

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 380 209**

51 Int. Cl.:
H02P 9/00 (2006.01)
F03D 7/02 (2006.01)
F03D 9/00 (2006.01)
H02J 3/18 (2006.01)
H02J 3/38 (2006.01)
H02J 9/06 (2006.01)
H02P 9/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **10162409 .6**
96 Fecha de presentación: **21.02.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2209205**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **21.07.2010**

54 Título: **Procedimiento para la operación de una instalación de energía eólica en caso de sobretensiones en la red**

30 Prioridad:
13.04.2007 DE 102007017870

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
09.05.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
09.05.2012

73 Titular/es:
**REPOWER SYSTEMS AG
ÜBERSEERING 10
22297 HAMBURG, DE**

72 Inventor/es:
**Fortmann, Jens y
Letas, Heinz-Hermann**

74 Agente/Representante:
Botella Reyna, Antonio

ES 2 380 209 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

Procedimiento para la operación de una instalación de energía eólica en caso de sobretensiones en la red

5 La invención se refiere a un procedimiento para la operación de una instalación de energía eólica con un generador eléctrico accionado por un rotor para la emisión de potencia eléctrica a una red eléctrica que prevé una tensión de red, según el cual cuando en la red reina una sobretensión, se alimenta potencia reactiva de la instalación de energía eólica a la red para reducir la tensión.

10 Asimismo, la invención se refiere a una instalación de energía eólica con un generador eléctrico accionado por un rotor para emitir potencia eléctrica a una red eléctrica, en la cual cuando en la red reina una sobretensión, se puede alimentar potencia reactiva de la instalación de energía eólica a la red para reducir la tensión.

Por el documento DE 10 2004 048 339 A1 se conoce una instalación de energía eólica con un rotor, con un
 15 generador accionado por éste con un convertidor para la alimentación de energía eléctrica a través de un punto de enlace a una red de alimentación eléctrica y con un dispositivo de control, presentando el dispositivo de control un control de convertidor. Está previsto que el dispositivo de control presente una conexión de entrada para un valor teórico de la tensión que se ha de emitir, estando previsto un regulador adicional, en cuya entrada está aplicada la tensión teórica y a cuya salida se emiten valores teóricos de potencia reactiva que quedan aplicados en el control de
 20 convertidor, estando configurado el regulador adicional para calcular a partir de la señal para la tensión teórica valores teóricos de potencia reactiva, para registrar con la ayuda de un sensor la tensión realmente emitida por la instalación de energía eólica y para corregir los valores teóricos de potencia reactiva después de la comparación con la tensión teórica. Por lo tanto, el ajuste de un coeficiente de potencia deseado se vincula con un procedimiento de mantenimiento de tensión. Esto permite el pleno aprovechamiento del potencial de potencia reactiva de la instalación
 25 de energía eólica sin que se produzcan daños por un aumento excesivo de la tensión. Además, esta regulación tiene la ventaja de que permite un comportamiento robusto de la instalación de energía eólica en caso de transientes de tensión pulsados.

Por el documento EP 1 386 078 B1 se conocen una instalación de energía eólica y un procedimiento para la
 30 operación de una instalación de energía eólica, según los que se alimenta potencia reactiva de la instalación de energía eólica a la red eléctrica y la potencia reactiva es predefinida por un ángulo de fase ϕ que describe un ángulo entre la corriente y la tensión de la potencia eléctrica alimentada, y el ángulo de fase determina la parte de potencia reactiva de la potencia emitida por la instalación de energía eólica, y el ángulo de fase ϕ se modifica en función del valor de al menos una tensión registrada en la red, y el ángulo de fase se mantiene inalterado mientras la
 35 tensión de red oscila entre un valor teórico inferior predefinido y un valor teórico superior predefinido, siendo el valor de tensión inferior menor que un valor de tensión teórico y siendo el valor de tensión superior predefinido mayor que un valor de tensión teórico predefinido, y en caso de sobrepasarse el valor de tensión superior predefinido o al quedar por debajo del valor de tensión inferior predefinido aumenta el valor del ángulo de fase si sigue subiendo o bajando la tensión.

40 El documento US 2007/0052244 A1 se refiere a una instalación de energía eólica con una llamada máquina asíncrona con doble alimentación. En caso de una subtensión, la instalación de energía eólica no debe desconectarse de la red eléctrica, sino que debe poder pasar por este cortocircuito durante un tiempo determinado, según la intensidad del cortocircuito, y alimentar adicionalmente potencia reactiva a la red eléctrica para apoyar la
 45 tensión bajada.

El documento EP 1 752 660 A1 se refiere a una protección contra sobretensiones de una instalación de energía eólica con un primer transformador que presenta una bobina primaria. Además, está previsto un circuito eléctrico conectado a la primera bobina primaria, estando previsto un primer elemento de conmutación para prever un primer
 50 circuito amperimétrico paralelo a la primera bobina primaria cuando una primera tensión secundaria sobrepasa un primer límite de tensión predeterminado.

El documento WO 01/25630 A1 se refiere a un procedimiento para la operación de un parque eólico con al menos
 55 dos instalaciones de energía eólica, en el que la potencia emitida por las instalaciones de energía eólica se limita a un valor de alimentación de red máximo posible que es inferior al valor máximo posible de la potencia que se ha de emitir, estando determinado el valor de alimentación máximo posible por la capacidad de recepción de la red a la que se alimenta la energía y/o por la capacidad de potencia de la unidad de transmisión de energía mediante la que la energía generada por la instalación de energía eólica se alimenta a la red.

60 El documento WO 2006/120033 A2 da a conocer un procedimiento para controlar el factor dinámico de potencia de un parque eólico con una pluralidad de instalaciones de energía eólica conectadas a una red.

El documento US 2005/0090937 A1 da a conocer un sistema de control de instalaciones de energía eólica en el que se transfieren en tiempo real datos de instalaciones de energía eólica.

65 La presente invención tiene el objetivo de proporcionar un procedimiento seguro para la operación de una instalación

de energía eólica que durante una sobretensión en la red prevé más tarde de lo habitual una desconexión de la instalación de energía eólica de la red, quedando protegidos eficazmente los componentes electrotécnicos o eléctricos de la instalación de energía eólica.

- 5 Este objetivo se consigue mediante un procedimiento según la reivindicación 1 para la operación de una instalación de energía eólica con un generador eléctrico accionado por un rotor para emitir potencia eléctrica a una red eléctrica, que prevé una tensión de red, en el cual en caso de reinar una sobretensión en la red se alimenta potencia reactiva de la instalación de energía eólica a la red para reducir una tensión existente entre un punto de enlace de la instalación de energía eólica con la red eléctrica y el generador de la instalación de energía eólica, y en el que se
10 vigila si dentro de un plazo predefinible la tensión se ha reducido a un valor teórico predefinible y/o se emite una corriente reactiva superior o igual a un valor teórico predefinible de corriente reactiva, y en el que sólo en caso de sobrepasarse un intervalo de sobretensión predefinible se alimenta una mayor potencia reactiva a la red.

- 15 Por la tensión se entiende una tensión existente entre un punto de enlace de la instalación de energía eólica o un parque eólico y la red y una instalación de energía eólica, por ejemplo el generador de una instalación de energía eólica en la góndola. Preferentemente, se refiere a una tensión en el lado de baja tensión de un transformador de una instalación de energía eólica o de un parque eólico.

- 20 Los componentes o equipos eléctricos de una instalación de energía eólica o de un parque eólico, habitualmente, están concebidos de tal forma que son capaces de resistir sin daños incluso durante un período de tiempo más largo un intervalo determinado de sobretensiones, por ejemplo un 10 % de sobretensión, es decir una tensión de red del 110 %. Una vigilancia de si la tensión se ha reducido a un valor teórico predefinible o si se emite una corriente reactiva correspondiente superior o igual a un valor teórico predefinible de corriente reactiva, por lo tanto, puede hacerse dependiente de si se sobrepasó un intervalo de sobretensión correspondiente. Por ejemplo, puede existir un
25 exceso crítico si la sobretensión de un 20 % existe durante más de 20 ms. Generalmente, la vigilancia puede comenzar, por ejemplo, cuando se ha alcanzado una sobretensión crítica, por ejemplo superior al 110 % de la tensión nominal. El principio de la vigilancia también puede ser dependiente del tiempo.

- 30 Para el caso de que no se alcanzaron el valor teórico de tensión predefinible y/o el valor teórico predefinible de corriente reactiva, se produce preferentemente una señal para la desconexión de la instalación de energía eólica de la red para proteger contra daños los componentes eléctricos de la instalación de energía eólica o del parque eólico. Por lo tanto, la invención hace posibles un procedimiento y una instalación de energía eólica con una regulación para pasar por sobretensiones temporales que también pueden denominarse "high voltage right through". De esta forma, se reducen las solicitaciones por tensión de los componentes de una instalación de energía eólica o de un
35 parque eólico. En particular, mediante el procedimiento según la invención, una instalación de energía eólica o un parque eólico puede permanecer más tiempo en la red y queda garantizada la protección de todos los componentes contra la sobretensión. Además, se requiere sólo una adaptación ligera y económica de componentes.

- 40 Preferentemente, está prevista una primera función de límite de valores teóricos de tensión predefinidos en función del tiempo y/o una segunda función de límite de valores teóricos de corriente reactiva inductiva predefinidos. Por lo tanto, puede estar previsto no sólo un valor teórico de tensión, sino una multitud de valores teóricos de tensión o una multitud de valores teóricos de corriente reactiva que pueden cambiar en función del tiempo. Por ejemplo, puede ser que componentes eléctricos de la instalación de energía eólica resistan durante un período de tiempo determinado una sobretensión relativamente alta, pero que después ha de reducirse sensiblemente la sobretensión para evitar
45 que sufran daños los componentes. Por esta razón, los valores teóricos de tensión pueden cambiar entonces en función del tiempo.

- 50 Preferentemente, no se produce ninguna señal para la desconexión de la instalación de energía eólica de la red mientras la tensión permanezca por debajo de la primera función de límite y/o mientras la corriente reactiva permanezca por encima de la segunda función de límite.

- Además, preferentemente, está prevista una regulación de tensión y/o una regulación de corriente reactiva, por lo que es posible una regulación relativamente rápida de los valores teóricos. Para ello puede usarse, por ejemplo una regulación PID o una regulación PD para permitir una regulación más rápida. Alternativamente, también puede estar
55 prevista una pequeña parte inductiva en una regulación PID.

- 60 Resulta especialmente preferible cuando el momento de la producción de la señal para la desconexión de la instalación de energía eólica de la red es dependiente de un tiempo de reacción de un seccionador, para permitir una desconexión de la red el tiempo suficiente antes de alcanzar un estado crítico para los componentes de la instalación de energía eólica o del parque eólico, de modo que durante el tiempo de la desconexión, mientras aún está presente una sobretensión correspondiente en los componentes, no sufran daños los componentes.

- 65 Si la vigilancia continúa preferentemente después de alcanzarse el valor teórico predefinible de tensión y/o el valor teórico predefinible de corriente reactiva y especialmente si reina una tensión nominal en la red, es posible la operación segura de la instalación de energía eólica. Preferentemente, más allá del tiempo predefinible se sigue alimentando potencia reactiva a la red hasta que la tensión alcance otro valor predefinible. Si al alcanzar el otro valor

predefinible de la tensión se reduce la emisión de potencia reactiva de tal forma que no se sobrepase el otro valor predefinible de la tensión, se tiene en cuenta el problema de que, por la tensión reducida, la instalación de energía eólica en principio ya no puede detectar si ha terminado la sobretensión en la red. Esto se debe a que tras la alimentación exitosa de corriente reactiva, la tensión se sitúa en una banda de tensión normal para la red y la
 5 instalación ya no mide ninguna sobretensión. Por lo tanto, ahora hay que esperar a que siga bajando la tensión, dado el caso, incluso por debajo de una banda de tensión permitida o por debajo de otro valor de tensión predefinible, después de lo cual puede finalizarse la alimentación de corriente reactiva o la alimentación de potencia reactiva. La alimentación de corriente reactiva o la alimentación de potencia reactiva, preferentemente, no debe suspenderse de forma súbita, sino realizarse de tal forma que se evite una nueva sobretensión, lo que queda
 10 garantizado por la medida preferente.

Preferentemente, al menos un componente eléctrico de la instalación de energía eólica y/o de un parque eólico no realiza conmutaciones o deja de realizar conmutaciones en caso de una tensión de diafonía predefinible de una sobretensión de la red. De esta forma, se evitan en gran medida daños de la instalación de energía eólica. En el
 15 marco de la invención, por tensión de diafonía se entiende especialmente una sobretensión provocada por la sobretensión en la red. Resulta especialmente preferible que al menos un componente eléctrico de la instalación de energía eólica no pueda exponerse ni siquiera durante un corto tiempo a una tensión de diafonía predefinible de una sobretensión de la red y/o que al menos un componente eléctrico que realiza una conmutación y que no está concebido para la sobretensión o la tensión de diafonía sea alimentado por un sistema de alimentación
 20 ininterrumpida. Al usar un sistema de alimentación ininterrumpida, conocido de por sí, preconectado a los sensibles componentes eléctricos, que hace que a los sensibles componentes eléctricos no llegue ninguna sobretensión o tensión de diafonía de una sobretensión de la red, es posible una protección especialmente eficiente de estos componentes sensibles, mientras que los demás componentes que no son tan sensibles no necesitan ningún sistema de alimentación ininterrumpida. En caso de existir una tensión de diafonía de una sobretensión de la red en
 25 la entrada del sistema de alimentación ininterrumpida, éste desconecta la conducción de la tensión y conmuta al régimen de acumulador para seguir alimentando los componentes sensibles de tensión o potencia.

Preferentemente, el procedimiento según la invención se realiza durante una duración de tiempo máxima predefinible. Después, se finaliza el procedimiento y, especialmente si sigue existiendo una sobretensión, el parque
 30 eólico o la instalación de energía eólica se desconecta de la red.

Preferentemente, está previsto un procedimiento para la operación de un parque eólico con al menos dos instalaciones de energía eólica, aplicándose un procedimiento según la invención que se ha descrito anteriormente.

Preferentemente, una regulación del parque controla una fuente de corriente reactiva del parque, con lo cual, adicionalmente a la potencia reactiva respectiva de las instalaciones de energía eólica, puede proporcionarse más potencia reactiva. De este modo, la reducción deseada de la tensión es fomentada a través del control o de la regulación de una fuente de corriente reactiva situada a distancia de las instalaciones de energía eólica. La fuente
 35 adicional de corriente reactiva o la fuente adicional de corriente reactiva del parque puede ser un desfaseador o un banco de condensadores.
 40

Además, el objetivo se consigue mediante una instalación de energía eólica según la reivindicación 9 con un generador eléctrico accionado por un rotor para emitir potencia eléctrica a una red eléctrica, en la cual en caso de reinar una sobretensión en la red puede alimentarse potencia reactiva de la instalación de energía eólica a la red
 45 para reducir una tensión existente entre un punto de enlace de la instalación de energía eólica a la red eléctrica y el generador de la instalación de energía eólica, estando previsto un dispositivo de vigilancia configurado para vigilar si dentro de un tiempo predefinible la tensión se ha reducido a un valor teórico predefinible y/o se emite una corriente reactiva superior o igual a un valor teórico de corriente reactiva predefinible, estando configurado el dispositivo de vigilancia de tal forma que sólo al sobrepasar un intervalo de sobretensión predefinible se alimenta una mayor
 50 potencia reactiva a la red.

En el marco de la invención, por intervalo de sobretensión predefinible se entiende especialmente que está prevista una función de la sobretensión en función del tiempo, por encima de la cual se alimenta la potencia reactiva a la red. Preferentemente, el dispositivo de vigilancia produce una señal para desconectar la IED de la red si no se alcanzó
 55 el valor teórico de tensión predefinible y/o el valor teórico de corriente reactiva predefinible. Además, preferentemente está previsto un dispositivo de regulación con el que es posible una regulación de tensión y/o una regulación de corriente reactiva. Como ya se ha descrito anteriormente, se trata preferentemente de un dispositivo de regulación PID o de un dispositivo de regulación PD o de un dispositivo de regulación PID con una baja parte integral.
 60

La instalación de energía eólica según la invención se puede realizar de forma especialmente sencilla si está previsto un convertidor o un sistema convertidor y generador que alimenta corriente reactiva a la red para reducir la tensión. Preferentemente, está previsto un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) que protege contra la sobretensión a al menos un equipo eléctrico sensible o un componente eléctrico sensible de la instalación de
 65 energía eólica.

Además, preferentemente, el circuito de rotor y/o el circuito de estator están configurados con un disyuntor o contactor configurado para sobretensiones. Resulta especialmente preferible que están previstos conmutadores separados para el circuito de rotor y el circuito de estator, de forma que éstos también puedan conmutarse por separado. Preferentemente, el generador es un generador asíncrono con doble alimentación. También puede estar
 5 previsto un generador asíncrono o un generador síncrono que alimente toda la potencia a la red a través de un convertidor. Además, puede estar previsto un generador asíncrono acoplado directamente a la red, estando previsto en la instalación de energía eólica o en el parque eólico un dispositivo, por ejemplo, respectivamente uno o varios convertidores o inductancias conmutables, configurado para modificar la potencia reactiva de la instalación de energía eólica y/o del parque eólico. Además, el convertidor preferentemente es un convertidor de circuito
 10 intermedio, presentando el convertidor de circuito intermedio preferentemente al menos una resistencia conmutable en un circuito intermedio y/o en una conexión eléctrica al generador, siendo activada la resistencia cuando la potencia, la tensión aplicada y/o la corriente que circula por el convertidor alcanzan un valor límite correspondiente, predefinible. Las resistencias son preferentemente resistencias de potencia configuradas para recibir la potencia del generador en caso de perturbaciones, para proteger al convertidor.

15 Preferentemente, un parque eólico está dotado de al menos dos instalaciones de energía eólica según la invención, descritas anteriormente. Preferentemente, está prevista una fuente de corriente reactiva dispuesta a distancia de las instalaciones de energía eólica, que especialmente es controlada o regulada por una regulación del parque.

20 En el marco de la invención, el término corriente reactiva abarca una corriente reactiva alimentada adicionalmente a la red, añadiéndose la corriente reactiva alimentada durante la operación normal antes de la sobretensión a la corriente reactiva mencionada en la invención. En el marco de la invención, en lugar de la potencia reactiva alimentada también puede alimentarse una corriente reactiva, y el ángulo de fase de la corriente reactiva puede cambiarse correspondientemente, o se puede variar un factor de potencia, es decir, se pueden usar magnitudes
 25 eléctricamente análogas a la potencia reactiva, que describen o definen la parte o la intensidad de la potencia reactiva emitida.

Según la invención, se proporcionan un procedimiento para la operación de una instalación de energía eólica y una instalación de energía eólica que se vigila a sí misma y detecta si en caso de una sobretensión en la red se produce
 30 a tiempo una reducción necesaria de la tensión y si la reducción de tensión es suficiente.

A continuación, la invención se describe sin limitación de la idea general de la invención con la ayuda de ejemplos de realización haciendo referencia a los dibujos. En cuanto a todos los detalles según la invención que no se describen en detalle en el texto, se remite expresamente a los dibujos. Muestran:

35 la figura 1 una representación esquemática de un parque eólico con conexión a la red de alta tensión,

la figura 2 una representación esquemática de un diagrama de la tensión relativa encima del tiempo que representan requisitos de explotadores de la red en cuanto a la capacidad de instalaciones de energía eólica,

40 la figura 3 una representación esquemática de una instalación de energía eólica,

la figura 4 una representación esquemática de una estática de tensión, es decir, de un diagrama de una corriente reactiva relativa sobre una tensión relativa,

45 la figura 5 una representación esquemática de curvas de tensión sobre el tiempo,

la figura 6 una representación esquemática de un dispositivo de regulación de una instalación de energía eólica, y

50 la figura 7 una representación esquemática de la corriente reactiva sobre el tiempo.

En las siguientes figuras, los elementos idénticos o iguales o piezas correspondientes llevan los mismos signos de referencia, de modo que no se vuelven a describir cada vez de nuevo.

55 En las instalaciones de energía eólica es habitual que, en caso de tensiones de red del 110 % de la tensión nominal, la instalación de energía eólica se desconecte de la red de alta tensión para proteger los componentes de la instalación de energía eólica. Las sobretensiones o tensiones de diafonía de sobretensiones que se producen en instalaciones de energía eólica son normalmente el resultado de sucesos en la red de alta tensión. Puede tratarse, por ejemplo, de la expulsión de una carga inductiva.

60 En la figura 1 está representado esquemáticamente un parque eólico 10 con cinco instalaciones de energía eólica 15 a 19, estando conectado el parque eólico 10 a la red 31 o a la red de alta tensión 31. El suceso que eleva la tensión puede encontrarse, por ejemplo, en el punto o lugar 1 o en el punto o lugar 2.

65 Entre el lugar del error o el lugar 1 o 2 en el que tiene lugar el suceso que eleva la tensión y las instalaciones de energía eólica 15 a 19 o el parque eólico 10 existe además una serie de inductancias a causa de las líneas de

suministro que en la figura 1 están designadas con 61 como una especie de esquema equivalente. Las inductancias o bobinas 61 pueden ser tanto las líneas de suministro en la red de alta y baja tensión, como el transformador de alta tensión 63 configurado como transformador con tomas 63.

5 A su vez, las instalaciones de energía eólica 15 a 19 se conectan a la red de tensión media del parque eólico con un transformador 65 que por ejemplo puede estar configurado como transformador de dos devanados o de tres devanados. En la figura 3, por ejemplo, está representado un transformador de tres devanados 65. Los valores típicos de la caída de tensión encima de los transformadores son por ejemplo el 12 % para el transformador de alta tensión 63, y de 6 % a 10 % para el transformador de tensión media 65. Otras caídas de tensión se producen por ejemplo a través de una inductancia de red y el generador que por ejemplo en la figura 3 lleva el signo de referencia 30. En caso de una alimentación de corriente reactiva del orden de 50 % o 100 %, de esta forma se consiguen caídas de tensión del 6 % o 12 % encima del transformador de alta tensión y de aprox. 3 % a 5 % o 6 % a 10 % encima del transformador de tensión media.

15 Una sobretensión en el lugar 1 conduce a tensiones elevadas o tensiones de diafonía en los lugares 3 a 9.

Las instalaciones de energía eólica 15 a 19 de la figura 1 están dotadas de rotores 25 a 29 correspondientes, a través de los que genera corriente o potencia respectivamente un generador 30 que está representado esquemáticamente por ejemplo en la figura 3. Para representar las resistencias de línea y las inductancias de línea están representadas además esquemáticamente resistencias 60 y condensadores 62 en la figura 1. Por 64 está designada una definición de valor teórico que define el coseno de la fase ϕ , la potencia reactiva Q , el ángulo de fase ϕ mismo y la tensión para la regulación del parque 50. Estos valores son definidos habitualmente por los explotadores de la red de alta tensión 31. De magnitudes de entrada para la regulación del parque 50 sirven además la corriente real (I_{real}) tomada entre el transformador con tomas 63 y las instalaciones de energía eólica 15 a 19, así como la tensión que reina realmente (U_{real}). Además, está previsto un sistema de alimentación ininterrumpida 52 (SAI) para proteger componentes sensibles de la regulación del parque 50 contra tensiones de diafonía o sobretensiones.

Además, está prevista una fuente de corriente reactiva 56 o fuente de corriente reactiva de parque dispuesta a distancia de las instalaciones de energía eólica 15 a 19, que puede estar configurada como desfaseador y que es controlada o regulada por la regulación del parque eólico 50.

La figura 2 muestra una representación esquemática de requerimientos de explotadores de red en cuanto a la capacidad de instalaciones de energía eólica de pasar por sobretensiones temporales en la red 31.

Debido a la parte cada vez mayor de instalaciones de energía eólica para facilitar energía en redes de alta tensión aumenta también el requerimiento de los explotadores de las redes de permitir un apoyo de la red de alta tensión 31 por las instalaciones de energía eólica o parques eólicos, especialmente en caso de sobretensiones en la red de alta tensión 31. Los requerimientos de los explotadores de redes que están representados a título de ejemplo en la figura 2 muestran que por ejemplo en Alemania se exige resistir durante un tiempo de 0,1 s una sobretensión del 126 % sin que tenga lugar una desconexión de la red. En la figura 2, esto está representado esquemáticamente con la ayuda de la línea continua. Está representada la tensión relativa U en relación con la tensión nominal U_n , a saber, en función del tiempo con la unidad de segundos. En Canadá, los requerimientos son aún más altos. Allí se debe resistir durante 0,1 s una sobretensión del 140 % y, a continuación, hasta transcurrido el tiempo de 1,4 seg. después de producirse el suceso de sobretensión, además una sobretensión del 125 %. Esto está representado por la línea discontinua. De manera correspondiente, en Australia son distintas las especificaciones, lo que está representado por línea de puntos, y en Estados Unidos a su vez son distintas, lo que está representado por la línea de puntos y rayas.

La figura 3 muestra esquemáticamente una instalación de energía eólica con diversos conmutadores 32 a 34. Un generador 30 genera una tensión correspondiente de por ejemplo 950 voltios en el circuito de estator 55 y de 660 voltios en el circuito de rotor 54. Está previsto un convertidor 53 en el circuito de rotor 54. Un transformador de tres devanados 65 con una capacidad de 5,5 MVA o 5,5 MW convierte estas tensiones en 20 kV o 33 kV. Esta alta tensión se facilita entonces a la red 31 a través del pie de torre 66. Está previsto un conmutador de potencia 32 que puede desconectar la instalación de energía eólica 15 de la red a tiempo antes de alcanzar un estado crítico que pueda provocar daños de componentes de la instalación de energía eólica. De manera correspondiente, puede servir para ello el contactor 33 en el pie de torre. El conmutador 34 es una especie de conmutador de sincronización que conecta la instalación de energía eólica 15 a la red cuando existe concordancia de fases entre la tensión de red o la corriente de red y la tensión proporcionada por la instalación de energía eólica o la corriente proporcionada correspondientemente.

Si en caso de un aumento de tensión se produce una alimentación de potencia reactiva inductiva o subexcitada, esto conduce a una caída de tensión encima de las inductancias de la instalación de energía eólica o del parque eólico. De esta forma, especialmente durante la operación estacionaria, la tensión en las instalaciones de energía eólica puede reducirse frente a la tensión en el lugar del error. En particular, se puede reducir la tensión de diafonía en la instalación de energía eólica o en el parque eólico. Un ejemplo de la realización de una regulación de este tipo con

la ayuda de una estática de tensión está representado esquemáticamente en la figura 4. Aquí está representada una regulación de un sistema de generador y convertidor o de un convertidor en una instalación de energía eólica en caso de una sobretensión para la reducción de tensión, es decir, para la alimentación de potencia reactiva inductiva o subexcitada.

5

En la figura 4 está representado un diagrama de la corriente reactiva en relación con la corriente reactiva nominal en función de una tensión relativa, es decir, de la tensión real dividida por la tensión nominal. Están representadas dos variantes en la figura 4, a saber, la primera variante con una línea continua y la segunda variante con una línea discontinua. La variante 1 de la estática de tensión constituye una alternativa de regulación en la que en una banda de tensión normal, es decir, con una sobretensión de hasta el 110 % en relación con la tensión nominal se produce una emisión de potencia reactiva en función de la tensión, que actúa contra un aumento de tensión de una instalación de energía eólica, y si la tensión sigue subiendo más allá de la banda de tensión, es decir más allá del 110 % de U/U_n se aumenta fuertemente la alimentación de potencia reactiva alcanzándose relativamente rápido el valor máximo de la corriente reactiva. Esta variante se usa preferentemente cuando el efecto de la emisión de potencia reactiva sobre la tensión es reducido, es decir, en una red rígida o si ha de garantizarse que en cualquier caso se quede por debajo de una tensión determinada o predefinible.

La variante 2 muestra alternativamente una regulación en la que en la banda de tensión normal de hasta 110 % de U/U_n no se hace reaccionar a cambios de tensión con modificaciones de la emisión de potencia reactiva, y en caso de excederse la banda de tensión se regula bruscamente a un valor que corresponde a una emisión de potencia reactiva correspondiente y, si sigue subiendo la tensión de una función en este caso lineal de la estática, se incrementa la emisión de potencia reactiva.

Esta variante resulta ventajosa si por este cambio brusco se consigue ya una tensión tolerable y si la función hace que la creciente tensión sea compensada por una mayor emisión de potencia reactiva. Para ello, la función con la que aumenta la emisión de potencia reactiva debería corresponder aproximadamente al efecto sobre la tensión. Se trata de una llamada "red blanda". Generalmente, son posibles diversas variantes, en especial también funciones no lineales en las áreas en las que están representadas funciones lineales.

Si en la red de alta tensión existe un error o una sobretensión superior a un valor de sobretensión predefinible, que puede provocar daños a componentes de la instalación de energía eólica, se plantea el problema de que, además de la operación de la instalación de energía eólica, es decir, de la alimentación de potencia a la red, también debe seguir quedando garantizada una protección suficiente. Para no someter a una sobretensión demasiado alta a equipos eléctricos correspondientes, hay que garantizar que no se abandone hacia arriba el área debajo de la segunda función de tensión 42 para la operación de la instalación de energía eólica, representada en la figura 5. La figura 5 muestra correspondientemente una representación esquemática de una función de tensión sobre el tiempo, estando aplicado sobre la ordenada $(U_i + \Delta U)/U_i$, siendo U_i un valor de cresta de una tensión de aislamiento de cálculo y siendo ΔU una cresta de tensión no periódica superpuesta.

En el área debajo de la segunda curva de tensión 42, por lo tanto, es posible operar una instalación de energía eólica con sobretensión mientras no se realicen conmutaciones bajo carga. Para realizar conmutaciones bajo carga ha de garantizarse que la instalación de energía eólica se desconecte de la red dentro del área representada debajo de la segunda función de tensión 42. Debajo de la primera función de tensión 41 pueden realizarse sin problemas conmutaciones bajo carga. En la figura 5 se trata de una norma correspondiente para equipos de conmutación (norma IEC 60439-1).

Según esta norma, por ejemplo, es posible pasar por una sobretensión admisible de aprox. 140 % sin conmutaciones por parte de la instalación de energía eólica, teniendo que reducirse la sobretensión, al cabo de un segundo, a aprox. 10 % para evitar la sobrecarga de los componentes eléctricos.

50

Según la invención, la instalación de energía eólica o un dispositivo de vigilancia de la instalación de energía eólica detecta una sobretensión y alimenta la potencia reactiva correspondiente para reducir la tensión. La reducción de tensión se vigila y si hay que temer que se sobrepasen las líneas límite o la primera función de tensión 41 o la segunda función de tensión 42, la instalación se desconecta de la red. Esto se realiza preferentemente teniendo en consideración el tiempo de reacción del seccionador empleado, por ejemplo el seccionador 32 de la figura 3 o del contactor 33 de la figura 3, dado el caso bajo carga. Puesto que las sobretensiones también pueden durar más tiempo, por ejemplo si existe un error correspondiente en la red, y la desconexión de la instalación de energía eólica de la red se realiza por ejemplo con un retraso de tiempo de 40 ms a 100 ms, según el tipo de conmutador, en principio sería necesaria una configuración más alta de la resistencia a la tensión de los componentes eléctricos de la instalación de energía eólica o del parque eólico, ya que por razones de protección, ya al principio del error debería producirse una señal para la desconexión para que la instalación de energía eólica se desconecte a tiempo si el error o la sobretensión persiste durante más tiempo.

Aquí entra en juego la solución según la invención, de modo que en caso de una tensión demasiado alta en la red 31, un convertidor o un sistema de generador y convertidor por ejemplo con un dispositivo de regulación 51, tal como está representado de forma simplificada y esquemática en la figura 6, según una estática de tensión según la figura

4 se alimenta por ejemplo una corriente reactiva inductiva a la red 31 para reducir la tensión en la instalación de energía eólica o en el parque eólico. Entonces, preferentemente, también se prevé que mediante una señal del seguimiento de la operación se evita que componentes afectados directamente por el aumento de tensión que no están concebidos para la operación a una tensión más elevada realicen conmutaciones que pudiesen provocar
5 daños a los componentes.

Mediante una vigilancia se comprueba si la regulación es suficientemente rápida, por ejemplo, que en un plazo de 30 ms tras comenzar el suceso o tras el comienzo de la sobretensión se suministre una corriente reactiva suficientemente alta, por ejemplo, un valor del 90 % del valor final, o si la tensión se ha podido reducir
10 suficientemente a un valor deseado dentro de este plazo. Una reducción suficiente puede ser por ejemplo una reducción a o por debajo de un valor máximo predefinible o a un valor dentro de un área de tensión/tiempo admisible.

Una representación esquemática de una regulación de una corriente reactiva I_B suficientemente alta está representada en la figura 7 en función del tiempo en unidades arbitrarias (au). Con 81 está representado un valor teórico de corriente reactiva. Con 82 está representada una primera curva de valor real de corriente reactiva y con 83 está representada una segunda curva de valor real de corriente reactiva. La regulación de la corriente reactiva según la curva 82 en este ejemplo de realización es suficiente para alimentar con la rapidez suficiente una corriente reactiva suficientemente alta. La curva 83 muestra un desarrollo que representa una regulación demasiado lenta, lo
20 que podría deberse por ejemplo a que es demasiado grande la parte integral de un regulador PI empleado por ejemplo.

Si no se realiza ninguna reducción suficiente de la tensión o si no se alimentó la corriente suficiente, se ha de partir de un comportamiento erróneo de la instalación de energía eólica o de un suceso inhabitual en la red de alta tensión
25 31. En este caso, se dispara una señal para la desconexión de la instalación de energía eólica de la red, por un conmutador preconectado o por un conmutador con el poder de conmutación suficiente como, por ejemplo, el disyuntor 32 o el contactor 33, para garantizar que aún antes de transcurrir un plazo crítico, por ejemplo 100 ms a 130 % de tensión nominal se produzca una desconexión de la red de la instalación de energía eólica o la desconexión del parque eólico y, por tanto, que la tensión en los componentes correspondientes vuelva a situarse en
30 el rango admisible.

Si se produce una reducción suficiente de la tensión, la instalación de energía eólica o el parque eólico puede seguir operando. A pesar de un error en el lado de alta tensión, la tensión en la instalación de energía eólica y, por tanto, para los componentes de la instalación de energía eólica se reduce a valores admisibles, por lo que es posible pasar
35 incluso por errores o sobretensiones notablemente más largos, por ejemplo un 120 % de sobretensión durante un segundo, es decir, tensiones más altas de lo que sería posible según la norma para equipos de conmutación, es decir, sin reducción de tensión. Para seguir protegiendo la instalación de energía eólica o el parque eólico está prevista una vigilancia adicional de los valores límite que provoca la desconexión de la instalación de energía eólica en caso de sobrepasar tensiones definidas o en caso de una curva de tensión predefinida o el abandono de un área
40 de tensión/tiempo definido. Adicionalmente, está previsto disponer equipos sensibles detrás de una SAI 52 capaz de funcionar duraderamente bajo sobretensión. Si está conectada entre la red 31 y los componentes correspondientes, la SAI puede evitar eficazmente que se transmita el aumento de tensión. De esta forma, es posible alimentar componentes que no pueden funcionar ni siquiera brevemente con sobretensión o componentes que deben desconectarse durante una sobretensión, pero que no han de concebirse para ello.

Según la invención, como se indica en la figura 3, basta con prever un disyuntor 32 o un contactor 33 en el circuito de rotor o en la conexión del convertidor de red en una instalación de energía eólica con un generador asíncrono con doble alimentación, si existen conmutadores separados para el circuito de estator y el circuito de rotor y si el disyuntor y/o el contactor en el circuito de rotor están concebidos para una capacidad de conmutación a una tensión
50 más elevada.

La figura 6 muestra una representación esquemática de una regulación de tensión de una instalación de energía eólica con un dispositivo de regulación 51, por la que al menos algunas partes o una parte con una SAI 52 son alimentadas de tensión de manera segura, quedando garantizada también una protección correspondiente contra
55 sobretensiones. De magnitudes de entrada para el dispositivo de regulación 51 sirven un valor máximo de potencia activa 70 predefinible, un valor teórico de potencia reactiva 71 y un valor teórico de tensión 72. El valor teórico de tensión 72 se compara con una tensión de salida U. El importe diferencial o comparativo se suministra a un regulador de tensión 73 y conduce a una tensión regulada que junto a una comparación entre la potencia reactiva, calculada a partir de la tensión y la corriente en un cálculo de potencia reactiva 78, y el valor teórico de potencia
60 reactiva conduce a un parámetro de regulación para la regulación de potencia reactiva 74 que es una magnitud de entrada para el módulo de definición 77. Por otro lado, la potencia 70 máxima predefinida sirve de magnitud de comparación para una potencia activa calculada en el cálculo de potencia activa 76 a partir de la corriente emitida o la tensión emitida. El valor diferencial correspondiente se suministra a una regulación de potencia activa 75. El resultado de ello sirve también de magnitud de entrada del módulo de definición 77. En el módulo de definición 77 se
65 calculan y controlan parámetros de desacoplamiento, parámetros de limitación, conmutaciones correspondientes, etc. La salida del dispositivo de regulación 51 va a un convertidor o un sistema de convertidor y generador 79.

Partiendo de ello se emiten una tensión correspondiente y una corriente U e I correspondiente, a saber, en la dirección 80 a la red 31 o a un punto de entrega a la red 31.

Preferentemente, para determinar el momento del disparo de la señal para la desconexión de la instalación de energía eólica de la red se prevé una curva de desconexión por sobretensión que preferentemente se determinó de forma empírica. Para ello, preferentemente, en una memoria del dispositivo de regulación o de un ordenador está depositado un modelo en forma de una base de datos que sirve para la operación de la instalación de energía eólica y partes de la misma. En particular, está previsto un campo de datos característicos para la operación de la instalación de energía eólica en el intervalo de sobretensiones en el que, preferentemente, se tiene en cuenta especialmente también al menos un tiempo de reacción de al menos un seccionador. Por lo tanto, el campo de datos característicos de operación presenta datos característicos de riesgo de operación, mediante los que es posible una operación segura de la instalación de energía eólica en caso de sobretensiones en la red de alta tensión. De esta forma, la instalación de energía eólica puede seguir operando incluso en caso de altas sobretensiones, quedando protegidos contra la sobretensión los componentes de la instalación de energía eólica, teniendo que concebirse especialmente sólo pocos componentes para una mayor resistencia a la tensión. Además, la instalación de energía eólica se protege contra altas sollicitaciones mecánicas durante las llamadas igniciones "crowbar" en caso de sobretensiones, de tal forma que se reduce la tensión en el generador.

LISTA DE SIGNOS DE REFERENCIA

20	1 a 9	Lugar
	10	Parque eólico
	15 a 19	Instalación de energía eólica
	25 a 29	Rotor
25	30	Generador
	31	Red
	32	Disyuntor
	33	Contactador
	34	Conmutador
30	41	Primera función de tensión
	42	Segunda función de tensión
	50	Regulación del parque
	51	Dispositivo de regulación
	52	Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI)
35	53	Convertidor
	54	Circuito de rotor
	55	Circuito de estator
	56	Fuente de corriente reactiva
	60	Resistencia
40	61	Bobina
	62	Condensador
	63	Transformador con tomas
	64	Definición de valor teórico
	64'	Definición de valor teórico
45	65	Transformador de tres devanados
	66	Pie de torre
	70	Valor máximo de potencia activa
	71	Valor teórico de potencia reactiva
	72	Valor teórico de tensión
50	73	Regulador de tensión
	74	Regulación de potencia reactiva
	75	Regulación de potencia activa
	76	Cálculo de potencia activa
	77	Módulo de definición
55	78	Cálculo de potencia reactiva
	79	Convertidor/generador
	80	A la red
	81	Valor teórico de corriente reactiva
	82	Primera curva de valor real de corriente reactiva
60	83	Segunda curva de valor real de corriente reactiva
	t	Tiempo
	P	Potencia activa
	Q	Potencia reactiva
	U	Tensión
65	I	Corriente
	Ib	Corriente reactiva

I_{p_n}	Corriente reactiva nominal
ϕ	Fase
U_n	Tensión nominal

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la operación de una instalación de energía eólica (15 a 19) con un generador (30) eléctrico accionado por un rotor (25 a 29) para la emisión de potencia eléctrica a una red eléctrica (31) que prevé una tensión de red, según el cual cuando en la red (31) reina una sobretensión se alimenta potencia reactiva de la instalación de energía eólica (15 a 19) a la red (31) para reducir una tensión existente entre un punto de enlace de la instalación de energía eólica (15 a 19) a la red eléctrica (31) y el generador (30) de la instalación de energía eólica (15 a 19), y según el cual se vigila si dentro de un plazo predefinible la tensión se ha reducido a un valor teórico predefinible y/o se emite una corriente reactiva superior o igual a un valor teórico de corriente reactiva predefinible, y sólo cuando se sobrepasa un intervalo de sobretensión predefinible se alimenta una mayor potencia reactiva a la red (31).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque en caso de que no se alcanzaron el valor teórico de tensión predefinible y/o el valor teórico de corriente reactiva predefinible se dispara una señal para la desconexión de la instalación de energía eólica (15 a 19) de la red (31).
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque están previstas una primera función de límite (42) de valores teóricos de tensión predefinidos en función del tiempo (t) y/o una segunda función de límite de valores teóricos de corriente reactiva inductiva predefinida en función del tiempo (t), y no se dispara ninguna señal para la desconexión de la instalación de energía eólica (15 a 19) de la red (31) mientras la tensión permanezca por debajo de la primera función de límite (42) y/o mientras la corriente reactiva permanezca por encima de la segunda función de límite.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque está prevista una regulación de tensión y/o una regulación de corriente reactiva.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 2 a 4, caracterizado porque el momento del disparo de la señal de la desconexión de la instalación de energía eólica (15 a 19) de la red (31) depende de un tiempo de reacción de un seccionador (32, 33).
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque la vigilancia continúa cuando se ha alcanzado el valor teórico de tensión predefinible y/o el valor teórico de corriente reactiva predefinible y, en particular, cuando reina una tensión nominal en la red (31), y se sigue alimentando potencia reactiva a la red (31) más allá del tiempo predefinible, hasta que la tensión alcance otro valor predefinible, y especialmente, al alcanzarse el otro valor predefinible de la tensión, la emisión de potencia reactiva se reduce de tal forma que no se sobrepase el valor predefinible de la tensión.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque en caso de una tensión de diafonía predefinible de una sobretensión de la red (31), al menos un componente eléctrico (34, 50, 51) de la instalación de energía eólica (15 a 19) y/o de un parque eólico (10) no realiza conmutaciones y/o suspende las conmutaciones, y especialmente al menos un componente eléctrico (34, 50, 51) de la instalación de energía eólica no puede exponerse ni siquiera brevemente a una tensión de diafonía predefinible de una sobretensión de la red (31), y/o al menos un componente eléctrico (34, 50, 51) que realiza una conmutación y que no está concebido para la sobretensión o la tensión de diafonía es alimentado por un sistema de alimentación ininterrumpida (52), realizándose el procedimiento especialmente durante un período de tiempo máximo predefinible.
8. Procedimiento para la operación de un parque eólico con al menos dos instalaciones de energía eólica (15 a 19), realizándose un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que especialmente una regulación del parque (50) controla una fuente de corriente reactiva (56) del parque.
9. Instalación de energía eólica (15 a 19) con un generador (30) eléctrico accionado por un rotor (25 a 29) para la emisión de potencia eléctrica a una red eléctrica (31), en la cual cuando en la red reina una sobretensión puede alimentarse potencia reactiva de la instalación de energía eólica (15 a 19) a la red (31) para reducir una tensión existente entre un punto de enlace de la instalación de energía eólica (15 a 19) a la red eléctrica (31) y el generador (30) de la instalación de energía eólica (15 a 19), y en la cual está previsto un dispositivo de vigilancia (50, 51) configurado para vigilar si dentro de un plazo predefinible la tensión se ha reducido a un valor teórico predefinible y/o se emite una corriente reactiva superior o igual a un valor teórico de corriente reactiva predefinible, estando configurado el dispositivo de vigilancia (50, 51) de tal forma que sólo cuando se sobrepasa un intervalo de sobretensión predefinible se alimenta una mayor potencia reactiva a la red (31).
10. Instalación de energía eólica (15 a 19) según la reivindicación 9, caracterizada porque el dispositivo de vigilancia (50, 51) dispara una señal para la desconexión de la instalación de energía eólica (15 a 19) de la red (31) si no se alcanzó el valor teórico de tensión predefinible y/o el valor teórico de corriente reactiva predefinible, estando previsto especialmente un dispositivo de regulación (51) con el que es posible una regulación de tensión y/o una regulación de corriente reactiva.

11. Instalación de energía eólica (15 a 19) según la reivindicación 9 o 10, caracterizada porque está previsto un convertidor (53) o un sistema de convertidor y generador (30, 53) que alimenta una corriente reactiva a la red (31) para reducir la tensión, estando previsto especialmente un sistema de alimentación ininterrumpida (52) que
5 protege al menos un equipo eléctrico (50, 51) sensible o un componente eléctrico (34) sensible contra sobretensiones, estando configurados especialmente el circuito de rotor (54) y/o el circuito de estator (55) con un disyuntor (32) o contactor (33) configurado para sobretensiones, estando previstos especialmente conmutadores (32, 33, 34) separados para el circuito de rotor (54) y el circuito de estator (55).
- 10 12. Instalación de energía eólica (15 a 19) según la reivindicación 9 a 11, caracterizada porque el generador (30) es un generador asíncrono con doble alimentación, siendo especialmente el convertidor (53) un convertidor de circuito intermedio, presentando especialmente el convertidor de circuito intermedio (53) al menos una resistencia conmutable en un circuito intermedio y/o en una conexión eléctrica al generador (30), siendo activada la resistencia cuando la potencia, la tensión aplicada y/o la corriente que circula por el convertidor (53) alcanza un valor
15 límite predefinible respectivamente.
13. Parque eólico (10) con al menos dos instalaciones de energía eólica (15 a 19) según una de las reivindicaciones 9 a 12.
- 20 14. Parque eólico (10) según la reivindicación 13, caracterizado porque está prevista una fuente de corriente reactiva de parque (56) dispuesta a distancia de las instalaciones de energía eólica (15 a 19).

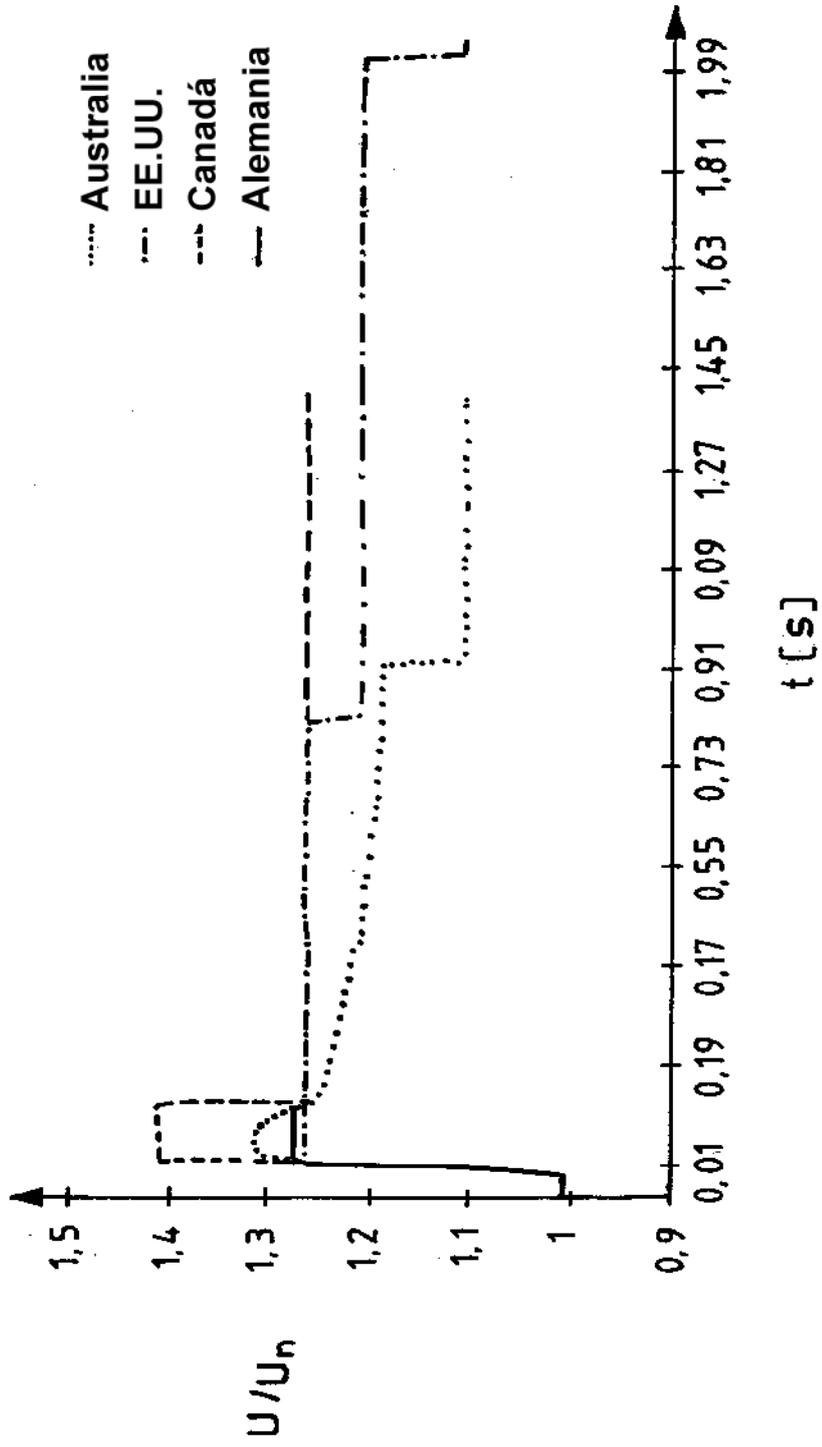


Fig. 2

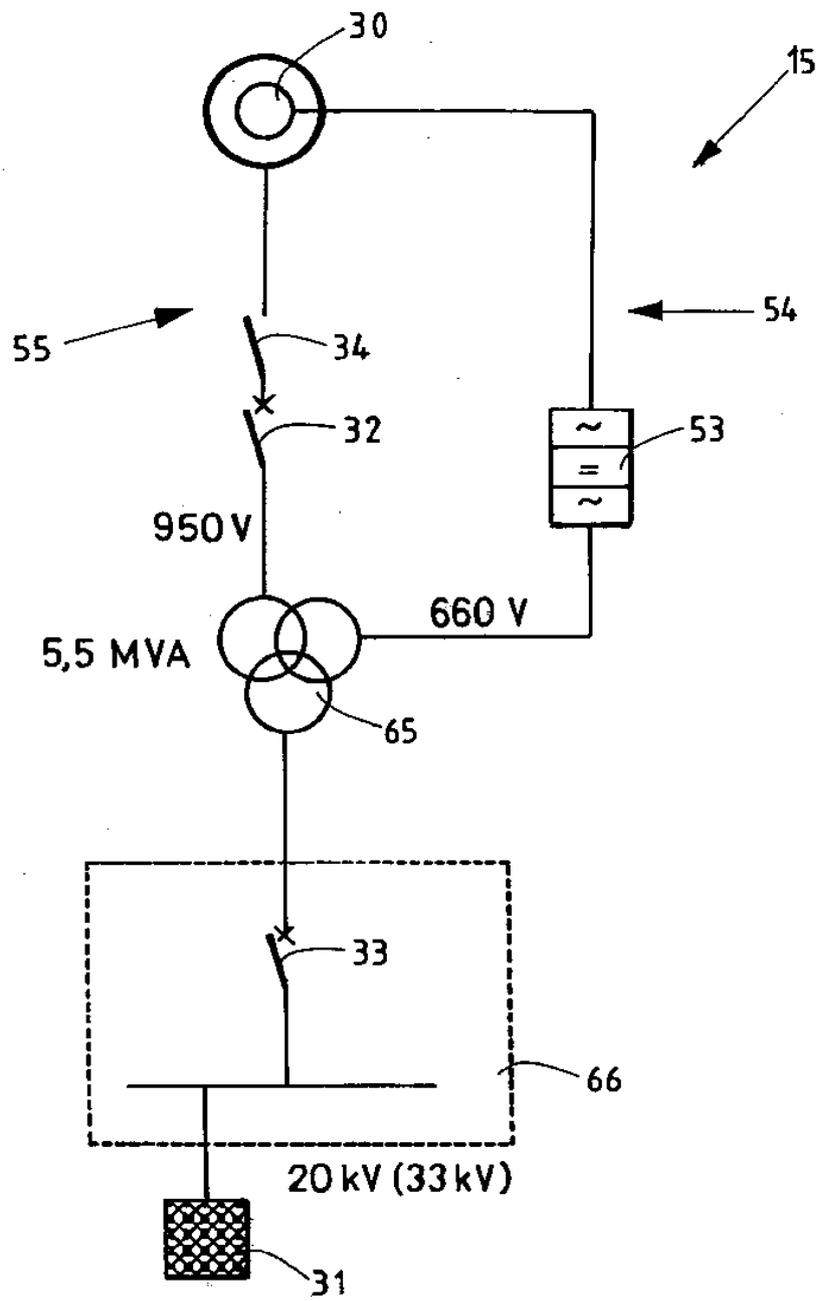


Fig. 3

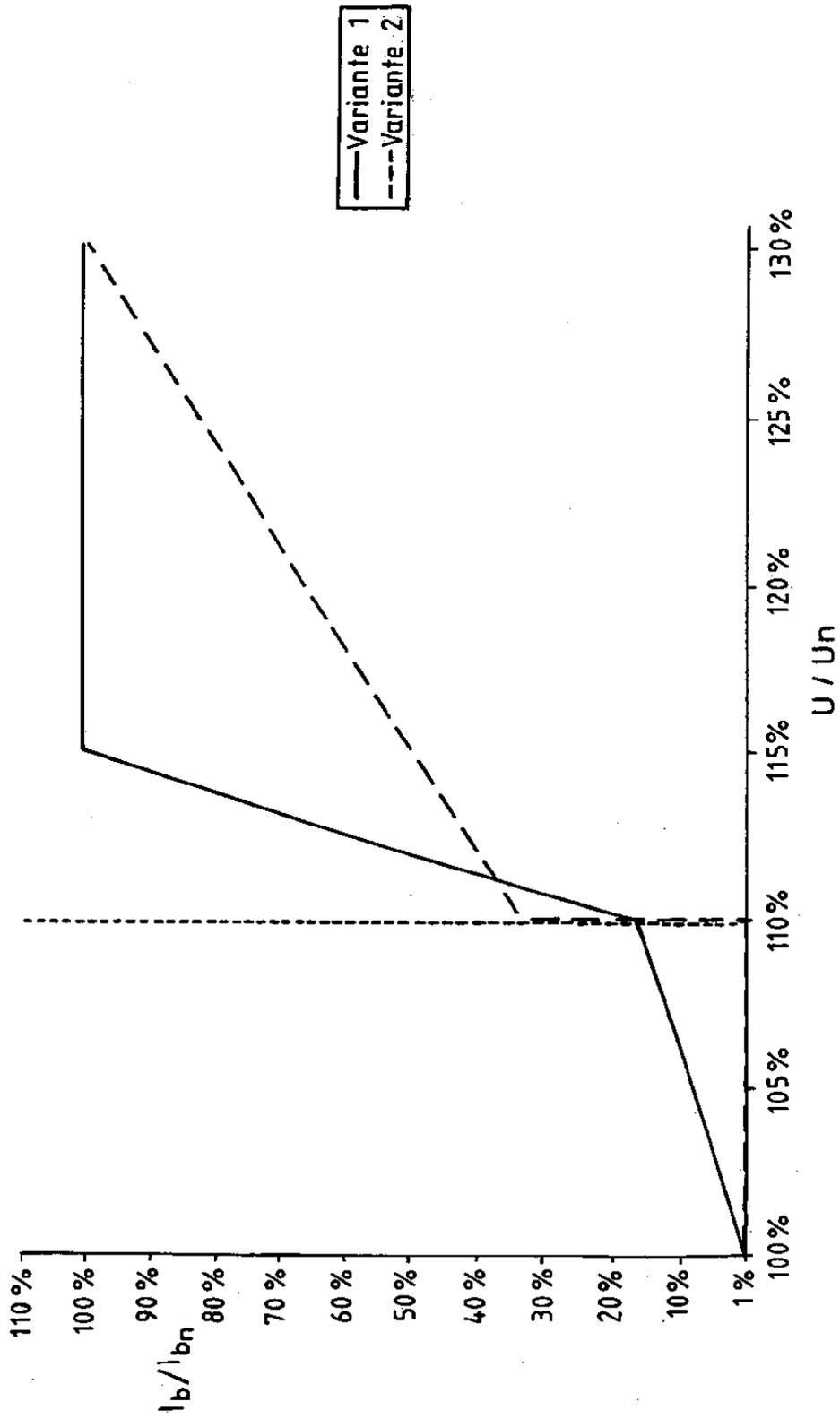


Fig. 4

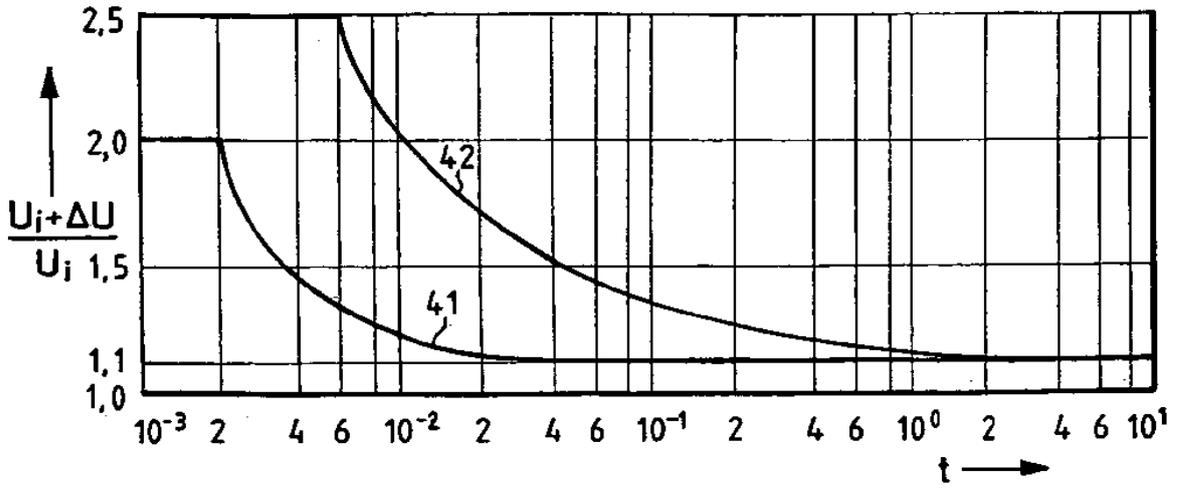


Fig. 5

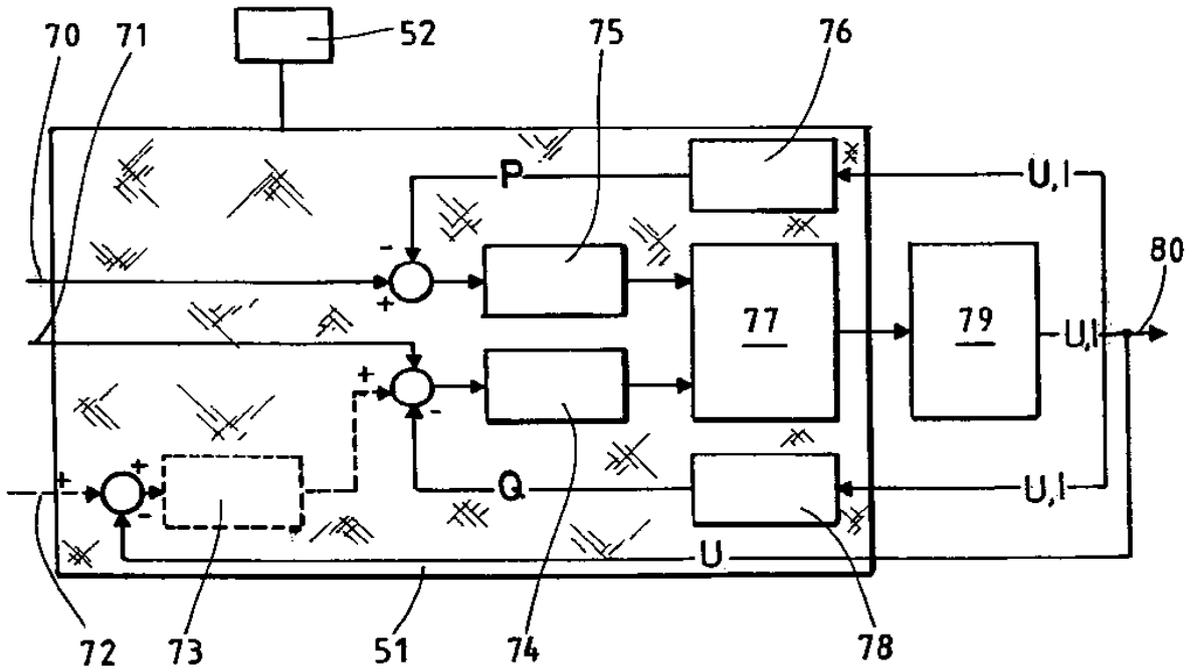


Fig. 6

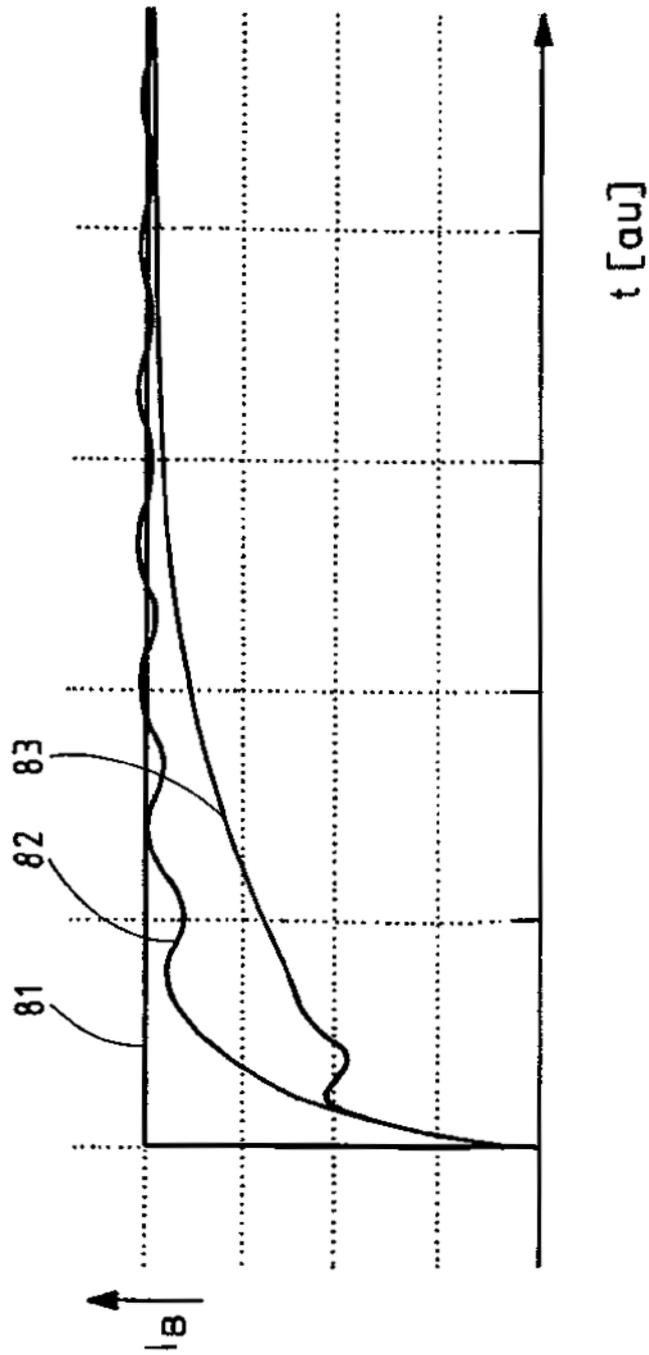


Fig. 7