaptación a partir del valor real y un valor de aproximación para la potencia activa absorbida o cedida, consistiendo el valor de aproximación en la suma de la potencia activa de corrección retroalimentada y una potencia activa que se calcula con los medios empleando el modelo simplificado de la máquina asíncrona de doble alimentación.

60 Según otra forma de realización preferida de la presente invención, se determina la potencia reactiva de corrección por medio de una unidad de adaptación a partir del valor real y un valor de aproximación para la potencia reactiva absorbida o cedida, consistiendo el valor de aproximación en la suma de la potencia reactiva de corrección retroalimentada y una potencia reactiva que se calcula con los medios empleando el modelo simplificado de la máquina asíncrona de doble alimentación.

65 Según otra forma de realización preferida de la presente invención, se determina con los medios la potencia aparente máxima admisible a partir de magnitudes cosistema y se determina la componente cosistema máxima admisible de la corriente con medios para reducir la corriente máxima admisible en la medida de la componente contrasistema del valor real de la corriente.

ES 2 347 711 T3

Según otra forma de realización preferida de la presente invención, los medios emplean el valor real de la potencia activa cosistema cedida o absorbida en lugar del valor real de la potencia activa cedida o absorbida y el valor real de la potencia reactiva cosistema cedida o absorbida en lugar del valor real de la potencia reactiva cedida o absorbida.

5 Según otra forma de realización preferida de la presente invención, los medios emplean magnitudes cosistema para calcular la potencia activa y la potencia reactiva utilizando el modelo simplificado de la máquina asíncrona de doble alimentación.

10 Según otra forma de realización preferida de la presente invención, se limita la corriente del rotor de la máquina asíncrona de doble alimentación.

Según otra forma de realización preferida de la presente invención, se limita la corriente del estator de la máquina asíncrona de doble alimentación.

15 Según otra forma de realización preferida de la presente invención, se regulan las potencias activa y reactiva del estator de la máquina asíncrona de doble alimentación.

20 Según otra forma de realización preferida de la presente invención, se regulan las potencias activa y reactiva de la red a la que está conectada la máquina asíncrona de doble alimentación.

En lo que sigue se explica con más detalle un ejemplo de realización de la presente invención haciendo referencia a los dibujos.

Muestran:

25 La figura 1, una representación esquemática de una estructura de regulación para regular las potencias activa y reactiva cedidas o absorbidas de la máquina asíncrona de doble alimentación sin reguladores de corriente subordinados;

30 La figura 2, una representación esquemática de un procedimiento según la invención para determinar los valores nominales máximos admisibles de las potencias activa y reactiva a ceder o absorber;

La figura 3, una representación esquemática de un procedimiento para obtener la potencia activa de corrección; y

35 La figura 4, una representación esquemática de un procedimiento para obtener la potencia reactiva de corrección.

La presente invención concierne a la regulación de las potencias activa y reactiva cedidas o absorbidas de una máquina asíncrona de doble alimentación, en donde se limita la corriente de la máquina. En lo que sigue se explica la invención con el ejemplo de la limitación de la corriente del rotor de una máquina asíncrona de doble alimentación, cuyas potencias activa y reactiva cedidas a la red o absorbidas son reguladas.

45 La figura 1 muestra la representación esquemática de una máquina asíncrona de doble alimentación con la técnica de regulación correspondiente a ella. La máquina asíncrona 5 está constituida por un estator 5a y un rotor 5b. Además, la máquina asíncrona presenta un emisor de posición 5c. Por otra parte, es necesario un convertidor 6 para el funcionamiento de la máquina asíncrona de doble alimentación. En este ejemplo de realización el convertidor consiste en un convertidor 6a del lado de la red y un convertidor 6b del lado de la máquina. El convertidor del lado de la red y el convertidor del lado de la máquina están unidos uno con otro por un circuito intermedio 6c de tensión continua. El convertidor 6b del lado de la máquina está unido con el rotor 5b de la máquina asíncrona a través de anillos rozantes. El estator 5a de la máquina está unido con un red eléctrica 9 y con el convertidor 6a del lado de la red. El emisor de posición 5c incluye una unidad de evaluación no representada. Se pueden proporcionar así tanto la posición del rotor como el número de revoluciones del rotor con miras a efectuar la regulación. En formas de realización alternativas se pueden determinar también la posición del rotor y el número de revoluciones del rotor a partir de las magnitudes eléctricas de la máquina asíncrona, es decir, sin el empleo de un sensor mecánico.

55 Se entregan a la regulación de la máquina asíncrona de doble alimentación un valor nominal para la potencia activa 1a a ceder o absorber, en lo que sigue llamado abreviadamente valor nominal de potencia activa, y un valor nominal para la potencia reactiva 1b a ceder o absorber, en lo que sigue llamado abreviadamente valor nominal de potencia reactiva. En la representación esquemática ilustrada en la figura 1 se trata de valores nominales para las potencias activa y reactiva cedidas a la red o absorbidas. Con el módulo 2 de cálculo de potencia se determinan el valor real de la potencia activa 2a de la red y el valor real de la potencia reactiva 2b de la red a partir de los valores reales de las corrientes de la red y las tensiones de la red. El valor nominal de potencia activa 1a y el valor nominal de potencia activa negativo 2a se aportan al sumador 4a y dan como resultado una desviación de la magnitud nominal. De manera correspondiente, el valor nominal de potencia reactiva 1b y el valor real de potencia reactiva negativo 2b se aportan al sumador 4b para determinar una desviación de magnitud nominal. Las desviaciones de magnitud nominal correspondientes son aportadas al regulador 3a de potencia activa y al regulador 3b de potencia reactiva.

ES 2 347 711 T3

Un constituyente esencial de la regulación de potencia sin reguladores de corriente subordinados es la realimentación basada en modelos. Ésta se calcula con la unidad de realimentación 7. Se aportan a la unidad de realimentación la tensión del estator, la corriente del estator y la corriente del rotor, transformándose las magnitudes medidas trifásicas, por medio de las unidades de transformación 8a-c, en un sistema de coordenadas bifásico. El sistema de coordenadas bifásico puede ser tanto un sistema de coordenadas solidario del devanado como un sistema de coordenadas rotativo. Según la clase de la realimentación, es necesaria solamente una parte de estas magnitudes. Asimismo, para la realimentación es necesario en general el número de revoluciones de la máquina. A este fin, se entregará a la unidad de realimentación 7 el número de revoluciones por parte de la unidad de evaluación del emisor de posición. Las salidas de los reguladores de potencia 3a y 3b son solicitadas por el sumador 4c con la salida de la unidad de realimentación. Según la clase de los sistemas de coordenadas empleados, se transforman previamente las salidas de reguladores de potencia, por medio de la unidad de realimentación 8e, en el sistema de coordenadas correspondiente. La suma del sumador 4c forma la señal de ajuste para el convertidor del lado de la máquina después de su transformación en coordenadas naturales trifásicas por medio de la unidad de transformación 8d.

La figura 2 muestra una representación esquemática de un procedimiento según la invención para determinar los valores nominales máximos admisibles de las potencias activa y reactiva cedidas o absorbidas. El valor nominal de potencia activa 1a se limita aquí al valor nominal máximo admisible de la potencia activa cedida o absorbida 10a. El valor nominal de potencia activa limitado es solicitado después, como se muestra también en la figura 1, por medio del sumador 4a, con el valor real negativo de la potencia activa 2a y es aportado al regulador 3a de potencia activa. De manera correspondiente, el valor nominal de potencia reactiva 1b se limita al valor nominal máximo admisible de la potencia reactiva cedida o absorbida 10b, se le solicita por medio del sumador 4b con el valor real negativo de la potencia reactiva y se le aporta al regulador 3b de potencia reactiva.

Los valores nominales máximos admisibles para las potencias activa y reactiva se obtienen por medio de la unidad 10 de limitación de corriente. Se puede prefiar para la unidad 10 de limitación de corriente una prioridad potencia activa o una prioridad potencia reactiva. Independientemente de la prioridad, se calcula por medio de la unidad de limitación de corriente una potencia aparente máxima admisible S_{\max} según la ecuación (1).

$$S_{\max} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{gen}} \cdot w_{21} \cdot I_{\text{rot,max}} \quad (1)$$

En esta fórmula se tiene que U_{gen} es el valor absoluto de la tensión 15 del generador e $I_{\text{rot,max}}$ es la corriente máxima admisible 16 del rotor. La relación de multiplicación efectiva w_{21} es un parámetro del modelo simplificado.

En caso de que se indique una prioridad potencia activa, se calculan el valor nominal máximo admisible de la potencia activa cedida o absorbida 10a P_{\max} a partir de la ecuación (2) y el valor nominal admisible de la potencia reactiva cedida o absorbida 10b Q_{\max} a partir de la ecuación 3.

$$P_{\max} = S_{\max} \cdot (1 - s) + P_0 \quad (2)$$

$$Q_{\max} = \frac{\sqrt{(P_{\max} - P_0)^2 - (P_{\text{real}} - P_0)^2}}{(1 - s)} + Q_0 \quad (3)$$

En esta fórmula se tiene que P_0 es la potencia activa de corrección 11a y Q_0 es la potencia reactiva de corrección 11b, las cuales son entregadas por la unidad de corrección 11 a la unidad 10 de limitación de corriente. El valor real de la potencia activa cedida o absorbida 2a P_{real} es entregado por el módulo 2 de cálculo de potencia a la unidad 10 de limitación de corriente. s es el resbalamiento 12 que tiene que ponerse también a disposición de la unidad de limitación de corriente.

En caso de que se indique una prioridad potencia reactiva, se calculan el valor nominal máximo admisible de la potencia reactiva cedida o absorbida 10b Q_{\max} a partir de la ecuación (4) y el valor nominal máximo admisible de la potencia activa cedida o absorbida 10a P_{\max} a partir de la ecuación (5).

$$Q_{\max} = S_{\max} + Q_0 \quad (4)$$

$$P_{\max} = \sqrt{(Q_{\max} - Q_0)^2 - (Q_{\text{real}} - Q_0)^2} \cdot (1 - s) + P_0 \quad (5)$$

A las magnitudes ya explicadas se agrega aquí todavía el valor real de la potencia reactiva cedida o absorbida 2b Q_{real} , el cual, análogamente al valor real de la potencia activa, es entregado por el módulo 2 de cálculo de potencia a la unidad 10 de limitación de corriente.

ES 2 347 711 T3

Para obtener la potencia activa de corrección 11a y la potencia reactiva de corrección 11b se entregan a la unidad de corrección 11 los valores reales de la potencia activa 2a y la potencia reactiva 2b cedidas o absorbidas. Asimismo, se aportan a la unidad de corrección el resbalamiento 12 y los valores reales de la tensión 13 del generador y la corriente 14 del rotor. El funcionamiento de la unidad de corrección se representa con más precisión en la figura 3 y en la figura 4.

La figura 3 muestra una representación esquemática de un procedimiento para obtener la potencia activa de corrección 11a. Se aportan a la unidad de cálculo 17a la tensión 13 del generador, la corriente 14 del rotor y el resbalamiento 12. En el ejemplo de realización descrito se representan la tensión del generador y la corriente del rotor en un sistema de coordenadas bifásico solidario del devanado. Por tanto, la tensión del generador viene descrita por las componentes $U_{gen,\alpha}$ y $U_{gen,\beta}$. La corriente del rotor consta de las componentes $I_{rot,\alpha}$ e $I_{rot,\beta}$. Por tanto, la potencia activa P_{modelo} se calcula a partir del modelo simplificado.

$$P_{modelo} = (1 - s) \cdot w_{21} \cdot (U_{gen,\alpha} \cdot I_{rot,\alpha} + U_{gen,\beta} \cdot I_{rot,\beta}) \quad (6)$$

La potencia activa P_{modelo} del modelo forma la salida de la unidad de cálculo 17a. La potencia activa del modelo es solicitada por medio del sumador 18a con la potencia activa de corrección retroalimentada 11a y da como resultado un valor de aproximación para la potencia activa absorbida o cedida. Se aportan el valor de aproximación y el valor real de potencia activa 2a a la unidad de adaptación 19a y se determina la potencia activa de corrección 11a por medio de una ley de adaptación. El proceso de adaptación se materializa por medio de un sumador 20a y un regulador 21a. El sumador 20a obtiene la magnitud de entrada para el regulador a partir del valor de aproximación negativo y el valor real de potencia activa. La magnitud de salida del regulador 21a forma la potencia activa de corrección 11a.

La figura 4 muestra una representación esquemática correspondiente de un procedimiento para obtener la potencia reactiva de corrección. La unidad de cálculo 17b obtiene una potencia reactiva de modelo Q_{modelo} a partir de la tensión 13 del generador y la corriente 14 del rotor. En un sistema de coordenadas bifásico solidario del devanado se calcula la potencia reactiva de modelo según la ecuación (7).

$$Q_{modelo} = w_{21} \cdot (-U_{gen,\alpha} \cdot I_{rot,\beta} + U_{gen,\beta} \cdot I_{rot,\alpha}) \quad (7)$$

Mediante el sumador 18b se solicita la potencia reactiva del modelo con la potencia reactiva de corrección retroalimentada y ello da como resultado un valor de aproximación para la potencia reactiva absorbida o cedida. El sumador 20b obtiene a partir del valor de aproximación negativo y el valor real de potencia reactiva 2b una desviación que se aporta al regulador 21b. La salida del regulador es la potencia reactiva de corrección 11b. El sumador 20b y el regulador 21b forman la unidad de adaptación 19b.

El ejemplo de realización descrito opera fiablemente solo durante el funcionamiento de la máquina asíncrona de doble alimentación en una red trifásica asimétrica. Sin embargo, es posible tener en cuenta asimetrías. A este fin, se descomponen las magnitudes de medida en cosistema y contrasistema.

La corriente máxima admisible 16 del rotor que se pone a disposición de la unidad 10 de limitación de corriente es sustituida entonces por la componente cosistema máxima admisible de la corriente $I_{rot,max,co}$ del rotor. Esta componente cosistema resulta de la corriente máxima admisible $I_{rot,max}$ del rotor y la componente contrasistema del valor real $I_{rot,contra}$ de la corriente del rotor

$$I_{rot,max,co} = \sqrt{I_{rot,max}^2 - I_{rot,contra}^2} \quad (8)$$

Los valores reales para la potencia activa 2a y la potencia reactiva 2b absorbidas o cedidas se sustituyen por las componentes cosistema tanto para la unidad 10 de limitación de corriente como para la unidad de corrección 11.

Para el cálculo de las potencias activa y reactiva del modelo se emplean componente cosistema de la tensión del generador y la corriente del rotor.

$$P_{modelo} = (1 - s) \cdot w_{21} \cdot (U_{gen,\alpha,co} \cdot I_{rot,\alpha,co} + U_{gen,\beta,co} \cdot I_{rot,\beta,co}) \quad (9)$$

$$Q_{modelo} = w_{21} \cdot (-U_{gen,\alpha,co} \cdot I_{rot,\beta,co} + U_{gen,\beta,co} \cdot I_{rot,\alpha,co}) \quad (10)$$

ES 2 347 711 T3

Debido a la ampliación descrita del procedimiento según la invención se puede utilizar también el concepto de protección en caso de asimetrías en la red eléctrica.

5 El procedimiento se puede emplear análogamente también para limitar la corriente del estator de la máquina asíncrona de doble alimentación. Además, se le puede utilizar cuando se regulen las potencias activa y reactiva del estator.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Procedimiento para limitar una corriente de una máquina asíncrona (5) de doble alimentación, en la que se regulan la potencia activa cedida o absorbida y la potencia reactiva cedida o absorbida con ayuda de valores nominales prefijados de las potencias activa y reactiva,

10 en donde se calculan durante el funcionamiento de la máquina asíncrona de doble alimentación, a partir de la corriente máxima admisible prefijada (16), con ayuda de un modelo de la máquina asíncrona (5), un valor nominal máximo admisible de la potencia activa (10a) a ceder o absorber y un valor nominal máximo admisible de la potencia reactiva (10b) a ceder o absorber de tal manera que no se sobrepase dicha corriente máxima admisible prefijada,

15 **caracterizado** porque se limitan los valores nominales prefijados de potencia activa y potencia reactiva a los valores nominales máximos admisibles calculados de la potencia activa y la potencia reactiva, en donde

20 en caso de una prioridad potencia activa, se determina primero el valor nominal máximo admisible de la potencia activa (10a) a ceder o absorber y se determina el valor nominal máximo admisible de la potencia reactiva (10b) a ceder o absorber en función del valor nominal de la potencia activa a ceder o absorber, y

25 en caso de que se indique una prioridad potencia reactiva, se determina primero el valor nominal máximo admisible de la potencia reactiva (10b) a ceder o absorber y se determina el valor nominal máximo admisible de la potencia activa (10a) a ceder o absorber en función del valor nominal máximo admisible de la potencia reactiva a ceder o absorber.

30 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque en el cálculo de los valores nominales máximos admisibles para las potencias activa y reactiva se aprovecha con fines de corrección al menos el valor real de la corriente que se debe limitar.

35 3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque se obtiene una potencia aparente máxima admisible a partir de la corriente máxima admisible por medio de un modelo simplificado de la máquina asíncrona (5) de doble alimentación.

40 4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque, en caso de que se indique una prioridad potencia activa, se determina el valor nominal máximo admisible de la potencia activa (10a) a ceder o absorber a partir de la potencia aparente máxima admisible y una potencia activa de corrección (11a), y se determina el valor nominal máximo admisible de la potencia reactiva (10b) a ceder o absorber a partir del valor real de la potencia activa cedida o absorbida (2a), la potencia activa de corrección (11a) y una potencia reactiva de corrección (11b).

45 5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque, en caso de que se indique una prioridad potencia reactiva, se determina el valor nominal máximo admisible de la potencia reactiva (10b) a ceder o absorber a partir de la potencia aparente máxima admisible y una potencia reactiva de corrección (11b), y se determina el valor nominal máximo admisible de la potencia activa (11a) a ceder o absorber a partir del valor real de la potencia reactiva cedida o absorbida (2b), la potencia reactiva de corrección (11b) y una potencia activa de corrección (11a).

50 6. Procedimiento según la reivindicación 4 ó 5, **caracterizado** porque se determina la potencia activa de corrección (11a) por medio de una ley de adaptación a partir del valor real (2a) y un valor de aproximación para la potencia activa cedida o absorbida, consistiendo el valor de aproximación en la suma de la potencia activa de corrección retroalimentada (11a) y una potencia activa que se obtiene por medio del modelo simplificado de la máquina asíncrona de doble alimentación.

55 7. Procedimiento según la reivindicación 4 ó 5, **caracterizado** porque se determina la potencia reactiva de corrección (11b) por medio de una ley de adaptación a partir del valor real (2b) y un valor de aproximación para la potencia reactiva cedida o absorbida, consistiendo el valor de aproximación en la suma de la potencia reactiva de corrección retroalimentada (11b) y una potencia reactiva que se obtiene por medio del modelo simplificado de la máquina asíncrona de doble alimentación.

60 8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 7, **caracterizado** porque se determina la potencia aparente máxima admisible a partir de magnitudes cosistema y se determina la componente cosistema máxima admisible de la corriente aminorando la corriente máxima admisible en la medida de la componente contrasistema del valor real de la corriente.

65 9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, **caracterizado** porque se emplea el valor real de la potencia activa cosistema cedida o absorbida en lugar del valor real de la potencia activa cedida o absorbida y se emplea el valor real de la potencia reactiva cosistema cedida o absorbida en lugar del valor real de la potencia reactiva cedida o absorbida.

10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 6 ó 7, **caracterizado** porque se emplean magnitudes cosistema para obtener la potencia activa y la potencia reactiva por medio del modelo simplificado de la máquina asíncrona de doble alimentación.

ES 2 347 711 T3

11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado** porque se limita la corriente del rotor de la máquina asíncrona de doble alimentación.

5 12. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado** porque se limita la corriente del estator de la máquina asíncrona de doble alimentación.

10 13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado** porque se regulan las potencias activa y reactiva del estator de la máquina asíncrona de doble alimentación o las potencias activa y reactiva de la red a la que está conectada la máquina asíncrona de doble alimentación.

15 14. Dispositivo para regular la potencia activa cedida o absorbida y la potencia reactiva cedida o absorbida de una máquina asíncrona (5) de doble alimentación, en donde el dispositivo comprende medios para limitar una corriente de la máquina asíncrona de doble alimentación, en donde se determinan con los medios durante el funcionamiento de la máquina asíncrona de doble alimentación, con ayuda de un modelo matemático de la máquina asíncrona y a partir de la corriente máxima admisible prefijada, un valor nominal máximo admisible de la potencia activa (10a) a ceder o absorber y un valor nominal máximo admisible de la potencia reactiva (10b) a ceder o absorber de tal manera que no se sobrepase la corriente máxima admisible (16), **caracterizado** porque

20 los medios están concebidos en el sentido de limitar los valores nominales de potencia activa y potencia reactiva prefijados a los valores nominales máximos admisibles calculados de la potencia activa y la potencia reactiva,

el dispositivo comprende medios para indicar una prioridad,

25 en caso de que se indique una prioridad potencia activa, se determina primero con los medios el valor nominal máximo admisible de la potencia activa (10a) a ceder o absorber y se determina con los medios el valor nominal máximo admisible de la potencia reactiva (10b) a ceder o absorber en función del valor nominal de la potencia activa a ceder o absorber, y

30 en caso de que se indique una prioridad potencia reactiva, se determina primero con los medios el valor nominal máximo admisible de la potencia reactiva (10b) a ceder o absorber y se determina con los medios el valor nominal máximo admisible de la potencia activa (10a) a ceder o absorber en función del valor nominal máximo admisible de la potencia reactiva a ceder o absorber.

35 15. Dispositivo según la reivindicación 14, **caracterizado** porque éste está concebido también para poner en práctica un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 13.

40

45

50

55

60

65

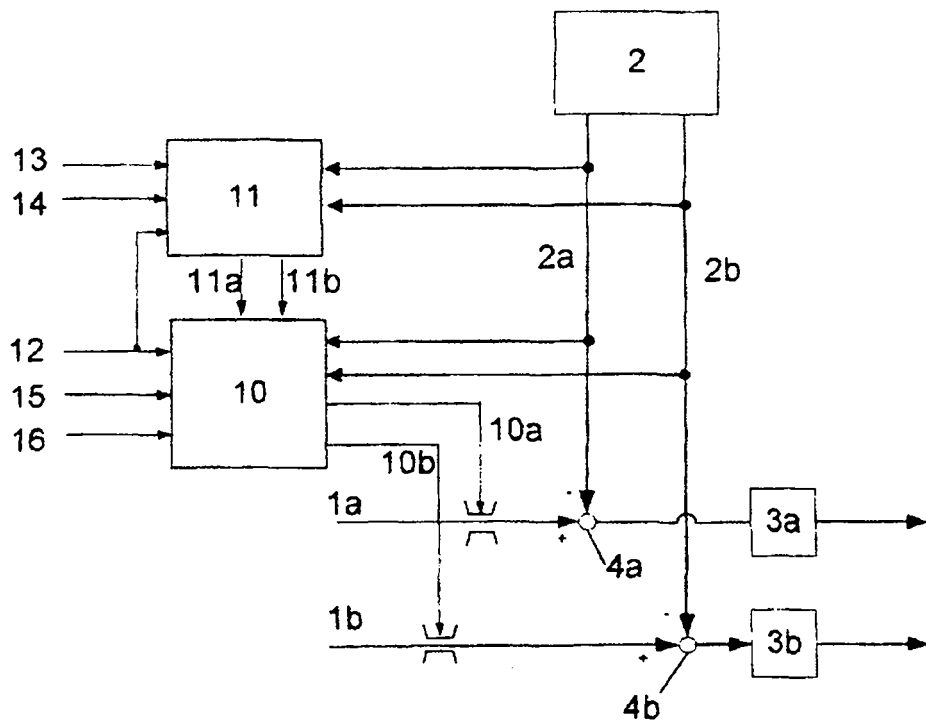


Fig.2

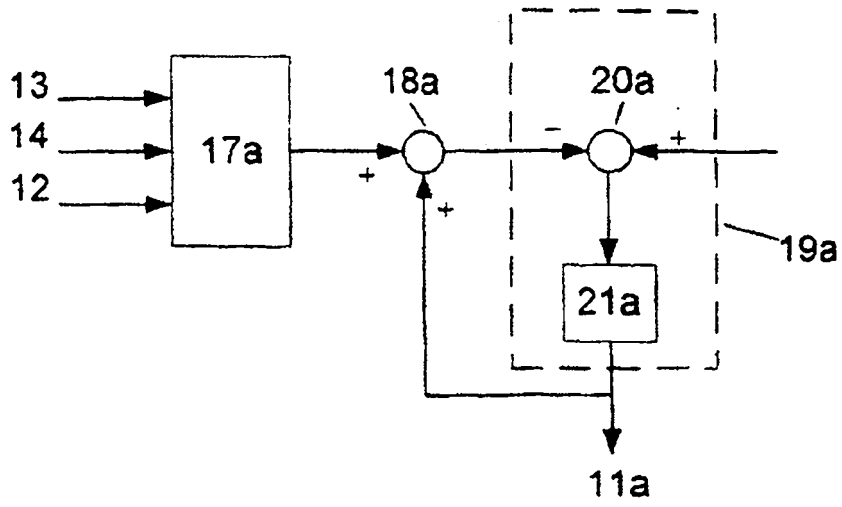


Fig.3

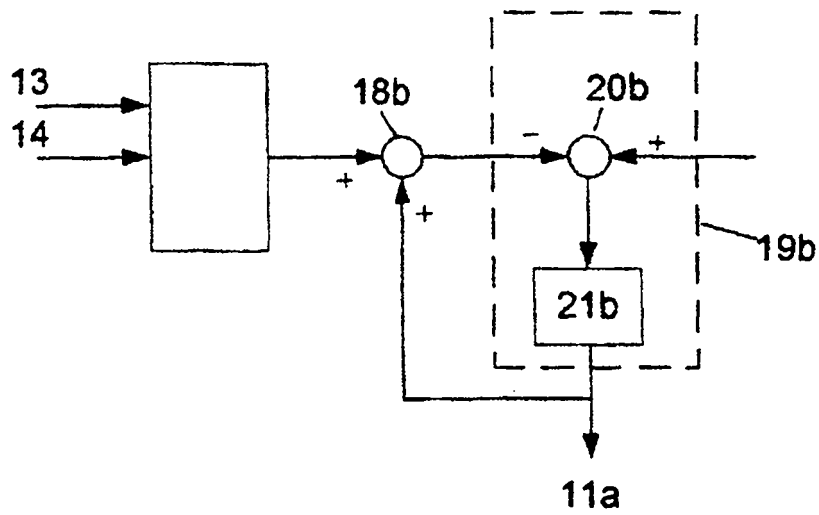


Fig.4