

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 381 311**

51 Int. Cl.:  
**H02P 9/10** (2006.01)  
**G01R 19/25** (2006.01)  
**G01R 21/127** (2006.01)  
**G05F 1/70** (2006.01)  
**H02J 3/16** (2006.01)  
**H02J 3/50** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08020123 .9**  
96 Fecha de presentación: **19.11.2008**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2066017**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **03.06.2009**

54 Título: **Procedimiento para el accionamiento de una instalación de energía eólica con un mando dependiente de la tensión de una magnitud reactiva eléctrica a proporcionar**

30 Prioridad:  
**01.12.2007 DE 102007057925**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**25.05.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**25.05.2012**

73 Titular/es:  
**NORDEX ENERGY GMBH  
BORNBARCH 2  
22848 NORDERSTEDT, DE**

72 Inventor/es:  
**Jurkat, Mark;  
Richter, Kay y  
Harder, Ralf**

74 Agente/Representante:  
**Roeb Díaz-Álvarez, María**

ES 2 381 311 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 el accionamiento de una instalación de energía eólica con un mando dependiente de la tensión de una magnitud reactiva eléctrica a proporcionar.

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para el accionamiento de una instalación de energía eólica con un mando dependiente de la tensión de una magnitud reactiva eléctrica a proporcionar, en el que se calcula un valor nominal para la magnitud reactiva eléctrica.

10 A los parques eólicos actuales y a sus instalaciones de energía eólica se les exige que estén conectadas a la red eléctrica para apoyar la tensión. Por ello está previsto, que desde las instalaciones individuales de energía eólica y/o desde el parque solar se proporcione en su conjunto una potencia reactiva dependiente de la tensión. Esto se denomina también regulación automática de la tensión (AVR) y sirve para, ante fluctuaciones de tensión que se mantienen dentro de determinados intervalos, mantener constante la tensión en la red proporcionando potencia reactiva y/o corriente reactiva.

15 Del documento EP1282774 se conoce un procedimiento para el accionamiento de una instalación de energía eólica con un generador, que genera potencia eléctrica para una red de suministro eléctrico. La instalación de energía eólica consiste en una instalación con regulación del paso, cuya potencia se regula y/o ajusta en función de la frecuencia de la red. También es conocido que se reduce la potencia alimentada cuando la frecuencia de red se encuentra en más de un 3% por encima de un valor de referencia para la frecuencia de red.

20 Por el documento EP1386078 se conoce variar el ángulo de fase en función del valor de una tensión determinada en la red de suministro. Con ello, el ángulo de fase permanece invariable dentro de un intervalo muerto. Cuando se abandona el intervalo muerto, se aumenta el valor del ángulo de fase, que describe la parte de potencia reactiva, para tensión creciente o decreciente.

25 Por el documento EP1508951A1 es conocido adaptar dinámicamente la potencia reactiva proporcionada en una instalación de energía eólica, en función de parámetros de la instalación de energía eólica.

30 Por el documento FR2823381 se conoce una regulación del intervalo de tolerancia, en la que se presenta un valor incrementado o reducido de la potencia reactiva, cuando la tensión de red se encuentra fuera de un intervalo predeterminado de tolerancia.

35 En el documento EP1841037A1 se publica un mando central para un parque eólico, en el que una potencia reactiva medida en un punto de alimentación a la red se divide en una pluralidad de valores nominales de potencia reactiva para cada una de las instalaciones individuales de energía eólica del parque eólico.

40 La invención tiene por objeto el proporcionar un procedimiento para el accionamiento de una instalación de energía eólica, en el que se pueda reaccionar de forma eficaz con medios sencillos a variaciones de tensión proporcionando una magnitud reactiva eléctrica.

45 El objetivo se resuelve de acuerdo con la invención mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1. Conformaciones ventajosas constituyen el objeto de las reivindicaciones dependientes.

50 La invención se refiere a un procedimiento para el accionamiento de una instalación de energía eólica con un mando dependiente de la tensión de una magnitud reactiva eléctrica a proporcionar. Para la magnitud reactiva eléctrica se calcula un valor nominal en el procedimiento de acuerdo con la invención. El procedimiento de acuerdo con la invención parte para ello del hecho de que para la tensión de red está definido un primer valor límite superior y/o un primer valor límite inferior de la tensión de red. Por lo tanto, de acuerdo con la invención, el procedimiento de acuerdo con la invención comprende tres variantes, que se refieren a los casos en los que (primero) sólo se haya definido un primer valor límite superior, (segundo) sólo se haya definido un segundo valor límite inferior y (tercero) se hayan definido tanto un primer valor límite superior como también un primer valor límite inferior. El procedimiento de acuerdo con la invención prevé que cuando el valor real de la tensión de red supera el primer valor límite superior, se aumenta o reduce el valor nominal de la magnitud reactiva eléctrica de tal forma que se actúa en contra de la desviación del valor real de la tensión de red de su valor nominal. Asimismo, el procedimiento de acuerdo con la invención prevé en las variantes dos y tres, que en caso de quedar por debajo del primer valor límite inferior, se aumenta o reduce el valor nominal de la magnitud reactiva eléctrica de tal forma que se actúa en contra de la desviación del valor real de la tensión de red de su valor nominal. De acuerdo con la invención, el valor nominal de la magnitud reactiva eléctrica se sigue aumentando o reduciendo continuamente en el tiempo mientras el valor real de la tensión de red supere el primer valor límite superior o esté por debajo del primer valor límite inferior. En el procedimiento de acuerdo con la invención se realiza por lo tanto una variación continua en el tiempo del valor nominal de la magnitud reactiva eléctrica en el momento en el que se supera el primer valor límite superior y/o se queda por debajo del primer valor límite inferior. Esta variación se mantiene mientras los valores reales de la tensión de red se encuentren por encima o por debajo del primer valor límite superior o del primer valor límite inferior.

De acuerdo con la invención, el valor nominal de la magnitud reactiva eléctrica se aumenta o reduce hasta que el valor nominal haya alcanzado un valor máximo o un valor mínimo. La variación del valor nominal para la magnitud reactiva eléctrica finaliza cuando el valor nominal ha alcanzado un valor máximo o mínimo predeterminado. La ventaja de esta limitación consiste en que, cuando la instalación de energía eólica no puede desplegar una función de apoyo de la red, se interrumpe un mayor incremento o reducción de la magnitud reactiva eléctrica a partir de un valor máximo o mínimo previsto.

De acuerdo con la invención, se define adicionalmente un segundo valor límite inferior, que es menor o igual que el primer valor límite superior. Cuando el valor real de la tensión queda por debajo del segundo valor límite inferior, se aumenta o reduce el valor nominal de la magnitud reactiva de forma continua en el tiempo, hasta que se haya alcanzado un primer valor nominal predeterminado para la magnitud reactiva eléctrica. De forma análoga, también se define un segundo valor límite superior, que es mayor o igual que el primer valor límite inferior, en donde, cuando el valor real de la tensión de red supera el segundo valor límite superior, se aumenta o reduce el valor nominal de la magnitud reactiva eléctrica de forma continua en el tiempo, hasta que se haya alcanzado un segundo valor nominal predeterminado para la magnitud reactiva eléctrica. Los segundos valores límite superior e inferior adicionales permiten definir un intervalo de tensión, en el que es posible un aumento o una reducción a valores nominales predeterminados para la magnitud reactiva eléctrica.

De acuerdo con la invención, cuando el valor real de la tensión de red queda nuevamente por debajo del primer valor límite superior o vuelve a superar el primer valor límite inferior, el valor nominal para la magnitud reactiva eléctrica se sitúa a un valor constante en el tiempo. El valor constante en el tiempo para la magnitud reactiva eléctrica es para ello preferentemente igual al valor real actual de la magnitud reactiva eléctrica en el instante en el que se vuelve a superar el primer valor límite inferior o se vuelve a quedar por debajo del primer valor límite superior. En esta conformación se mantiene por lo tanto constante el valor nominal para la magnitud reactiva eléctrica a su valor actual cuando el valor real de la tensión de red se vuelve a situar en el intervalo definido por el primer valor límite superior y el primer valor límite inferior. De forma análoga a la conformación anteriormente descrita del procedimiento de acuerdo con la invención, en la que está previsto el valor constante en el tiempo para la magnitud reactiva, también está previsto que cuando el valor real de la tensión de red vuelva a superar el segundo valor límite inferior y/o vuelva a quedar por debajo del segundo valor límite superior, se sitúe el valor nominal para la magnitud reactiva eléctrica a un valor constante en el tiempo. Para ello, el valor constante en el tiempo puede ser preferentemente de nuevo el valor nominal actual de la magnitud reactiva eléctrica.

En relación con la provisión de potencia reactiva son habituales diferentes formas de expresión en lenguaje técnico:

Se puede hablar, por ejemplo, de la provisión de potencia reactiva capacitiva o inductiva, de la alimentación o extracción de potencia reactiva o de un funcionamiento sobreexcitado o subexcitado. A continuación, se hablará, en tanto no se indique lo contrario, siempre de una potencia reactiva que aumenta la tensión o de una potencia reactiva que reduce la tensión. En la observación de instalaciones de energía eólica en la red también se han establecido diferentes convenciones de signos en relación con las magnitudes reactivas eléctricas, ya sea ahora una potencia reactiva eléctrica o una corriente reactiva eléctrica. A continuación se utilizará un signo positivo para la potencia reactiva que aumenta la tensión y un signo negativo para la potencia reactiva que reduce la tensión.

En un perfeccionamiento preferido del procedimiento de acuerdo con la invención, el primer valor límite superior de la tensión de red es mayor que el valor nominal o igual que el valor nominal para la tensión de red. Asimismo, el primer valor límite inferior de la tensión de red es menor o igual que el valor nominal de la tensión de red. Por lo tanto, los primeros valores límite superior e inferior se encuentran preferentemente por encima o por debajo del valor nominal para la tensión de red.

En una conformación preferida, los valores nominales predeterminados para la primera y para la segunda magnitud reactiva eléctrica son iguales, particularmente preferentemente presentan ambos valores nominales el valor de cero. Por lo tanto, en esta conformación, en caso de quedar por debajo del segundo valor límite inferior se produce un reseteo del valor nominal para la magnitud reactiva eléctrica al valor de cero. Mediante la incorporación de los segundos valores límite superior e inferior, se puede realizar una regulación al menos constante paso por paso.

En una conformación preferida del procedimiento de acuerdo con la invención, el segundo valor límite superior de la tensión de red es menor o igual que el primer valor límite superior de la tensión de red. Asimismo, el segundo valor límite inferior de la tensión de red es preferentemente mayor o igual que el primer valor límite inferior de la tensión de red.

Al experto le será conocido de forma general, que existen diferentes posibilidades para la representación de magnitudes reactivas eléctricas:

potencia reactiva, corriente reactiva, ángulo de fase o factor de potencia.

Asimismo, al experto le será también conocido, que para la provisión y actuación de una magnitud reactiva eléctrica uno se puede basar en el mando del generador y/o del sistema convertidor de frecuencia y/o del sistema de

desplazamiento de fase.

En una conformación preferida del procedimiento de acuerdo con la invención los valores límite se pueden ajustar con respecto al valor nominal para la tensión de red.

5 A continuación se describe más detalladamente el procedimiento de acuerdo con la invención mediante un ejemplo. Muestran:

10 fig. 1 una representación de la determinación del valor nominal para la potencia reactiva en función de la tensión medida,

fig. 2 una representación de una determinación alternativa del valor nominal para la potencia reactiva en función de la tensión medida,

15 fig. 3 un desarrollo a modo de ejemplo de la tensión y del valor nominal de la potencia reactiva con respecto al tiempo,

20 fig. 4 y 5 representaciones de otras determinaciones alternativas del valor nominal para la potencia reactiva en función de la tensión medida, y

fig. 6 una representación de la determinación del valor nominal según la fig. 1 con una elección de signo diferente.

25 La fig. 1 muestra en la abscisa el valor para la tensión de red  $U$ , en donde  $U_N$  indica un valor nominal para la tensión de red. A lo largo de las ordenadas se representan los valores para la potencia reactiva  $Q$ , en donde por encima de la abscisa se representa una potencia reactiva que aumenta la tensión y por debajo de la abscisa una potencia reactiva que reduce la tensión.

30 Cuando se produce un incremento de la tensión de red, el procedimiento de regulación de acuerdo con la invención no actúa hasta que se alcanza el primer valor límite superior  $U_1$  y no modifica el valor nominal actual para la potencia reactiva. Sólo cuando se supera el valor límite  $U_1$  se realiza una reducción del valor nominal de la potencia reactiva, es decir, se proporciona una potencia reactiva que reduce la tensión. El valor nominal de la potencia reactiva se reduce continuamente en el tiempo hasta que o bien se ha alcanzado un valor límite de la potencia reactiva  $Q_{\min}$  o hasta que se vuelva a quedar por debajo del valor límite de la tensión  $U_1$ . Por lo tanto, el valor nominal de la potencia reactiva se sigue reduciendo a partir del instante en el que se supera el valor límite  $U_1$  en correspondencia con la duración del tiempo que está por encima del valor límite  $U_1$ , en donde la reducción del valor nominal se puede realizar, por ejemplo, con un valor constante por unidad de tiempo:  $dQ/dt = \text{constante}$ . Cuando se ha alcanzado un valor límite para la potencia reactiva  $Q_{\min}$ , el valor nominal para la potencia reactiva se mantiene constante a este valor a partir de ese instante, tal y como se indica en la fig. 1 mediante el tramo a trazo discontinuo para  $Q_{\min}$ .

40 Cuando la tensión de red vuelve a quedar por debajo del valor límite  $U_1$ , se mantiene nuevamente constante el valor nominal para la potencia reactiva, y concretamente al valor nominal alcanzado hasta ese instante de tiempo.

45 Sólo cuando la tensión de red también queda por debajo del segundo valor límite inferior  $U_2$ , se vuelve a aumentar el valor nominal para la potencia reactiva, y concretamente a partir del instante de tiempo en el que queda por debajo del valor límite  $U_2$ , en correspondencia con la duración del paso por debajo del valor límite  $U_2$ . El valor nominal de la potencia reactiva se sigue aumentando hasta que se haya alcanzado un valor nominal predeterminado para la potencia reactiva, por ejemplo cero, o hasta que se vuelve a superar el valor límite  $U_2$  debido a un nuevo crecimiento de la tensión de red. A continuación se vuelve a mantener constante el valor nominal de la potencia reactiva, y concretamente al valor nominal alcanzado hasta este instante de tiempo.

50 Cuando se produce una caída de la tensión de red, el procedimiento de regulación de acuerdo con la invención no interviene hasta que se alcanza el primer valor límite inferior  $U_3$  y no varía el valor nominal actual para la potencia reactiva. Sólo cuando se queda por debajo del valor límite  $U_3$  se produce un incremento del valor nominal de la potencia reactiva, es decir, se proporciona una potencia reactiva que aumenta la tensión. El valor nominal de la potencia reactiva se continua aumentando hasta que o bien se ha alcanzado un valor límite de la potencia reactiva  $Q_{\max}$  o hasta que se vuelve a superar el valor límite de la tensión  $U_3$ . Por lo tanto, el valor nominal de la potencia reactiva se sigue aumentando a partir del instante de tiempo en el que se queda por debajo del valor límite  $U_3$ , en correspondencia con la duración del paso por debajo del valor límite  $U_3$ , en donde el incremento del valor nominal se puede realizar por ejemplo con un valor constante por unidad de tiempo:  $dQ/dt = \text{constante}$ . Cuando se alcanza un valor límite de la potencia reactiva  $Q_{\max}$ , el valor nominal de la potencia reactiva se mantiene constante a este valor a partir de este instante de tiempo, tal y como se indica en la fig. 1 mediante el tramo a trazo discontinuo para  $Q_{\max}$ .

65 Cuando la tensión de red vuelve a superar el valor límite  $U_3$ , se vuelve a mantener constante el valor nominal para la potencia reactiva, y concretamente al valor nominal alcanzado en este instante de tiempo.

Sólo cuando la tensión de red también supera el segundo valor límite superior  $U_4$  se vuelve a reducir el valor nominal

para la potencia reactiva, y concretamente a partir del instante de tiempo en el que se supera el valor límite  $U_4$ , en correspondencia con la duración del paso por encima del valor límite  $U_4$ . El valor nominal de la potencia reactiva se sigue reduciendo hasta que se haya alcanzado un valor nominal predeterminado para la potencia reactiva, por ejemplo cero, o hasta que se vuelve a quedar por debajo del valor límite  $U_4$  debido a un nuevo decrecimiento de la tensión de red. A continuación se vuelve a mantener constante el valor nominal de la potencia reactiva, y concretamente al valor nominal alcanzado hasta este instante de tiempo.

La fig. 2 muestra una realización alternativa del procedimiento, en la que los valores límite  $U_2$  y  $U_4$  son iguales. La posición del valor nominal de la tensión de red  $U_N$  no está indicada aquí, y se puede encontrar en cualquier punto comprendido en el intervalo entre  $U_3$  y  $U_1$ , y no tiene por qué coincidir con  $U_2$  o con  $U_4$ .

Supóngase que se ha ajustado un valor nominal para la potencia reactiva por debajo de la abscisa (= potencia reactiva que reduce la tensión) y que la tensión de red desciende más allá del intervalo comprendido entre  $U_2$  y  $U_1$  y queda por debajo del valor límite  $U_2$ , en tal caso se aumenta el valor nominal de la potencia reactiva hasta alcanzar el valor predeterminado (por ejemplo cero), y se mantiene a continuación constante a este valor predeterminado. Sólo cuando debido a una nueva caída de la tensión de red ésta queda por debajo del valor límite  $U_3$ , se vuelve a aumentar el valor nominal de la potencia reactiva.

Correspondientemente, en el caso contrario, en el que se ha ajustado un valor nominal para la potencia reactiva por encima de la abscisa (= potencia reactiva que aumenta la tensión) y la tensión de red procedente del intervalo comprendido entre  $U_3$  y  $U_4$  crece por encima de  $U_4$ , se reduce en primer lugar el valor nominal de la potencia reactiva hasta alcanzar el valor predeterminado (por ejemplo cero), y se mantiene a continuación constante. Sólo cuando se supera el valor límite  $U_1$  debido a un nuevo aumento de la tensión de red, se vuelve a reducir el valor nominal de la potencia reactiva.

El concepto representado se puede ilustrar fácilmente en la fig. 3. La parte superior de la fig. 3 muestra a modo de ejemplo un desarrollo de la tensión con respecto al tiempo. Se pueden reconocer el primer valor límite superior de la tensión  $U_1$ , el primer valor límite inferior de la tensión  $U_3$ , y los segundos valores límite  $U_2$  y  $U_4$ , en donde se eligió  $U_2 = U_4$ . Esto se corresponde por lo tanto con la representación de la fig. 2.

La parte inferior de la fig. 3 muestra el desarrollo correspondiente del valor nominal de la potencia reactiva  $Q$  con respecto al tiempo, que se obtiene según el procedimiento de acuerdo con la invención. Se pueden observar el valor predeterminado cero, el valor límite superior  $Q_{\text{máx}}$  y el valor límite inferior  $Q_{\text{mín}}$ .

En el intervalo de tiempo comprendido entre el origen de coordenadas y el instante de tiempo  $t_1$ , la tensión aumenta gradualmente y alcanza en el instante de tiempo  $t_1$  el primer valor límite superior  $U_1$ . Tal y como se puede observar en la parte inferior del diagrama de la fig. 3, el valor nominal de la potencia reactiva permanece constante hasta el instante de tiempo  $t_1$  al valor de cero. A partir del instante de tiempo  $t_1$  y hasta  $t_2$ , la tensión supera el primer valor límite superior  $U_1$  y, de acuerdo con la invención, se reduce el valor nominal de la potencia reactiva  $Q$  con el tiempo, en tanto la tensión esté por encima del valor límite  $U_1$ . La caída lineal del valor nominal para la potencia reactiva  $Q$  se obtiene por el hecho de que está definido un decrecimiento del valor nominal constante en el tiempo, tal y como se ha descrito anteriormente en relación con la fig. 1. Básicamente, son posibles formas no lineales para el decrecimiento y/o incremento del valor nominal. De este modo también es posible, por ejemplo, conformar la variación del valor nominal proporcional a la desviación de la tensión,  $dQ/dt \sim (U_N - U_{\text{real}})$ .

En el intervalo de tiempo desde  $t_2$  hasta  $t_3$  la tensión pasa por debajo del valor límite superior  $U_1$ , y en ese intervalo de tiempo se mantiene constante el valor nominal de la potencia reactiva  $Q$  al valor que se alcanzó en el instante de tiempo  $t_2$ . A partir del instante de tiempo  $t_3$  la tensión vuelve a superar el valor límite superior  $U_1$  y se produce nuevamente una reducción constante en el tiempo del valor nominal para la potencia reactiva  $Q$ . En el instante de tiempo  $t_4$  se ha alcanzado el valor límite de la potencia reactiva  $Q_{\text{mín}}$ , a partir de este instante de tiempo no se sigue reduciendo el valor nominal de la potencia reactiva  $Q$ , sino que se mantiene constante al valor  $Q_{\text{mín}}$ , si bien la tensión se sigue encontrando por encima del valor límite superior  $U_1$  e incluso crece aún más temporalmente. En el instante de tiempo  $t_5$  la tensión vuelve a quedar por debajo del valor límite superior  $U_1$ , el valor nominal de la potencia reactiva se sigue manteniendo constante al valor alcanzado hasta ese momento  $Q_{\text{mín}}$ . En el instante de tiempo  $t_6$  la tensión queda por debajo del segundo valor límite inferior  $U_2$ , por lo que se vuelve a aumentar el valor nominal de la potencia reactiva  $Q$  con el tiempo. En el instante de tiempo  $t_7$  se vuelve a superar el valor límite inferior  $U_2$  y el valor nominal de la potencia reactiva  $Q$  se mantiene constante al valor alcanzado hasta ese momento. A partir del instante de tiempo  $t_8$  se vuelve a pasar por debajo del valor límite inferior  $U_2$ , por lo que se sigue aumentando el valor nominal de la potencia reactiva  $Q$ , hasta que en el instante de tiempo  $t_9$  se ha alcanzado el valor predeterminado de cero. A partir de este instante de tiempo se mantiene constante el valor nominal de la potencia reactiva  $Q$  al valor predeterminado de cero.

A partir del instante de tiempo  $t_{10}$  la tensión queda por debajo del primer valor límite inferior  $U_3$ , por lo que se aumenta el valor nominal de la potencia reactiva  $Q$  con el tiempo. Desde  $t_{11}$  hasta  $t_{12}$  la tensión vuelve a estar en el intervalo comprendido entre los valores límite  $U_3$  y  $U_4$ , de tal forma que en este intervalo de tiempo, el valor nominal de la potencia reactiva  $Q$  se mantiene constante al valor alcanzado en el instante de tiempo  $t_{11}$ . A partir de  $t_{12}$  la

5 tensión vuelve a quedar por debajo del valor límite inferior  $U_3$ , por lo que se sigue aumentando el valor nominal de la potencia reactiva  $Q$ , hasta que se ha alcanzado el valor límite  $Q_{m\acute{a}x}$  para la potencia reactiva en el instante de tiempo  $t_{13}$ . A partir de  $t_{13}$  se mantiene constante el valor nominal de la potencia reactiva, hasta que en el instante  $t_{14}$  se vuelve a superar el valor límite superior de la tensión  $U_4$ . Por ello, a partir de  $t_{14}$  se vuelve a reducir el valor nominal de la potencia reactiva  $Q$  con el tiempo y alcanza en el instante de tiempo  $t_{15}$  el valor predefinido de cero, en el que se vuelve a mantener constante a partir de  $t_{15}$ .

10 En las fig. 4 y 5 se han representado otras variaciones del procedimiento. La fig. 4 muestra un caso, en el que los intervalos entre  $U_2$  y  $U_1$  o entre  $U_3$  y  $U_4$  se solapan mutuamente entre sí.

15 La fig. 5 muestra el caso en el que los dos intervalos se solapan completamente entre sí. Para ello, en el intervalo global entre  $U_3$  y  $U_1$  se mantiene constante el valor nominal de la potencia reactiva, y sólo cuando se supera  $U_1$  o se queda por debajo de  $U_3$  se produce una variación del valor nominal de la potencia reactiva.

20 Las figuras 1, 2, 4 y 5 muestran por lo tanto diferentes ejemplos de cómo es posible una adaptación del procedimiento a diferentes condiciones de lugar y de red mediante la modificación de los valores límite para la tensión  $U_1 \dots U_4$ . En la práctica diaria el procedimiento se implementará de tal forma que se puedan modificar fácilmente los valores límite  $U_1 \dots U_4$  mediante la modificación de parámetros de funcionamiento de la instalación de energía eólica, o que los valores límite se desplacen en función del valor nominal de la tensión de red  $U_N$ .

25 Del mismo modo, mediante la modificación de los valores límite para la potencia reactiva,  $Q_{m\acute{i}n}$  y  $Q_{m\acute{a}x}$  es posible una fácil adaptación del procedimiento. Para un mejor aprovechamiento de la capacidad técnica de rendimiento de la instalación de energía eólica tiene además sentido que los valores límite  $Q_{m\acute{i}n}$  y  $Q_{m\acute{a}x}$  se adapten en correspondencia con la entrega instantánea de potencia efectiva y/o reserva de potencia de la instalación de energía eólica en el funcionamiento continuo. Por ejemplo, en el documento EP1508951 se describe un procedimiento adecuado.

La fig. 6 representa el procedimiento de acuerdo con la fig. 1 para el caso en el que las convenciones de signos se hayan elegido de forma diferente, concretamente de tal forma que la potencia reactiva actúe para reducir la tensión por encima de la abscisa y que la potencia reactiva actúe para aumentar la tensión por debajo de la abscisa.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para el accionamiento de una instalación de energía eólica con un mando dependiente de la tensión de una magnitud reactiva eléctrica a proporcionar, en el que se determina un valor nominal para la magnitud reactiva eléctrica de la siguiente forma:
- 5
- para la tensión de red se han definido un primer valor límite superior y/o un primer valor límite inferior (U1, U3) de la tensión de red, asimismo se han definido un segundo valor límite inferior (U2), que es menor o igual que el primer valor límite superior (U1), y/o un segundo valor límite superior (U4), que es mayor o igual que el primer valor límite inferior (U3),
  - 10 - cuando el valor real de la tensión de red supera el primer valor límite (U1) o el valor real de la tensión de red queda por debajo del primer valor límite inferior (U3), se aumenta o reduce el valor nominal de la magnitud reactiva eléctrica de tal forma que se actúa en contra de la desviación del valor real de la tensión de red con respecto a su valor nominal,
  - 15 - el valor nominal de la magnitud reactiva eléctrica se aumenta o reduce de forma continua en el tiempo, en tanto el valor real de la tensión de red esté por encima del primer valor límite superior (U1) o esté por debajo del primer valor límite inferior (U3), en donde el valor nominal de la magnitud reactiva eléctrica se aumenta o reduce hasta que el valor nominal haya alcanzado un valor máximo (Q<sub>máx</sub>) o un valor mínimo (Q<sub>mín</sub>), y
  - 20 - el valor nominal para la magnitud reactiva eléctrica se sitúa a un valor constante en el tiempo, cuando el valor real de la tensión de red vuelve a quedar por debajo del primer valor límite superior (U1) y/o vuelve a superar el primer valor límite inferior (U3), en cuyo caso, cuando el valor real de la tensión queda por debajo del segundo valor límite inferior (U2) o supera el segundo valor límite superior (U4), se aumenta o reduce el valor nominal para la magnitud reactiva eléctrica de forma continua en el tiempo, hasta que se haya alcanzado un primer o segundo valor nominal predefinido para la magnitud reactiva eléctrica.
- 25
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el primer valor límite superior (U1) de la tensión de red es mayor que el valor nominal (UN) o igual que el valor nominal (UN) para la tensión de red.
- 30
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque el primer valor límite inferior (U3) de la tensión de red es menor que el valor nominal (UN) o igual que el valor nominal (UN) para la tensión de red.
- 35
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el primer valor nominal predefinido para la magnitud reactiva eléctrica es igual que el segundo valor nominal predefinido para la magnitud reactiva eléctrica.
- 40
5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado porque el primer y el segundo valor nominal predefinidos para la magnitud reactiva eléctrica son igual a cero.
- 45
6. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado porque el primer y el segundo valor nominal predefinidos para la magnitud reactiva eléctrica son un valor nominal para la magnitud reactiva eléctrica distinto de cero.
- 50
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque el valor constante en el tiempo para la magnitud reactiva eléctrica es igual que el valor nominal actual de la magnitud reactiva eléctrica cuando se vuelve a superar el primer valor límite inferior (U3) o cuando se vuelve a quedar por debajo del primer valor límite superior (U1).
- 55
8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque cuando el valor real de la tensión de red vuelve a superar el segundo valor límite inferior (U2) y/o vuelve a quedar por debajo del segundo valor límite superior (U4), el valor nominal para la magnitud reactiva eléctrica se sitúa a un valor constante en el tiempo.
- 60
9. Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado porque el valor constante en el tiempo para la magnitud reactiva eléctrica es igual que el valor nominal actual de la magnitud reactiva eléctrica cuando se vuelve a superar el segundo valor límite inferior (U2) o cuando se vuelve a quedar por debajo del segundo valor límite superior (U4).
10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque el segundo valor límite inferior (U2) de la tensión de red es mayor o igual que el primer valor límite inferior (U3) de la tensión de red.
11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado porque el segundo valor límite superior (U4) de la tensión de red es menor o igual que el primer valor límite superior (U1) de la tensión de red.
- 65
12. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la magnitud

reactiva eléctrica es la potencia reactiva generada.

13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado porque la magnitud reactiva eléctrica es la corriente reactiva generada.

5 14. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado porque la magnitud reactiva eléctrica es el ángulo de fase de la potencia generada.

10 15. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado porque la magnitud reactiva eléctrica es el factor de potencia de la potencia generada.

16. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, caracterizado porque los valores límite de la tensión de red son ajustables.



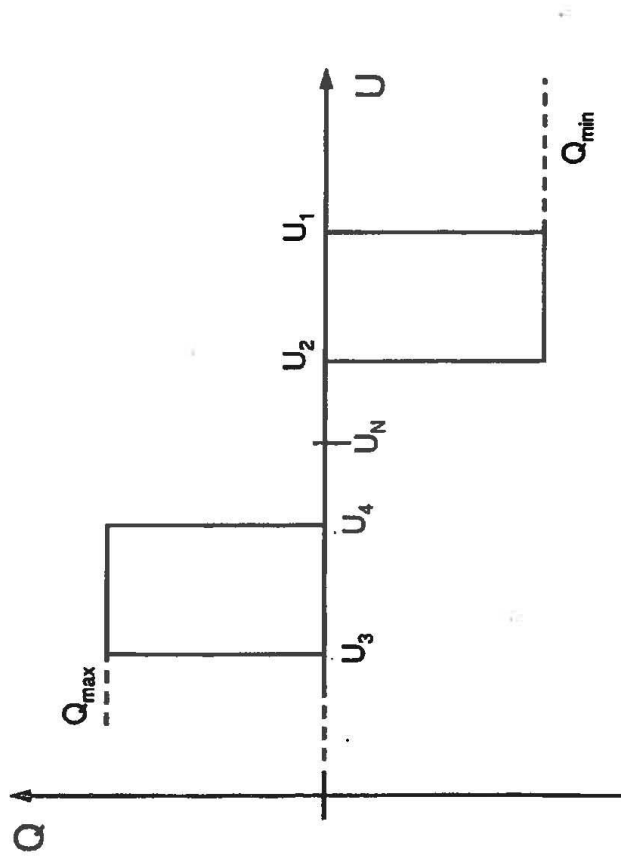


Fig. 1

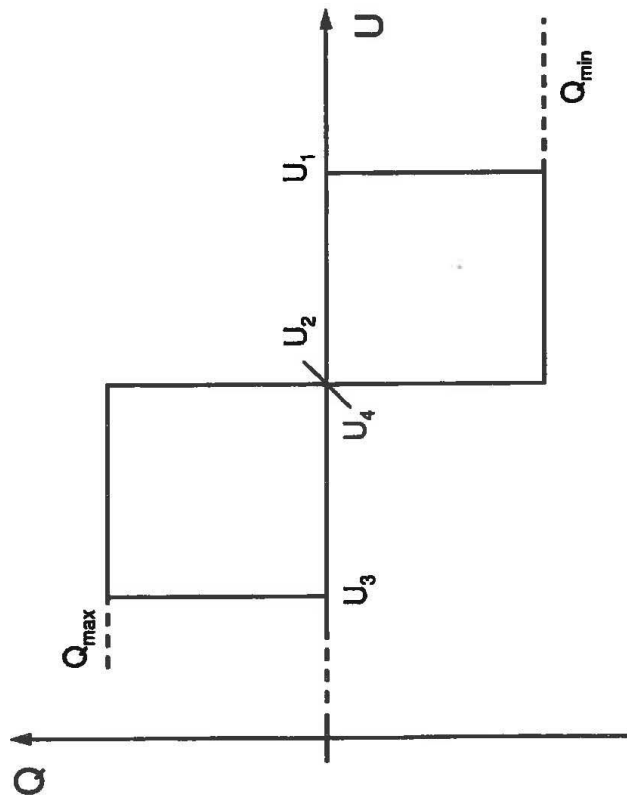


Fig. 2

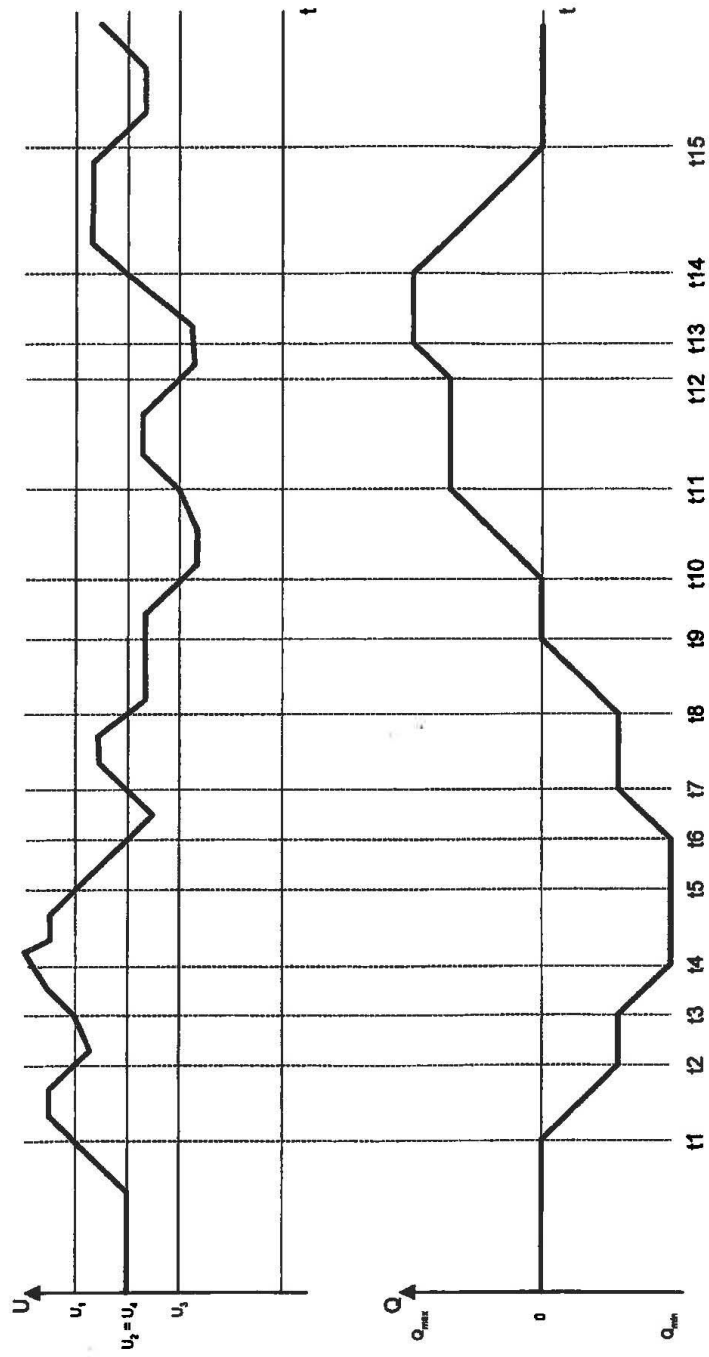


Fig. 3

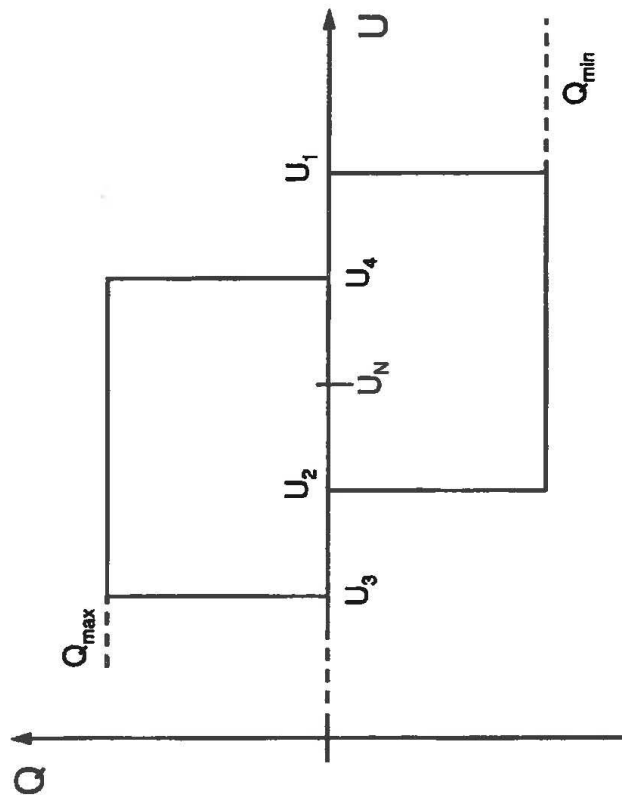


Fig. 4

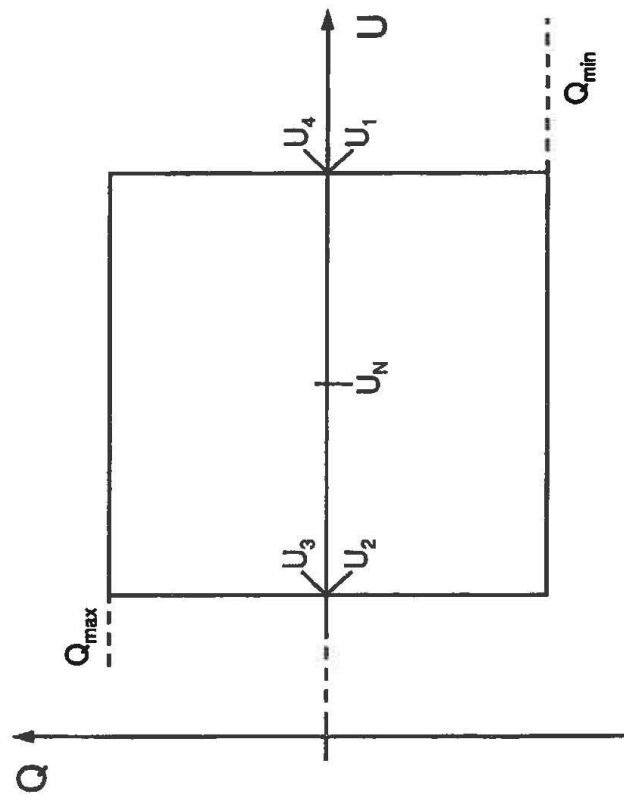


Fig. 5

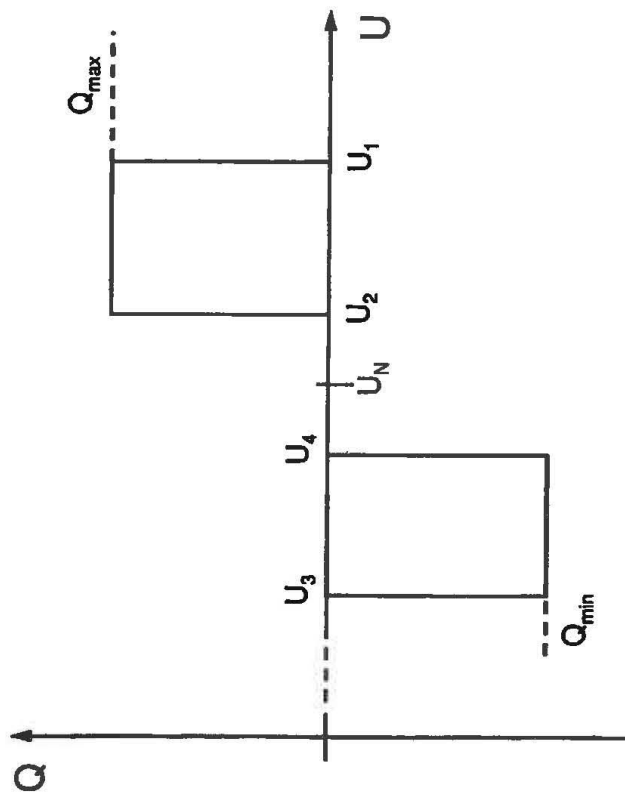


Fig. 6