

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 586 377**

51 Int. Cl.:

F03D 9/00 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

H02J 3/42 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.04.2002 E 10177077 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.06.2016 EP 2258945**

54 Título: **Procedimiento para la operación de una instalación de energía eólica**

30 Prioridad:

24.04.2001 DE 10120212

28.07.2001 DE 10136974

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

14.10.2016

73 Titular/es:

WOBBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)

Borsigstrasse 26

26607 Aurich, DE

72 Inventor/es:

WOBBEN, ALOYS

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 586 377 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.

5 La presente invención trata de un procedimiento para la operación de una instalación de energía eólica con un generador eléctrico, que se puede accionar mediante un rotor, para el suministro de potencia eléctrica a una red eléctrica y, especialmente, a los consumidores conectados a ésta.

10 La presente invención trata, asimismo, de una instalación de energía eólica, especialmente, para la realización de un procedimiento de este tipo, con un rotor y con un generador eléctrico, acoplado al rotor, para el suministro de potencia eléctrica a una red eléctrica, así como de un parque eólico con, al menos, dos instalaciones de energía eólica.

15 En las instalaciones de energía eólica conocidas para la generación de energía eléctrica a partir de la energía del viento, el generador se acciona en servicio en paralelo con un consumidor eléctrico, frecuentemente una red eléctrica. Durante el funcionamiento de la instalación de energía eólica, la potencia eléctrica activa producida por el generador puede variar en dependencia de la velocidad actual de viento. Esto provoca que también la tensión de la red, por ejemplo, en un punto de alimentación, pueda cambiar en dependencia de la velocidad actual del viento.

20 En el caso de la alimentación de la potencia eléctrica generada a una red eléctrica, por ejemplo, a una red pública de corriente, se pueden producir por esa razón variaciones de la tensión de la red. Estas variaciones sólo son permisibles, sin embargo, dentro de límites muy estrechos en interés de un funcionamiento seguro de los consumidores conectados.

25 Desviaciones mayores del valor nominal de la tensión en la red de distribución, especialmente, el plano de tensión media, se pueden compensar, por ejemplo, a través del accionamiento de dispositivos de conmutación como los transformadores con tomas, accionando estos cuando se sobrepasan o no se alcanzan valor límite predeterminados. De esta forma se mantiene básicamente constante la tensión de la red dentro de límites de tolerancia predeterminados.

30 Por el documento WO 93/11604 se conoce una instalación de energía eólica del tipo "*variable speed variable pitch*" (velocidad variable paso variable)", en la que la potencia eléctrica, producida por el generador de la instalación de energía se alimenta en una red a través de una unidad de conversión que se compone de un rectificador y ondulator y filtro aguas abajo correspondiente y un transformador.

35 El objetivo de la presente invención es dar a conocer un procedimiento para la operación de una instalación de energía eólica, así como una instalación de energía eólica o un parque eólico, que incluso en caso de variaciones en el suministro de potencia activa estén en condiciones de reducir o, al menos, no aumentar significativamente las variaciones no deseadas de la tensión en un punto predeterminado en la red, en comparación con la situación sin la
40 instalación o instalaciones de energía eólica.

La invención alcanza el objetivo en un procedimiento del tipo mencionado al inicio, porque el ángulo de fase φ de la potencia eléctrica proporcionada por la instalación o las instalaciones de energía eólica se modifica en dependencia de al menos una tensión registrada en la red.

45 En una instalación de energía eólica del tipo mencionado al inicio se alcanza el objetivo mediante un dispositivo que está en condiciones para la realización del procedimiento según la invención.

50 En un parque eólico del tipo mencionado al inicio, este objetivo se alcanza mediante, al menos, un dispositivo que está en condiciones para la realización del procedimiento según la invención y mediante un dispositivo de registro de tensión, en cada caso, para cada parte regulable por separado del parque eólico.

55 La invención evita variaciones no deseadas de la tensión conectada en el consumidor, especialmente de la tensión eléctrica existente en la red, al modificarse el ángulo de fase de la potencia suministrada en dependencia de la tensión del consumidor o de la red. Así se compensan variaciones no deseadas de la tensión que resultan de modificaciones de la potencia activa suministrada por la instalación o las instalaciones de energía eólica y/o de la potencia tomada de la red por los consumidores.

De forma especialmente preferida se modifica el ángulo de fase de modo que la tensión permanece básicamente

constante al menos en un punto predeterminado de la red. En este sentido hay que registrar la tensión al menos en un punto de la red para obtener la magnitud de regulación requerida.

5 Especialmente, este punto puede ser distinto al punto de alimentación. Se puede crear una regulación efectiva y de reacción rápida través de este registro de la tensión y de una modificación adecuada del ángulo de fase de la potencia eléctrica suministrada por la instalación o las instalaciones de energía eólica.

10 En una forma de realización especialmente preferida, los valores, que se deben ajustar para el ángulo de fase, se derivan de valores característicos predeterminados. Estos valores característicos se pueden facilitar, preferiblemente, como una tabla en la que esté reflejada una familia de características, determinada previamente, en forma de valores discretos que permite una derivación del ángulo de fase que se debe ajustar.

15 En una variante preferida de la invención, la regulación puede causar directa o indirectamente que, cuando las variaciones de tensión hayan sobrepasado los valores límite predeterminados, se vuelva a llevar la tensión al intervalo de tolerancia mediante el accionamiento de un dispositivo de conmutación en la red, por ejemplo, un transformador con tomas. Al mismo tiempo o de manera adicional, el ángulo de fase se ajusta para un intervalo de tiempo predeterminado a un valor constante, preferiblemente a un valor medio, por ejemplo, cero, con el fin de poder compensar las variaciones de tensión que aparecen a continuación, de nuevo a través de una modificación adecuada del ángulo de fase.

20 En una variante especialmente preferida de la invención también se pueden realizar por separado en zonas parciales de la red, desconectadas eléctricamente, registros de tensión y ajustes del ángulo de fase correspondientes para regular cada zona parcial de modo que la tensión permanezca básicamente constante en cada una de las zonas parciales.

25 En una variante de la instalación de energía eólica según la invención está compuesta ventajosamente en una variante existe un dispositivo de regulación que presenta un microprocesador, pues así se puede realizar una regulación digital.

30 En una variante del parque eólico, mencionado al inicio, existe un dispositivo en condiciones de realizar el procedimiento según la invención y un dispositivo de registro de tensión para cada parte, regulable por separado, del parque eólico de manera que las zonas parciales, desconectadas eléctricamente, de la red se pueden regular por separado de modo que la tensión permanece básicamente constante en cada zona parcial de la red.

35 La invención se explica a continuación mediante un ejemplo de realización de un procedimiento para el accionamiento de una instalación de energía eólica, haciéndose referencia a los dibujos. Muestra:

Fig. 1 una instalación de energía eólica que alimenta una red, en representación simplificada,

40 Fig. 2 un dispositivo de regulación, según la invención, para el accionamiento de una instalación de energía eólica,

Fig. 3 una representación que explica la relación entre la tensión de la red y el ángulo de fase,

Fig. 4 componentes básicos del dispositivo de regulación mostrado en la figura 2 y

45 Fig. 5 una representación simplificada de una regulación común o por separado, según la situación de la red, para varias instalaciones de energía eólica.

50 Una instalación de energía eólica (2) con un rotor (4), representada esquemáticamente en la figura 1, está conectada a una red eléctrica (6) que puede ser, por ejemplo, una red pública. Varios consumidores eléctricos (8) están conectados a la red. El generador eléctrico, no representado en la figura 1, de la instalación de energía eólica (2) está acoplado a un dispositivo eléctrico de control y regulación (10) que primero rectifica la corriente alterna producida en el generador y a continuación la transforma en una corriente alterna con una frecuencia que se corresponde con la frecuencia de la red. El dispositivo de control y regulación (10) presenta un dispositivo de
55 regulación según la invención.

En un punto cualquiera (22) en la red (6) puede estar previsto un dispositivo de registro de tensión que devuelve una magnitud de regulación correspondiente al dispositivo de regulación (10).

La figura 2 muestra el dispositivo de regulación según la invención. El rotor (4), representado esquemáticamente, está acoplado a un generador (12) que produce una potencia eléctrica que puede depender de la velocidad del viento. La corriente alterna, producida en el generador (12), primero se puede rectificar y a continuación se puede transformar en una corriente alterna que presenta una frecuencia que se corresponde con la frecuencia de la red.

5

Mediante un captador de tensión (no representado) se mide la tensión de la red en un punto (22) de la red (6). En dependencia de la tensión de red detectada, dado el caso a través de un microprocesador representado en la figura 4, se calcula un ángulo ϕ de fase óptimo. Mediante el dispositivo de regulación se ajusta la tensión U de red al valor $U_{nom.}$ deseado. A través de la modificación del ángulo de fase se regula la potencia eléctrica suministrada por el generador (12) a la red (6).

10

La representación, mostrada en la figura 3, explica la relación entre la tensión en la red y el ángulo de fase. Cuando la tensión se aparta de su valor nominal $U_{nom.}$ situado entre el valor $U_{mín.}$ y $U_{máx.}$ de tensión, se modifica el ángulo ϕ de fase en correspondencia con la característica en el diagrama de modo que se alimenta potencia reactiva inductiva o capacitiva, en dependencia del signo de la desviación, para estabilizar así la tensión en el punto de registro de tensión (22 en la figura 1).

15

La figura 4 muestra componentes básicos del dispositivo de control y regulación (10) de la figura 1. El dispositivo de control y regulación (10) presenta un rectificador (16), con el que se rectifica la corriente alterna producida en el generador. Un convertidor de frecuencia (18), conectado al rectificador (16), transforma la corriente continua, rectificadora primero, en una corriente alterna que se alimenta como corriente alterna trifásica a la red (6) a través de las líneas L1, L2 y L3.

20

El convertidor de frecuencia (18) se controla a través de un microprocesador (20) que es parte del conjunto del dispositivo de regulación. Con este fin el microprocesador (20) está acoplado al convertidor de frecuencia (18). Como magnitudes de entrada del microprocesador (20) está prevista la tensión U de red actual, la potencia eléctrica P del generador, el valor nominal de la tensión $U_{nom.}$ de red, así como el gradiente dP/dt de potencia. En el microprocesador (20) se realiza la modificación, según la invención, de la potencia que se debe alimentar.

25

En la figura 5 están representadas dos instalaciones de energía eólica (2) como ejemplo de un parque eólico. Un dispositivo de regulación (10) está asignado a cada una de estas instalaciones de energía eólica (2) que naturalmente pueden simbolizar también en cada caso una pluralidad de instalaciones de energía eólica. El dispositivo de regulación (10) registra la tensión en puntos predeterminados (22, 27) de la red (6, 7) y la transmite a través de líneas (25, 26) hasta el dispositivo de regulación (10) asignado en cada caso.

30

Las zonas parciales de la red (6, 7) se pueden conectar o desconectar entre sí mediante un dispositivo de conmutación (23). Paralelamente a este dispositivo de conmutación (23) está previsto un dispositivo de conmutación (24) que permite conectar o desconectar entre sí ambos dispositivos de regulación (10) en correspondencia con el estado de conmutación del dispositivo de conmutación (23).

35

Esto significa que cuando ambas zonas parciales de la red (6, 7) están unidas entre sí, también se unen entre sí ambos dispositivos de regulación (10), de modo que toda la red se considera una unidad y todo el parque eólico la alimenta como una unidad, regulándose unificadamente el parque eólico en dependencia de la tensión en el punto de registro (22, 27).

40

Cuando el dispositivo de conmutación (23) desconecta ambas zonas parciales (6, 7), también se desconectan entre sí los dispositivos de regulación (10), de modo que una parte del parque eólico es vigilada desde un punto de registro (27) a través de una línea (26) por la regulación (10) la parte asignada del parque eólico se puede regular de forma correspondiente, mientras que la otra zona parcial de la red (7) es vigilada desde un punto de registro (27) a través de una línea (26) por la regulación (10) que regula correspondientemente la otra parte del parque eólico para estabilizar la tensión en la zona parcial de la red 7.

45

Naturalmente, esta división no tiene que estar limitada a dos zonas parciales. Esta división puede llegar hasta una asignación de una instalación individual a una zona parcial de la red.

50

En el caso de que la regulación descrita antes presente, especialmente durante el registro de datos de medición, una tolerancia distinta que la del dispositivo de conmutación ya existente en la red (transformadores con tomas), puede ocurrir en ciertas condiciones que ambos dispositivos, por una parte la regulación descrita antes y por otra parte el dispositivo de conmutación, se influyan mutuamente de modo que se produce un tipo de efecto "ping-pong",

conmutando, por ejemplo, el transformador con tomas y cambiando así la tensión en la red de manera que se activa la regulación descrita según la invención. Mediante esta regulación activada se modifica, a su vez, la tensión en la red de modo que el transformador con tomas se conecta y así continúa.

5 Con el fin de contrarrestar este efecto “ping-pong” no deseado, en otra forma de realización de la invención puede estar previsto usar el resultado de medición del dispositivo de conmutación (por ejemplo, del transformador con tomas) como señal de entrada para el dispositivo de regulación según la invención. Sin embargo, en ciertas condiciones esto encierra la desventaja de una disminución de la exactitud del resultado de la medición, pero elimina el riesgo de que los componentes se influyan mutuamente de forma continua, contribuyendo al objetivo propuesto.

10 El ángulo de fase, descrito en la presente solicitud, es el ángulo entre la corriente y la tensión de la potencia eléctrica suministrada del generador de la instalación de energía eólica. Si el ángulo de fase es 0° , se alimenta sólo potencia activa. Si el ángulo de fase es $\neq 0^\circ$, además de la potencia activa también se alimenta un porcentaje de potencia reactiva, no teniendo que ir acompañada necesariamente una modificación del ángulo de fase por un aumento o una
15 disminución de la potencia aparente, sino que la potencia aparente también puede permanecer constante en general, pero cambiando después los porcentajes, en cuanto al valor, entre la potencia reactiva y la potencia activa en correspondencia con el ajuste del ángulo de fase.

Como se ha descrito, un objetivo de la invención es reducir las variaciones no deseadas de la tensión en un punto
20 predeterminado de la red o, al menos, que no aumenten significativamente al conectarse una instalación de energía eólica. Con este fin está previsto que el ángulo de fase de la potencia eléctrica, que debe suministrar la instalación de energía eólica (o el parque eólico), se pueda variar de forma adecuada para compensar variaciones de la tensión. Un dispositivo que ya existe por regla general en las instalaciones de energía eólica y en la red, concretamente un
25 llamado transformador con tomas (no representado), persigue básicamente el mismo objetivo. Debido a la capacidad del transformador con tomas de modificar la relación de transmisión mediante procesos de conmutación, se puede influir también en la tensión en la red o, al menos, en el lado secundario del transformador. Esto es posible sólo en escalones que se correspondan con los escalones de conmutación del transformador con tomas.

Con este fin un transformador con tomas de este tipo dispone por regla general de la posibilidad de registrar la
30 tensión de la red. Cuando esta tensión sobrepasa o no alcanza valores límite predeterminados, se inicia un proceso de conmutación del transformador con tomas, regresando así la tensión de red a un intervalo de tolerancia predeterminado.

También la instalación de energía eólica, o sus onduladores, vigila la tensión en la red y trata mediante medidas
35 adecuadas de mantener esa tensión dentro de un intervalo de tolerancia predeterminado. Dado que seguramente estos intervalos de tolerancia no son exactamente congruentes, puede surgir una situación en la que la instalación de energía eólica y el transformador con tomas trabajen uno contra otro, al realizar el transformador con tomas el escalonamiento de forma alternante hacia arriba y hacia abajo y al tratar la instalación de energía eólica de forma alternante, a la inversa, de reducir y elevar la tensión. Se puede comprender fácilmente que de ello resulta un
40 empeoramiento no aceptable de la estabilidad de la tensión en la red.

Con el fin de evitar el efecto descrito antes, se instruye, por una parte, que la tensión, transmitida como magnitud de
medida a la instalación de energía eólica, se registre en un punto diferente al punto de alimentación y/o, por otra
45 parte, que la regulación pueda provocar de forma directa o indirecta el accionamiento de un dispositivo de conmutación en la red. Este otro punto también puede ser, naturalmente, el transformador con tomas, de modo que el ondulador se controla con los mismos valores de tensión que el transformador con tomas. Con ello se puede evitar, por una parte, el trabajo en sentido contrario del transformador con tomas y del control del ondulador debido a desviaciones de la tolerancia. Por otra parte, la instalación de energía puede iniciar (accionamiento indirecto) de
50 forma dirigida, mediante una alimentación correspondiente de potencia reactiva, un proceso de conmutación en el transformador con tomas o realizar (directamente) un proceso de conmutación de este tipo a través de una línea de control.

El operador de la red podría desear que la instalación de energía eólica genere potencia reactiva que se debe
transmitir en el otro lado del transformador con tomas. Dado que la alimentación de energía reactiva provoca
55 siempre una modificación de la tensión en la red, se iniciaría de esta forma un accionamiento indirecto del transformador con tomas y precisamente esto no es conveniente en esta situación, siendo por tanto contraproducente.

La solución de este problema consiste en suprimir precisamente este proceso de conmutación del transformador con

tomas, concretamente el escalonamiento ascendente y descendente. Con esta supresión del escalonamiento se hace referencia a la "no conexión" del interruptor para poder transmitir así la potencia reactiva deseada al otro lado del transformador con tomas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la operación de una instalación de energía eólica con respectivamente un generador eléctrico, que se puede accionar mediante un rotor, para el suministro de potencia eléctrica al menos a una red eléctrica (6, 7), en particular, a los consumidores conectados a ésta,
- 5 un aparato de registro de tensión (22, 27), en el que al aparato de registro de tensión (22, 27) se le asocia un dispositivo de regulación (10),
- 10 en el que el aparato de registro de tensión (22, 27) registra la tensión en puntos predeterminados en la red (6, 7) y la transmite al dispositivo de regulación (10), en el que el ángulo de fase (φ) entre la corriente y tensión de la potencia eléctrica alimentada por la instalación o las instalaciones de energía eólica se modifica en dependencia del valor de al menos una tensión registrada en la red por el dispositivo de regulación (10),
- 15 **caracterizado porque** los valores a ajustar para el ángulo de fase (φ) se derivan de los valores predeterminados de una curva característica, donde
- para los valores de tensión de red por debajo del primer valor de tensión se ajusta un ángulo de fase mínimo ($\varphi_{\text{mín.}}$),
- 20 - para los valores de tensión de red entre el primer valor de tensión y un segundo valor de tensión ($U_{\text{mín.}}$) se ajusta un ángulo de fase que presenta una dependencia lineal del valor de tensión,
- para los valores de tensión de red entre el segundo valor de tensión ($U_{\text{mín.}}$) y un tercer valor de tensión ($U_{\text{máx.}}$) permanece inalterado el ángulo de fase,
- 25 - para los valores de tensión de red entre el tercer valor de tensión ($U_{\text{máx.}}$) y un cuarto valor de tensión se ajusta un ángulo de fase que presenta una dependencia lineal del valor de tensión,
- para valores de tensión por encima del cuarto valor de tensión se ajusta un ángulo de fase máximo ($\varphi_{\text{máx.}}$) y **porque**
- 30 luego cuando la tensión se desvía de su valor nominal ($U_{\text{nom.}}$), que se sitúa entre el segundo valor de tensión ($U_{\text{mín.}}$) y el tercer valor de tensión ($U_{\text{máx.}}$), el ángulo de fase (φ) se modifica conforme a la curva característica, de manera que se alimenta potencia reactiva inductiva o capacitiva, en dependencia del signo de la desviación, para estabilizar de esta manera la tensión en el punto de registro de tensión (22).
- 35 2. Procedimiento según la reivindicación 1, para la operación de un parque eólico que se compone de zonas parciales regulables por separado, que se componen por al menos dos instalaciones de energía eólica, con respectivamente
- un generador eléctrico, que se puede accionar mediante un motor, para el suministro de potencia eléctrica al menos a una red eléctrica (6, 7), que se compone de zonas parciales separables unas de otras mediante un dispositivo de conmutación (23, 24), en particular, a los consumidores conectados a ésta,
- 40 - un aparato de registro de tensión (22, 27) para cada parte regulable por separado del parque eólico, en el que cada vez a un aparato de registro de tensión (22, 27) se le asocia un dispositivo de regulación (10),
- 45 en el que el aparato de registro de tensión (22, 27) registra la tensión en puntos predeterminados en la red (6, 7) y la transmite al respectivo dispositivo de regulación (10) asociado, en el que el ángulo de fase (φ) entre la corriente y tensión de la potencia eléctrica alimentada por la instalación o las instalaciones de energía eólica se modifica en dependencia de al menos una tensión registrada en la red por el dispositivo de regulación (10).
- 50 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores,
- caracterizado porque** el dispositivo de regulación (10) rectifica la corriente alterna generada en el generador mediante un rectificador (16).
- 55 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores,
- caracterizado porque** el dispositivo de regulación (10) convierte la corriente continua rectificadora en primer lugar en una corriente alterna mediante un convertidor de frecuencia (18).

5. Procedimiento según la reivindicación 4,

caracterizado porque el convertidor de frecuencia (18) del dispositivo de regulación (10) se controla mediante un microprocesador (20),

conteniendo el microprocesador como magnitudes de entrada la tensión de red actual (U), la potencia eléctrica (P) del generado, el valor nominal de la tensión de red ($U_{nom.}$) así como el gradiente de potencia (dP/dt).

10 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado porque el aparato de registro de tensión (22, 27) transmite la tensión en puntos predeterminados en la red (6, 7) a través de las líneas (25, 26) hasta el dispositivo de regulación (10) asociado en cada caso.

15 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado porque la regulación puede provocar de forma directa o indirecta la actuación de un dispositivo de conmutación en la red.

20 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado porque el ángulo de fase se modifica de forma capacitiva o inductiva en dependencia de al menos una tensión registrada en la red, hasta que la tensión adopta un valor nominal predeterminado.

25 9. Instalación de energía eólica,

caracterizada por un dispositivo de regulación (10) para la realización del procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores.

Fig. 1

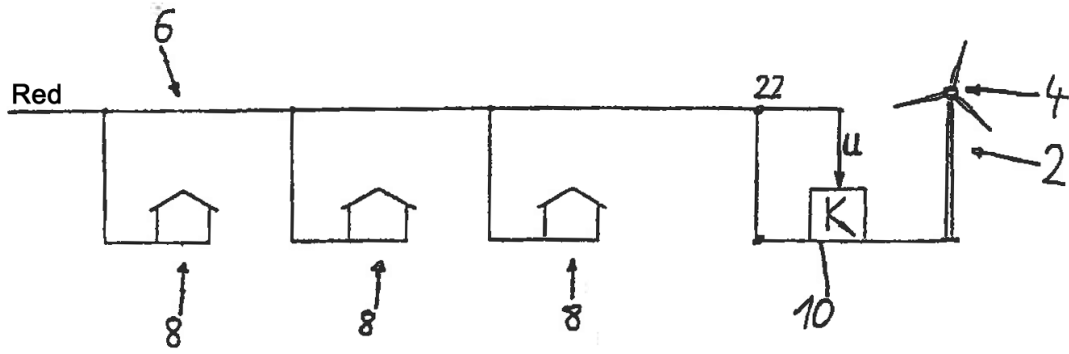


Fig. 2

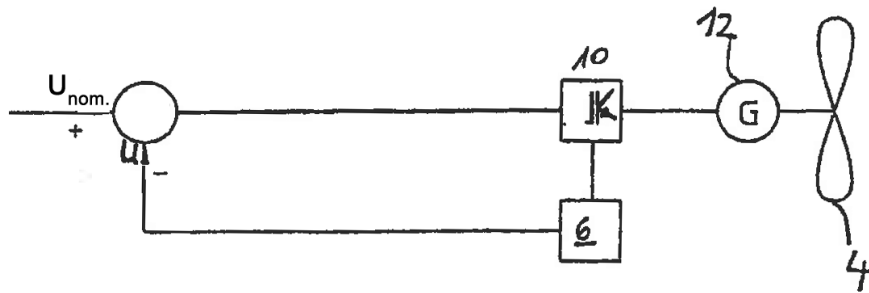
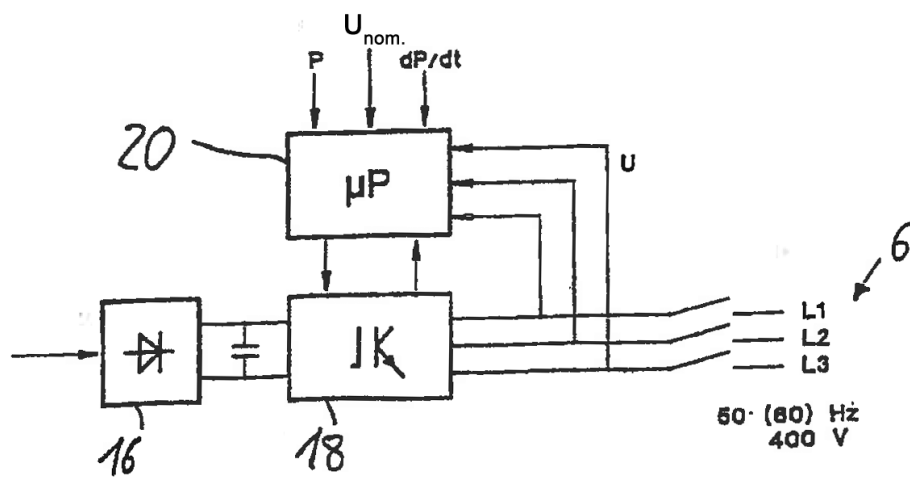


Fig. 4



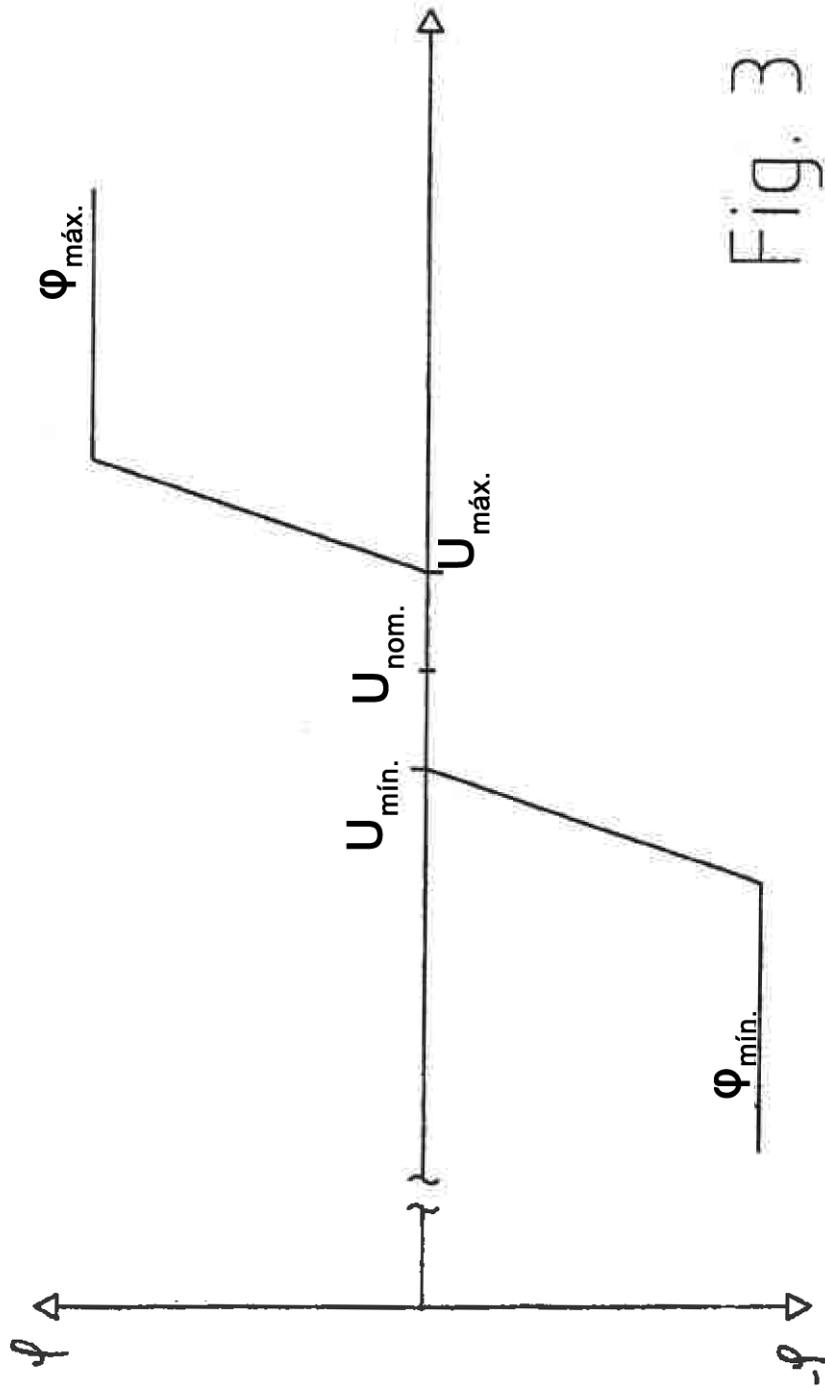


Fig. 3

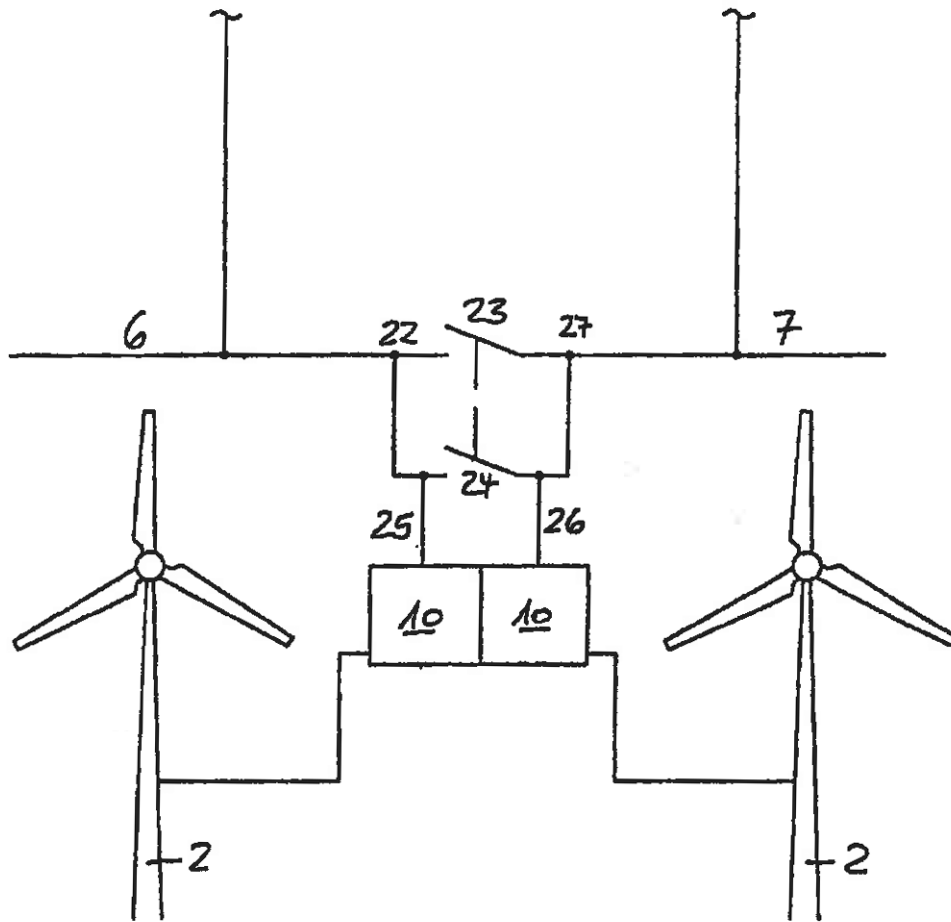


Fig. 5