

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 637 890**

51 Int. Cl.:

H02P 9/10 (2006.01)

F03D 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.12.2004 PCT/DK2004/000921**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.07.2017 WO06069569**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.12.2004 E 04803071 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.07.2017 EP 1831987**

54 Título: **Método de control de una turbina eólica conectada a una red de distribución de energía eléctrica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.10.2017

73 Titular/es:
**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 42
8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:
**ESBENSEN, CLAUS y
NIELSEN, JOHN GODSK**

74 Agente/Representante:
ARIAS SANZ, Juan

ES 2 637 890 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

Método de control de una turbina eólica conectada a una red de distribución de energía eléctrica

Antecedentes de la invención

5 La invención se refiere a un método de control de una turbina eólica conectada a una red de distribución de energía eléctrica durante un mal funcionamiento en dicha red de distribución de energía eléctrica y a un sistema de control según el preámbulo de la reivindicación 10.

Descripción de la técnica relacionada

10 Habitualmente, las turbinas eólicas se conectan a una red de distribución de energía eléctrica con el fin de poder generar y suministrar energía eléctrica a consumidores ubicados en una posición remota con respecto a las turbinas eólicas. La energía se envía a través de las líneas de distribución o transmisión de la red de distribución a los consumidores.

15 Las turbinas eólicas y otros medios de generación de energía eléctrica conectados a la red de distribución están protegidos generalmente frente a un mal funcionamiento en la red de distribución mediante conmutadores de desconexión de la red de distribución. Los conmutadores desconectan las turbinas eólicas de la red de distribución cuando detectan un mal funcionamiento. Un mal funcionamiento puede definirse como variaciones en la red de distribución por encima de algún límite específico, por ejemplo, caídas de tensión por encima de +/- el 5% en relación con el valor nominal de la tensión de la red de distribución.

20 Un mal funcionamiento en la red de distribución puede incluir, en algunos casos, varias caídas de tensión significativas en un corto periodo de tiempo por ejemplo huecos o "bajadas de tensión" que se encuentran entre las perturbaciones de energía que se registran más habitualmente en redes de distribución.

25 Un problema con la desconexión de la red de distribución de las turbinas eólicas es el hecho de que la variación de tensión puede aumentar en magnitud o duración mediante la pérdida de producción de energía eléctrica de los aerogeneradores. Además, las turbinas eólicas desconectadas requieren un periodo de tiempo antes de poder conectarse de nuevo a la red de distribución. La desconexión de las turbinas eólicas afecta a la producción de energía a partir de las turbinas eólicas y, por tanto, a su rentabilidad.

30 La técnica anterior ha sugerido diferentes soluciones para que una turbina eólica siga funcionando durante un mal funcionamiento corto de la red de distribución. Sin embargo, una turbina eólica de velocidad variable actual puede sufrir daños cuando la tensión de la red de distribución desaparece repentinamente y no se desconecta de la red de distribución. El daño puede producirse debido a una tensión en rápido aumento en el lado de rotor del aerogenerador o en el convertidor de frecuencia. Puede infligirse un daño adicional a la turbina eólica cuando vuelve la tensión de la red de distribución debido al flujo de grandes corrientes y especialmente al convertidor de frecuencia.

35 La técnica anterior dada a conocer en la solicitud de patente alemana n.º DE-A 102 06 828 sugiere el uso de una resistencia y un transistor de potencia en el enlace de CC entre un rectificador y un circuito inversor y conectados en una relación en paralelo con el condensador del enlace de CC. La resistencia puede conmutarse en conexión o desconexión con el fin de descargar el condensador y, por tanto, eliminar un pico transitorio de tensión corto.

Se da a conocer técnica anterior adicional en la solicitud de patente japonesa n.º JP-A 07/194196. El documento sugiere el uso de una resistencia y un transistor de potencia en el enlace de CC entre un rectificador y un circuito inversor en relación con valores límite de tensión.

40 Uno de los objetos de la invención es establecer una técnica para controlar una turbina eólica durante un mal funcionamiento grave en una red de distribución de energía eléctrica y sin la desventaja mencionada anteriormente.

Especialmente, un objeto de la invención es crear una técnica que sea flexible y que, por tanto, pueda proteger la turbina eólica durante un mal funcionamiento de la red de distribución así como inmediatamente después de la eliminación del mal funcionamiento independientemente de la naturaleza del fallo.

La invención

45 La invención se refiere a un método de control de una turbina eólica conectada a una red de distribución de energía eléctrica durante un mal funcionamiento en dicha red de distribución de energía eléctrica, comprendiendo dicho método las etapas de y hacer funcionar al menos dos unidades de control de dicho convertidor de potencia en relación con al menos un valor límite de convertidor de potencia en el que se realiza el funcionamiento en relación con la temperatura y los periodos de tiempo activos de dichas unidades de control o convertidor de potencia como valores adicionales.

50 Por el presente documento, se establece un método que no incluye las desventajas mencionadas anteriormente. Es ventajoso que el método permita un control más flexible de los medios de protección durante fallos de la red de distribución en los que pueden elegirse un amplio número de enfoques diferentes para enfrentarse al fallo de la red

de distribución y las consecuencias exactas del mismo.

Especialmente, es posible disminuir el valor de dV/dt y, por tanto, evitar cualquier pico transitorio de tensión o de corriente que pueda dañar, por ejemplo, los conmutadores del convertidor de potencia.

5 En un aspecto de la invención, dichas al menos dos unidades de control se hacen funcionar en relación con un valor de tensión límite mínimo o máximo del enlace de CC en dicho convertidor de potencia con el fin de mantener el valor de tensión del enlace de CC entre dichos valores de tensión límite mínimo y máximo. Por el presente documento, es posible añadir o quitar unidades de control en relación con un valor de tensión, un valor de temperatura o valores de trabajo adicionales que representan el convertidor con el fin de cumplir y suprimir las consecuencias del mal funcionamiento.

10 En un aspecto de la invención, dichas unidades de control incluyen circuitos de lado de generador y red de distribución del convertidor de potencia que se hacen funcionar para desconectar dicho convertidor de potencia del generador eléctrico y la red de distribución de energía eléctrica al alcanzar dicho valor límite mínimo o máximo del enlace de CC. Por el presente documento, es posible proteger el convertidor de potencia si el fallo de la red de distribución es demasiado grave como para seguir funcionando sin desconexión de la red de distribución. Además, es posible preservar algunos valores mínimos tales como los valores de tensión del enlace de CC y de frecuencia de convertidor que pasarán a ser valores de trabajo iniciales del convertidor de potencia cuando la red de distribución vuelva a su funcionamiento normal.

15 En un aspecto de la invención, dichas unidades de control comprenden además uno o más bloques de resistencia que conectan al menos una resistencia entre las barras colectoras del enlace de CC en dicho convertidor de potencia. Por el presente documento, es posible dirigir potencia desde el condensador del enlace de CC hasta un plano de tierra a través de la resistencia y, por tanto, reducir la tensión del enlace de CC.

En un aspecto de la invención, dicha al menos una resistencia se conecta de manera conmutable a las barras colectoras. Por el presente documento, es posible reducir la deformación a la que se somete el bloque en relación con un funcionamiento continuo del bloque.

25 En un aspecto de la invención, cada uno de dichos bloques de resistencia se conmuta con una frecuencia que depende del valor de tensión del enlace de CC. Por el presente documento, es posible optimizar la reducción de potencia en relación con el bloque de resistencia y los conmutadores del convertidor de potencia.

30 En un aspecto de la invención, dichos bloques de resistencia pasan a estar activos de manera sucesiva a medida que aumenta el valor de tensión del enlace de CC. Por el presente documento, es posible adaptar los bloques a los valores relevantes de la situación de fallo.

En un aspecto de la invención, cada uno de dichos bloques de resistencia se activa en periodos de tiempo limitados. Por el presente documento, es posible garantizar que los bloques no se hagan funcionar en periodos de tiempo demasiado largos dando como resultado daños en el sistema de control.

35 En un aspecto de la invención, cada uno de dichos bloques de resistencia se hace funcionar y pasa a estar activo en relación con su temperatura de bloque. Por el presente documento, es posible controlar los bloques de manera más precisa y, por tanto, ampliar los periodos activos de los bloques.

40 La invención también se refiere a un sistema de control en el que dicho sistema comprende además al menos dos unidades de control de dicho convertidor de potencia controladas en relación con al menos un valor límite de convertidor de potencia durante dicho mal funcionamiento. Por el presente documento, se establece un sistema de control ventajoso.

En un aspecto de la invención, dichas al menos dos unidades comprenden una pluralidad de bloques de resistencia en las que cada bloque incluye al menos una resistencia y un conmutador. Por el presente documento, es posible controlar los bloques de manera individual y optimizar la reducción de potencia.

En un aspecto de la invención, dichos bloques de resistencia incluyen además medios de medición de temperatura.

45 En un aspecto de la invención, dichas al menos dos unidades también incluyen los circuitos de lado de generador y red de distribución del convertidor de potencia conectados entre sí mediante el enlace de CC del convertidor de potencia.

50 En un aspecto de la invención, dicho sistema incluye medios para medir el valor de tensión de enlace de CC y medios para comparar dicho valor con valores límite tales como el valor de tensión límite mínimo o máximo del enlace de CC en dicho convertidor de potencia.

La invención también se refiere a una turbina eólica que comprende al menos dos unidades de dicho convertidor de potencia controladas en relación con al menos un valor límite de convertidor de potencia.

En un aspecto de la invención, dichas al menos dos unidades de dicho convertidor de potencia se colocan a una

distancia una con respecto a otra, por ejemplo en diferentes posiciones de la góndola. Por el presente documento, es posible nivelar la influencia térmica de las diferentes unidades así como minimizar el tamaño de cualquier medio de enfriamiento necesario para cada unidad.

Figuras

- 5 La invención se describirá a continuación con referencia a las figuras, en las que
- la figura 1 ilustra una turbina eólica actual grande,
- la figura 2 ilustra una realización según la invención de un aerogenerador con un convertidor de frecuencia conectado a una red de distribución,
- la figura 3 ilustra una sección del convertidor de frecuencia,
- 10 las figuras 4a y 4b ilustran esquemáticamente unidades de control de sobretensión y ejemplos de señales de control de controlador de puerta para las unidades,
- la figura 5 ilustra un sistema de control para las unidades de control de sobretensión,
- la figura 6 ilustra una curva para la tensión de la red de distribución y una curva correspondiente para la tensión de CC intermedia en un fallo de la red de distribución,
- 15 la figura 7 ilustra las señales de control de controlador de puerta para las unidades de sobretensión y la curva correspondiente para la tensión de CC intermedia, y
- la figura 8 ilustra una curva de temperatura de la turbina eólica durante un fallo de la red de distribución.

Descripción detallada

- 20 La figura 1 ilustra una turbina eólica 1 actual con una torre 2 y una góndola de turbina eólica 3 colocada en la parte superior de la torre. El rotor de turbina eólica 5, que comprende tres palas de turbina eólica, se conecta a la góndola a través del eje de baja velocidad que se extiende fuera de la parte frontal de la góndola.
- Tal como se ilustra en la figura, un viento superior a un determinado nivel activará el rotor de turbina eólica debido a la elevación inducida en las palas y le permitirá rotar en una dirección perpendicular al viento. El movimiento de rotación se convierte en energía eléctrica, que se suministra a la red de distribución.
- 25 La figura 2 ilustra una realización preferida de una turbina eólica de velocidad variable que comprende un generador de inducción eléctrico de doble alimentación 6 y un convertidor de potencia y frecuencia 12 conectado al rotor del generador.
- El generador eléctrico 6 comprende un estator 7, conectado a la red de distribución a través de conmutadores de desconexión 11 y el transformador trifásico 8, y puede suministrar directamente potencia, P_{St} (potencia activa de estator) y Q_{St} (potencia reactiva de estator) a la red de distribución o recibir potencia de la red de distribución.
- 30 El rotor del generador se acciona mecánicamente mediante el rotor de turbina eólica (5 tal como se ilustra en la figura 1) a través del eje de baja velocidad, los medios de engranaje y el eje de alta velocidad (no ilustrados en las figuras). Además, el rotor se conecta eléctricamente al convertidor de frecuencia 12. El convertidor de frecuencia 12 puede convertir una tensión de CA variable en una tensión de CC intermedia y posteriormente en una tensión de CA fija con una frecuencia fija.
- 35 El convertidor de frecuencia 12 incluye un circuito convertidor de lado de rotor 13 para rectificar la tensión de CA del generador 6 a una tensión de CC en el enlace de CC 14 o para invertir la tensión de CC a una tensión de CA que va a suministrarse al rotor del generador. El enlace de CC suaviza la tensión de CC sobre un condensador C de enlace de CC. El circuito convertidor de lado de red de distribución 15 invierte la tensión de CC a una tensión de CA con una frecuencia preferida o viceversa. La potencia de rotor, P_r (potencia activa de rotor) y Q_r (potencia reactiva de rotor), con la tensión de CA resultante y la frecuencia preferida se transfiere a (o desde) la red de distribución a través del transformador 8.
- 40 La turbina eólica puede controlarse para suministrar energía eléctrica del generador a la red de distribución con una tensión y frecuencia constantes independientemente de los cambios de viento y las velocidades del rotor de turbina eólica.
- 45 El enlace de CC comprende además al menos dos unidades de control de sobretensión B_1, B_n , bloques de resistencia, que se conectan entre las dos barras colectoras del enlace de CC. Cada unidad de control se conecta en paralelo al condensador C de enlace de CC y comprende al menos una resistencia R y un conmutador de potencia controlable SP en una conexión en serie. La presente realización de la unidad de control también comprende un diodo en antiparalelo para la resistencia y el conmutador de potencia. El conmutador de potencia
- 50

puede encenderse y apagarse con el fin de dirigir una corriente a través de la resistencia y por el presente documento disipar la potencia P_1 , P_n en la resistencia. La tensión del enlace de CC U_{CC} puede reducirse a medida que se eliminan cargas del condensador de enlace de CC dirigiendo corriente a través de la resistencia de la unidad de control. Por consiguiente, la potencia generada por el generador eléctrico puede disiparse como potencia P_1 , P_n en las unidades de control de sobretensión en periodos de tiempo en los que no es posible dirigir parte o la totalidad de la potencia P_R a la red de distribución.

Los conmutadores de desconexión 11 del estator y el rotor permiten que se desconecte el generador eléctrico de la red de distribución, por ejemplo en relación con un trabajo de mantenimiento en la turbina eólica o una situación de funcionamiento en isla en la red de distribución. Además, la turbina eólica puede desconectarse de la red de distribución si persiste un fallo de la red de distribución que implica una caída de tensión significativa durante un periodo de tiempo más largo.

La figura 3 ilustra una sección del convertidor de frecuencia que incluye una rama del circuito convertidor de lado de rotor y el enlace de CC. La rama es una fase del convertidor de frecuencia de modulación por ancho de pulsos (PWM) trifásico e incluye dos conmutadores de potencia SP tales como transistores bipolares de puerta aislada (IGBT) con diodos en antiparalelo.

El condensador C de enlace de CC y las al menos dos unidades de control de sobretensión B_1 , B_n se conectan a las barras colectoras positivas y negativas del enlace de CC.

Además, la figura ilustra esquemáticamente cómo puede disiparse potencia en las resistencias de las al menos dos unidades de control de sobretensión B_1 , B_n y por el presente documento reducir la tensión del enlace de CC. Los conmutadores de las unidades se controlan de tal manera que puede disiparse potencia en las resistencias simultáneamente o en diferentes periodos de tiempo en relación con el valor de sobretensión y/o la temperatura del convertidor de frecuencia que incluye las unidades tal como se explicará adicionalmente a continuación.

Las figuras 4a y 4b ilustran esquemáticamente las unidades de control de sobretensión con un ejemplo de señales de control de controlador de puerta G1, G2 que controlan las unidades.

La figura 4a ilustra una realización de la invención que cuenta con cuatro unidades de control de sobretensión B_1 - B_4 conectadas al sistema de barra colectora del enlace de CC 14 y en paralelo al condensador C de enlace de CC.

Cada una de las unidades de control se ilustra esquemáticamente como que comprende una resistencia R y un conmutador SP controlados mediante una señal de control de controlador de puerta G1 o G2. La primera señal de control G1 se usa para controlar las dos primeras unidades de control B_1 , B_2 , es decir se disipa la misma cantidad de potencia en unidades ubicadas de diferente manera, por ejemplo en el interior de la góndola o la torre de la turbina eólica. La segunda señal de control G2 se usa para controlar las dos últimas unidades de control B_3 , B_4 es decir se disipa la misma cantidad de potencia en unidades ubicadas de diferente manera.

La figura 4b ilustra un ejemplo de señales de control de controlador de puerta G1, G2 que controlan las unidades. La figura ilustra una primera señal G1 que cambia de un bajo valor de apagado (*off*) a un alto valor de encendido (*on*) en un periodo de tiempo mediante el cual las unidades de control de sobretensión B_1 y B_2 disiparán potencia. Posteriormente, la segunda señal G2 cambia de un bajo valor de apagado a un alto valor de encendido en un periodo de tiempo mediante el cual las unidades de control de sobretensión B_3 y B_4 disiparán potencia.

El ejemplo ilustra que se controlan las unidades de control de sobretensión con el fin de disipar potencia en diferentes periodos cuando los periodos son de una duración diferente, es decir, disipar una cantidad de potencia diferente en las unidades de control.

Sin embargo, pueden elegirse varias estrategias de control para las unidades de control individuales, por ejemplo usar resistencias del mismo o diferente valor y controlar con el mismo o diferente periodo de tiempo. Mediante las elecciones de los valores de resistencia y los periodos de tiempo, es posible dividir la cantidad de potencia a la que se enfrenta una unidad de control, por ejemplo la misma cantidad de potencia para cada unidad o diferentes cantidades de potencia.

La figura 5 ilustra una realización de un sistema de control para las unidades de control de sobretensión según la invención.

El sistema incluye varios valores de entrada para un microprocesador μP procedentes de medios de medición tales como el valor de tensión medido de la red de distribución de energía eléctrica U_{Red} , el valor de tensión de enlace de CC U_{CC} del convertidor de frecuencia 12 y la temperatura de las unidades de control B_1 - B_n .

El microprocesador comprende además la conexión al almacenamiento de parámetros y datos PS en el que el almacenamiento puede contener valores umbrales y límite tales como valores de temperatura y los valores de tensión de enlace de CC mínimo y máximo.

El valor máximo define la sobretensión potencialmente dañina y peligrosa para los conmutadores del convertidor de

frecuencia. El valor mínimo define la subtensión que da como resultado una corriente potencialmente dañina y peligrosa que fluirá a través de los conmutadores del convertidor de frecuencia.

5 Los valores límite de temperatura definen los valores de temperatura en los que las unidades de control o el convertidor de frecuencia como tal pueden sufrir daños. Los valores límite también pueden incluir valores de tiempo tales como el periodo de tiempo más largo en el que una unidad de control puede estar activa y enfrentándose a potencia. Además, los valores de temperatura o tensión umbrales pueden almacenarse en el almacenamiento cuando los valores definen una situación que debe iniciar una acción tal como activar más unidades de control.

10 Pueden almacenarse otros valores en el almacenamiento tales como valores de sobrecorriente que indican una terminación más corta de las señales de control para los conmutadores del convertidor de frecuencia, por ejemplo para limitar la corriente de rotor de un generador de inducción de doble alimentación de una turbina eólica.

15 El microprocesador controla varias unidades de control B_1 - B_n a través de controladores de puerta GD_1 - GD_n en relación con los valores medidos y almacenados. La figura ilustra que cada controlador de puerta controla dos unidades de control y habitualmente con la misma señal de control de accionamiento de puerta a los conmutadores de las unidades de control. Sin embargo, debe comprenderse que cada unidad de control puede controlarse individualmente mediante el microprocesador y un controlador de puerta o pueden controlarse más de dos unidades mediante solamente un controlador de puerta.

Una realización preferida del sistema de control puede incluir dos o cuatro unidades de control pero pueden elegirse otras cantidades si es ventajoso en la aplicación dada, por ejemplo más unidades en convertidores de frecuencia de potencia muy alta.

20 La figura 6 ilustra un ejemplo de una curva para la tensión de la red de distribución U_{Red} y una curva correspondiente para la tensión intermedia del enlace de CC U_{CC} en un fallo de la red de distribución.

La tensión de la red de distribución se ilustra esquemáticamente en el ejemplo como una curva que cae rápidamente desde un valor nominal hasta un valor muy próximo a tensión cero en el periodo de tiempo del fallo de la red de distribución.

25 La curva correspondiente para la tensión del enlace de CC comprende una pendiente debida al almacenamiento de energía del condensador de enlace de CC. Sin embargo, el valor también está cayendo y, eventualmente, alcanza un valor U_{CCmin} en el que los conmutadores del rotor y los circuitos convertidores de lado de red de distribución se desactivan y, por tanto, separan el convertidor de frecuencia del generador eléctrico y la red de distribución. Además, se desactivan las unidades de control conectadas entre las barras colectoras del enlace de CC y, por consiguiente, se detiene la descarga del condensador de enlace de CC. La tensión U_{CC} por el presente documento permanece en el valor de U_{CCmin} hasta que se elimina el fallo de la red de distribución y la tensión de la red de distribución ha recuperado su valor nominal en el que la tensión U_{CC} también vuelva a su valor normal.

Por el presente documento, los valores de corriente iniciales se restringen como la tensión U_{CC} restante en el valor de U_{CCmin} hasta que vuelva la tensión de la red de distribución.

35 La figura 7 ilustra adicionalmente las señales de control de controlador de puerta G_1 , G_2 para varias unidades de control de sobretensión en el sistema de control y la curva correspondiente para la tensión de CC intermedia U_{CC} durante el fallo de la red de distribución.

40 La figura ilustra inicialmente cómo el fallo de la red de distribución da como resultado una sobretensión que se eleva hasta un valor de U_1 (un valor próximo a U_{max}). Con el fin de proteger el convertidor de frecuencia y la turbina eólica ambas señales de control de controlador de puerta ascienden a un valor alto y, por tanto, activan las unidades de control correspondientes. Después de un periodo de tiempo, la tensión ha caído hasta un menor valor de U_4 y una señal de control desciende a un valor bajo; lo que desactiva la unidad de control correspondiente, y posteriormente la otra señal de control desciende a un valor bajo; lo que desactiva la última unidad de control a medida que la tensión sigue cayendo. Al desactivar todas las unidades de control, la tensión se eleva de nuevo y el sistema de control puede activar una vez más una o más de las unidades de control con el fin de controlar la tensión hasta que haya desaparecido el fallo de la red de distribución.

45 La figura 8 ilustra una curva de temperatura de las unidades de control de la turbina eólica durante un fallo de la red de distribución cuando el fallo comienza a tiempo t_1 . La una o más unidades de control se activan en el momento y se enfrentan a una cantidad de potencia debida a su limitación de una sobretensión en el enlace de CC del convertidor de frecuencia. Por consiguiente, la curva de temperatura se eleva y a tiempo t_2 se alcanza el valor límite de temperatura T_{max} para las unidades de control activas. El microprocesador activa unidades de control adicionales y la temperatura cae hasta un valor límite de temperatura T_{min} a tiempo t_3 y, como consecuencia, se desactiva al menos una unidad. Este control del número de unidades de control activas continúa hasta que haya desaparecido el fallo de la red de distribución.

55 La invención se ejemplificó anteriormente con referencia a ejemplos específicos.

Sin embargo, debe comprenderse que la invención no se limita a los ejemplos particulares descritos anteriormente sino que puede usarse junto con una amplia variedad de aplicaciones, por ejemplo varias turbinas eólicas conectadas al mismo convertidor de frecuencia. Aplicaciones adicionales pueden implicar un generador síncrono o de inducción de una turbina eólica conectado a un convertidor de frecuencia a escala completa.

- 5 Aún más, debe comprenderse que especialmente el convertidor de frecuencia puede diseñarse en una multitud de variedades, por ejemplo como un sistema inversor y rectificador basado en tiristor.

Además, debe comprenderse que la invención puede usar una amplia variedad de valores medidos si corresponden directa o indirectamente a los valores de temperatura y tensión mencionados anteriormente, por ejemplo valores de corriente en lugar de valores de tensión. La posición de las mediciones en el sistema de turbina eólica también puede cambiarse si las mediciones corresponden a las sugeridas anteriormente en el desarrollo, al menos a lo largo del tiempo del fallo de la red de distribución.

Lista

1. Turbina eólica
2. Torre de turbina eólica
- 15 3. Góndola de turbina eólica
4. Buje de turbina eólica
5. Rotor de turbina eólica
6. Generador de inducción
- 20 7. Lado de estator del generador que incluye conexiones a conmutadores de desconexión y al transformador de la red de distribución
8. Transformador de red de distribución
9. Red de distribución o red con la tensión U_{Red}
10. Lado de rotor del generador que incluye conexiones al convertidor de frecuencia
12. Convertidor de frecuencia
- 25 13. Circuito convertidor de lado de rotor
14. Enlace de CC entre circuitos convertidores de lado de red de distribución y rotor
15. Circuito convertidor de lado de red de distribución
16. Conexión de convertidor a conmutadores de desconexión y al transformador de red de distribución
17. Sistema de control para las unidades de control de sobretensión
- 30 B_n Unidad de control de sobretensión n.º n
- C. Condensador de enlace de CC
- En. Permitir señal de control
- Gn. Señal de control de puerta n.º n
- 35 GD_n Unidad de controlador de puerta n.º n
- I. Corriente
- P_R, Q_R Flujo de potencia activa y reactiva de rotor
- P_{St}, Q_{St} Flujo de potencia activa y reactiva de estator
- P₁, P_n Flujo de potencia a través de las unidades de control durante una situación de sobretensión
- 40 PS. almacenamiento de parámetros/datos
- R. Resistencia

SP Conmutador de potencia tal como un transistor bipolar de puerta aislada (IGBT)

t. Tiempo [segundos]

T. Temperatura [grados centígrados]

U. Tensión [voltios]

5 U_{Red} Tensión de la red de distribución

U_{CC} Tensión en el enlace de CC

REIVINDICACIONES

1. Método de control de una turbina eólica, que incluye un generador eléctrico (6) y un convertidor de potencia (12), conectado a una red de distribución de energía eléctrica (8) durante un mal funcionamiento en dicha red de distribución, comprendiendo dicho método las etapas de
 - 5 detectar el mal funcionamiento en dicha red de distribución de energía eléctrica (8),
 - hacer funcionar al menos dos unidades de control (B_1 - B_n) de dicho convertidor de potencia en relación con al menos un valor límite de convertidor de potencia y al menos un valor adicional de las unidades de control o el convertidor de potencia,
 - 10 en el que cada una de dichas unidades de control comprende uno o más bloques de resistencia que se conectan de manera conmutable a al menos una resistencia entre las barras colectoras de un enlace de CC en dicho convertidor de potencia, y
 - en el que se realiza el funcionamiento en relación con la temperatura y los periodos de tiempo activos de dichas unidades de control o convertidor de potencia como valores adicionales.
2. Método de control de una turbina eólica según la reivindicación 1, en el que dichas al menos dos unidades de control se hacen funcionar en relación con un valor de tensión límite mínimo o máximo del enlace de CC en dicho convertidor de potencia con el fin de mantener el valor de tensión del enlace de CC entre dichos valores de tensión límite mínimo y máximo.
3. Método de control de una turbina eólica según la reivindicación 1 ó 2, en el que cada uno de dichos bloques de resistencia se conmuta con una frecuencia que depende del valor de tensión del enlace de CC.
- 20 4. Método de control de una turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dichos bloques de resistencia pasan a estar activos de manera sucesiva a medida que aumenta el valor de tensión del enlace de CC.
5. Método de control de una turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que cada uno de dichos bloques de resistencia está activo en periodos de tiempo limitados.
- 25 6. Método de control de una turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que cada uno de dichos bloques de resistencia se hace funcionar y pasa a estar activo en relación con su temperatura de bloque.
7. Método de control de una turbina eólica según la reivindicación 1, en el que al menos dicha temperatura se mide directa o indirectamente.
- 30 8. Sistema de control para controlar una turbina eólica conectada a una red de distribución de energía eléctrica durante un mal funcionamiento en dicha red de distribución, comprendiendo dicho sistema de control
 - medios para detectar el mal funcionamiento en dicha red de distribución de energía eléctrica, y
 - un convertidor de potencia (12),
 - 35 en el que dicho sistema de control comprende además al menos dos unidades de control (B_1 - B_n) de dicho convertidor de potencia (12),
 - dichas al menos dos unidades comprenden una pluralidad de bloques de resistencia en el que cada bloque incluye al menos una resistencia (R) y un conmutador (SP),
 - caracterizado porque
 - 40 dichas al menos dos unidades de control (B_1 - B_n) se controlan en relación con al menos un valor límite de convertidor de potencia durante dicho mal funcionamiento y al menos un valor adicional de las unidades de control o el convertidor de potencia,
 - en el que se realiza el control en relación con la temperatura y los periodos de tiempo activos de dichas unidades de control o convertidor de potencia como valores adicionales.
- 45 9. Sistema de control según la reivindicación 8, en el que dichos bloques de resistencia incluyen además medios de medición de temperatura.
10. Sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones 8 ó 9, en el que dicho sistema incluye medios para medir el valor de tensión de enlace de CC y medios para comparar dicho valor con valores límite tales como el valor de tensión límite mínimo o máximo del enlace de CC en dicho convertidor de potencia.

11. Sistema de control según la reivindicación 10, en el que los medios miden al menos dicha temperatura directa o indirectamente.

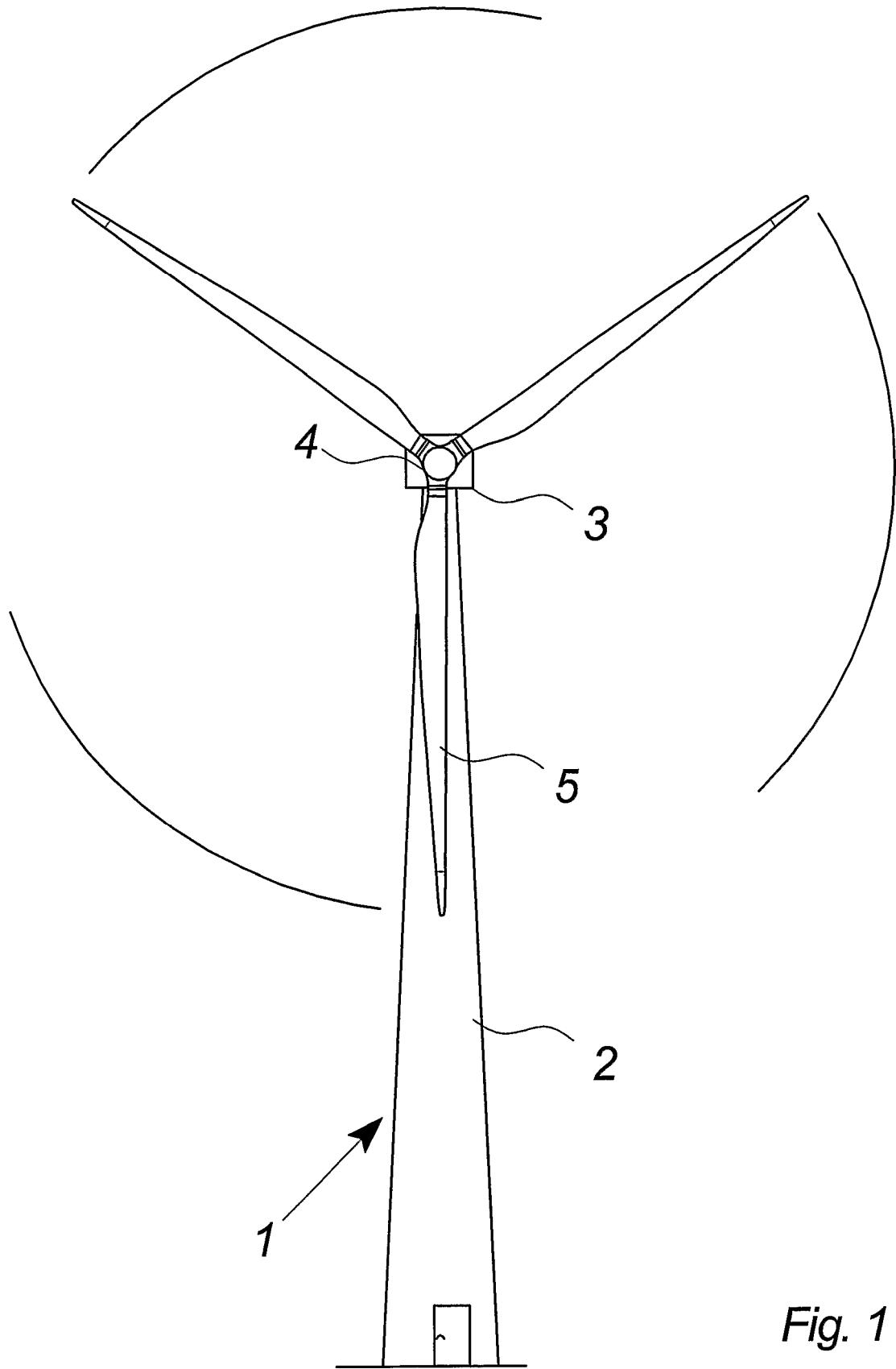


Fig. 1

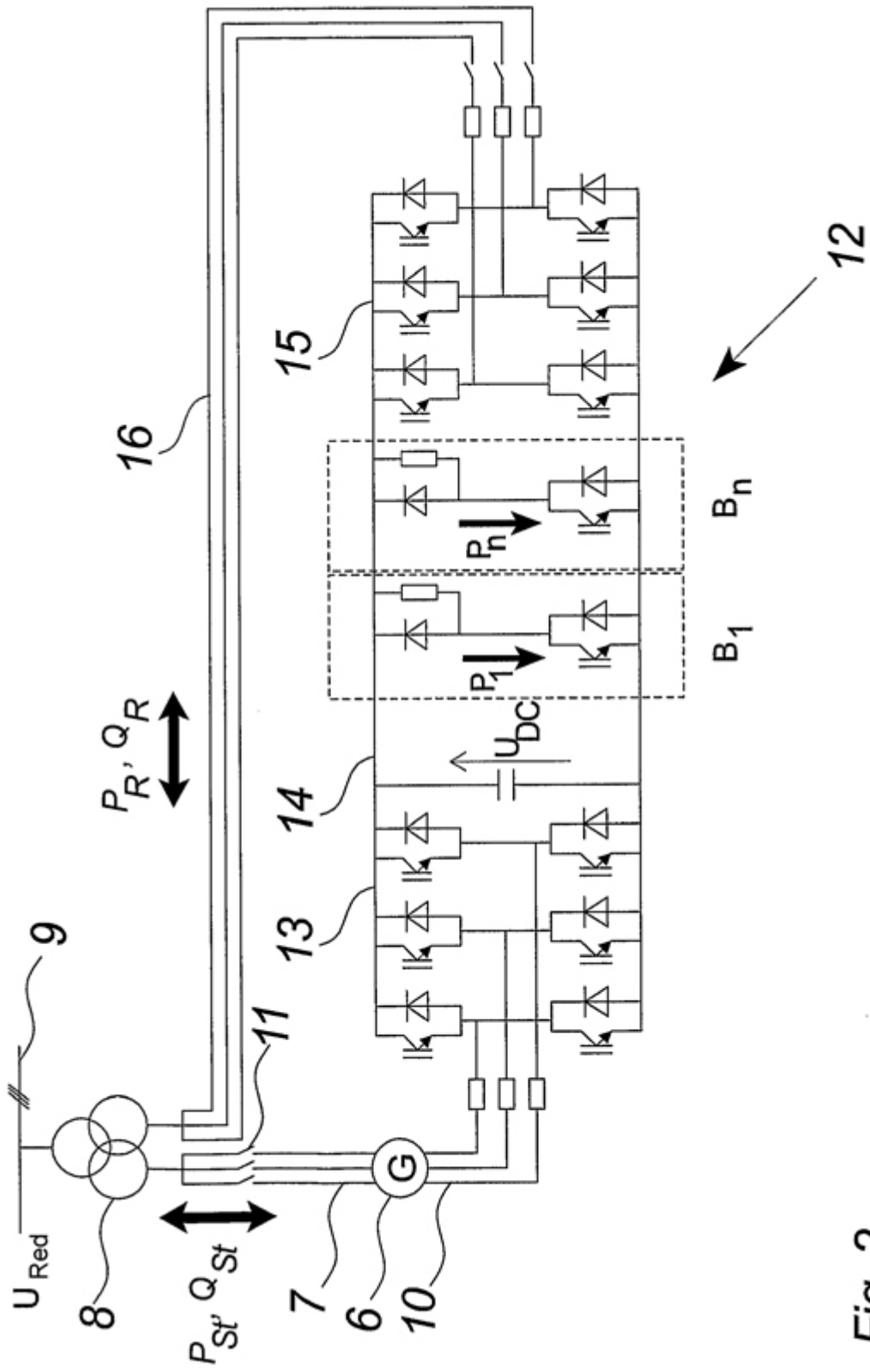


Fig. 2

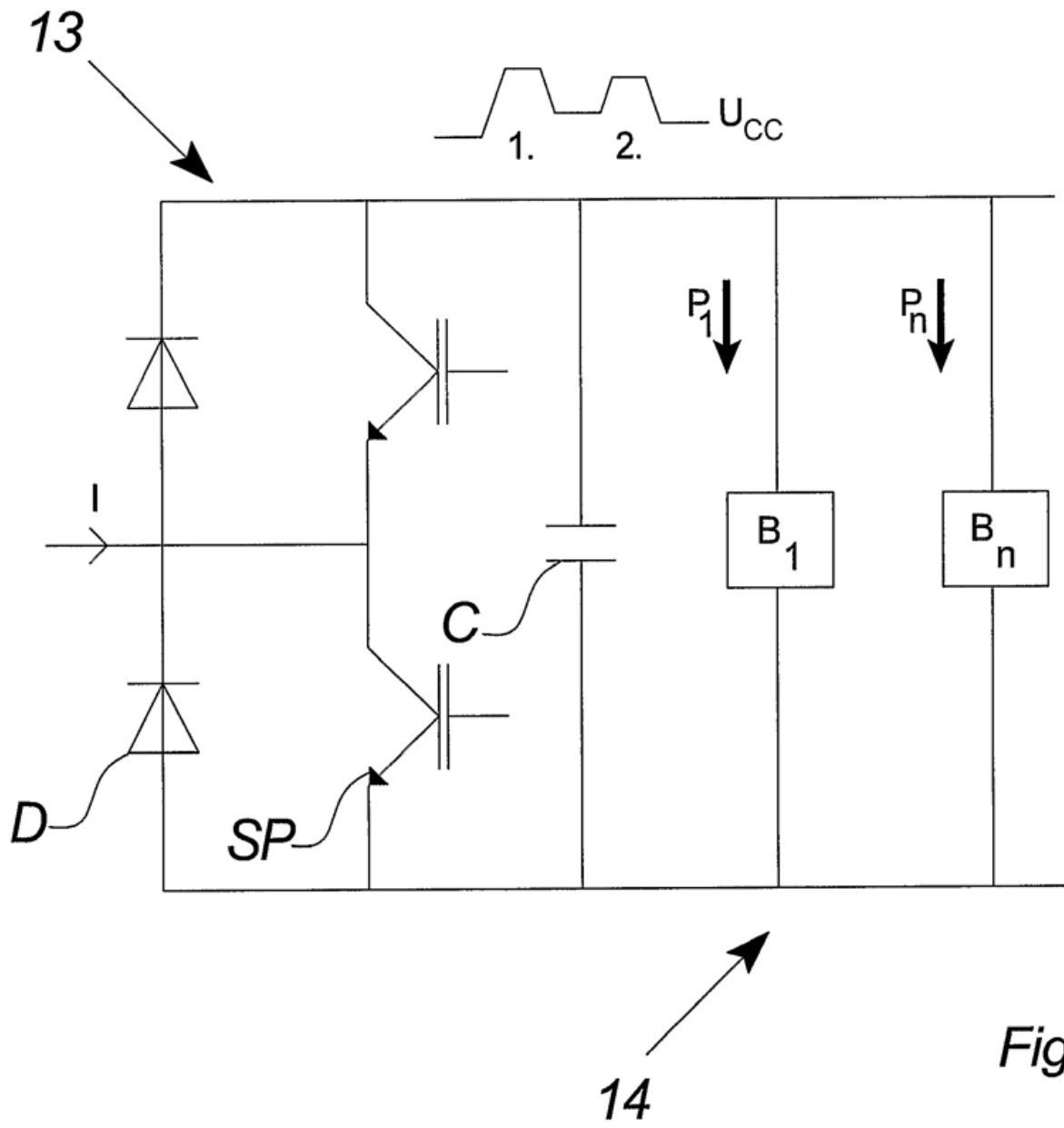
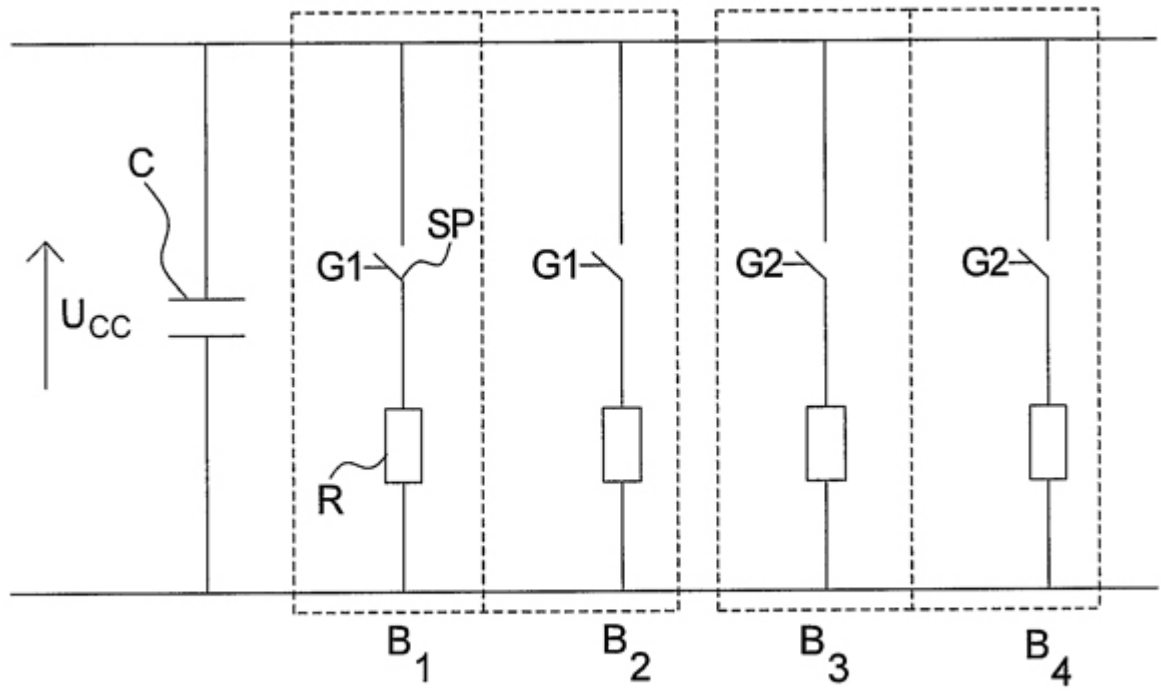


Fig. 3



14

Fig. 4a

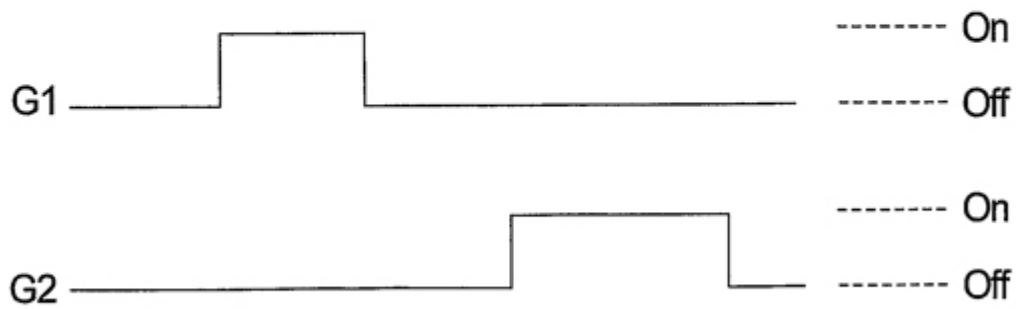


Fig. 4b

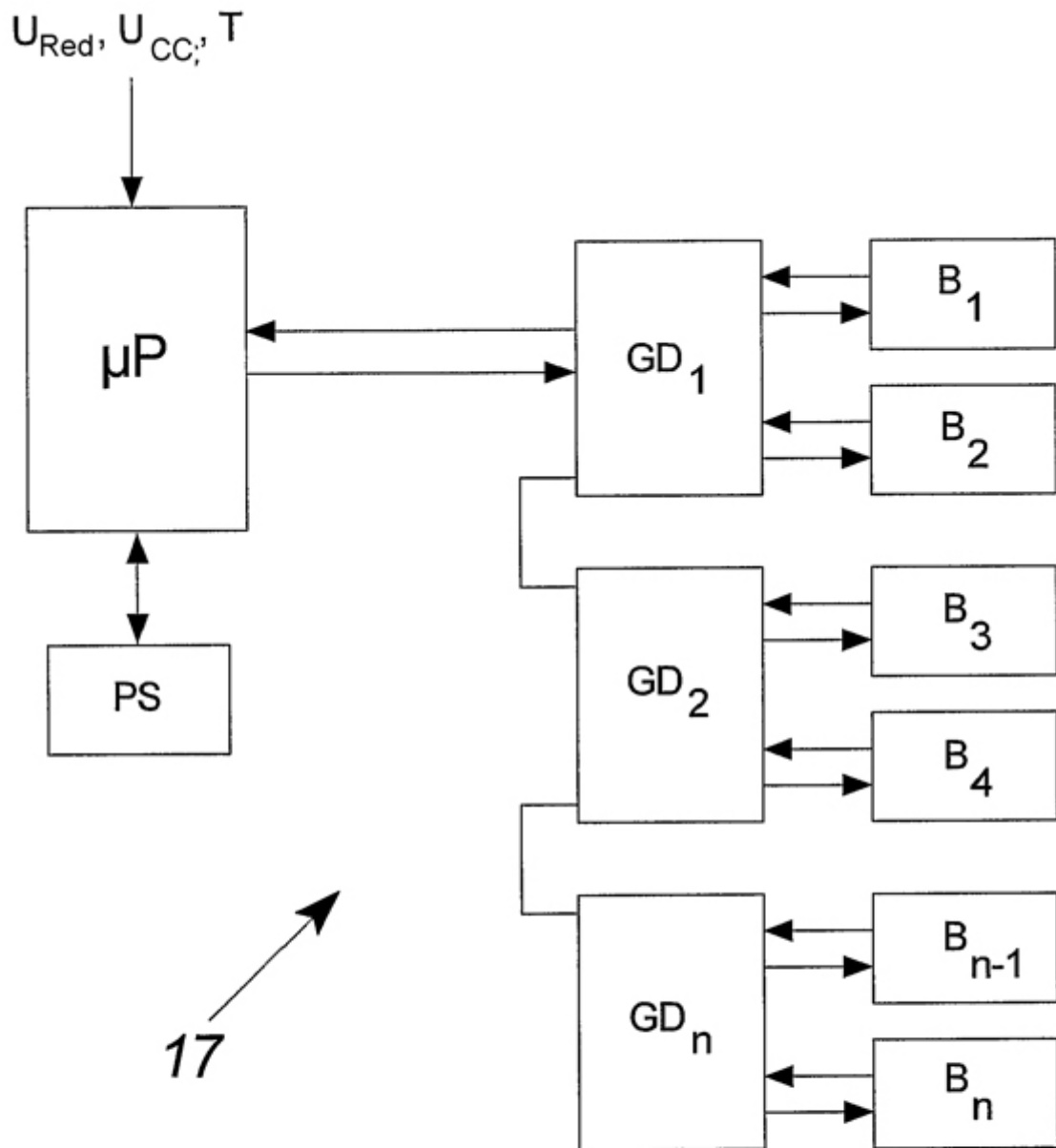


Fig. 5

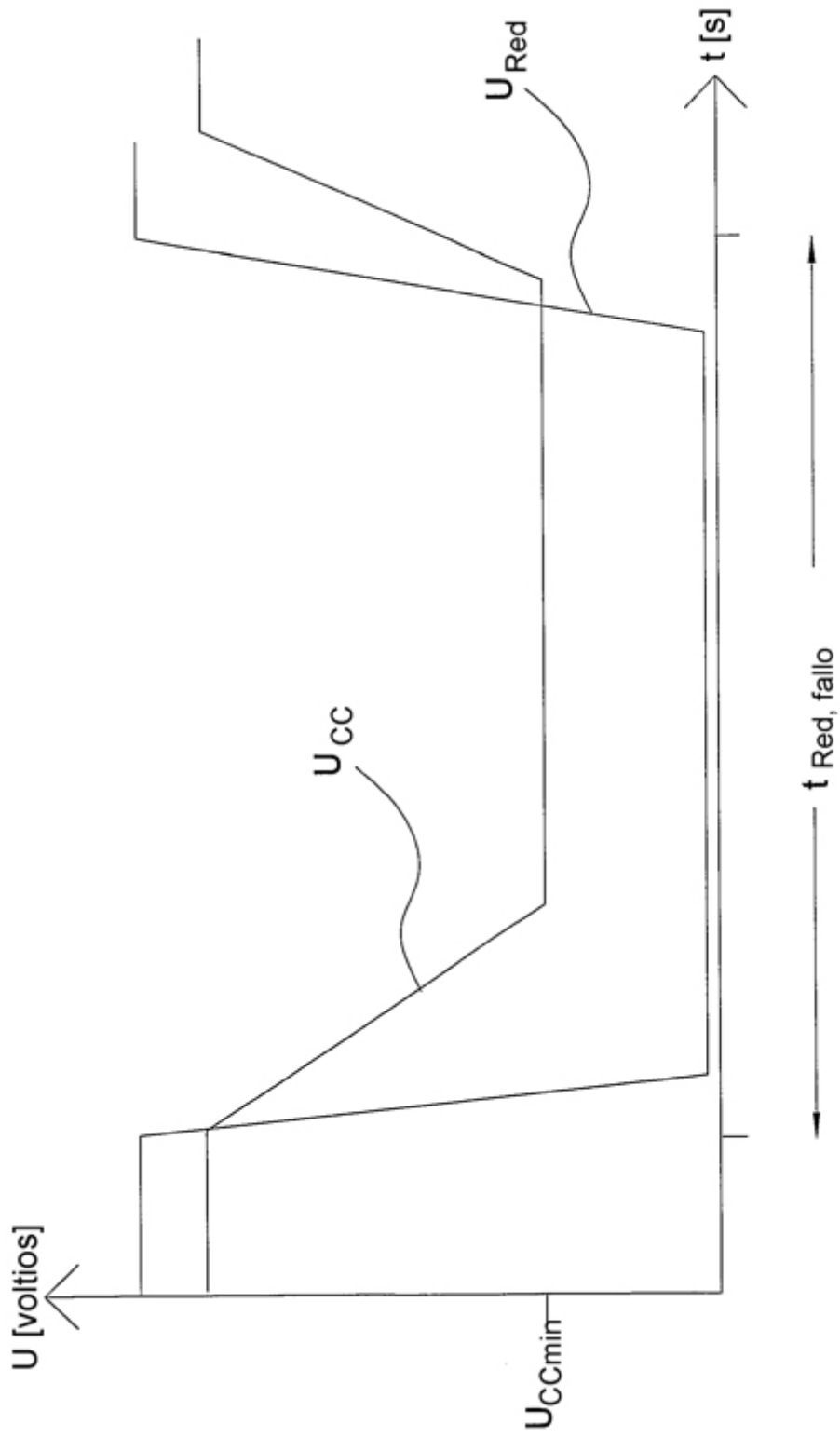


Fig. 6

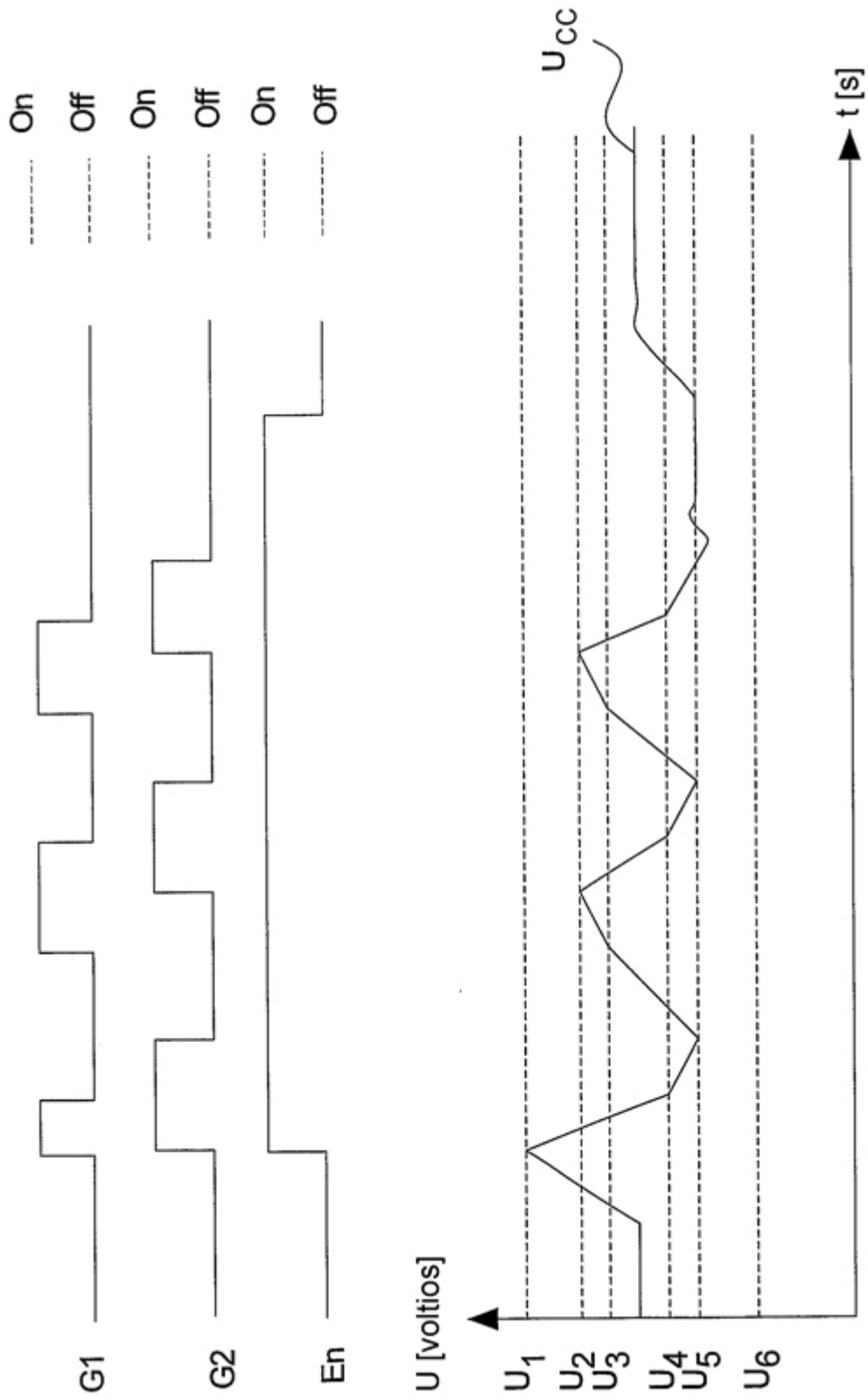


Fig. 7

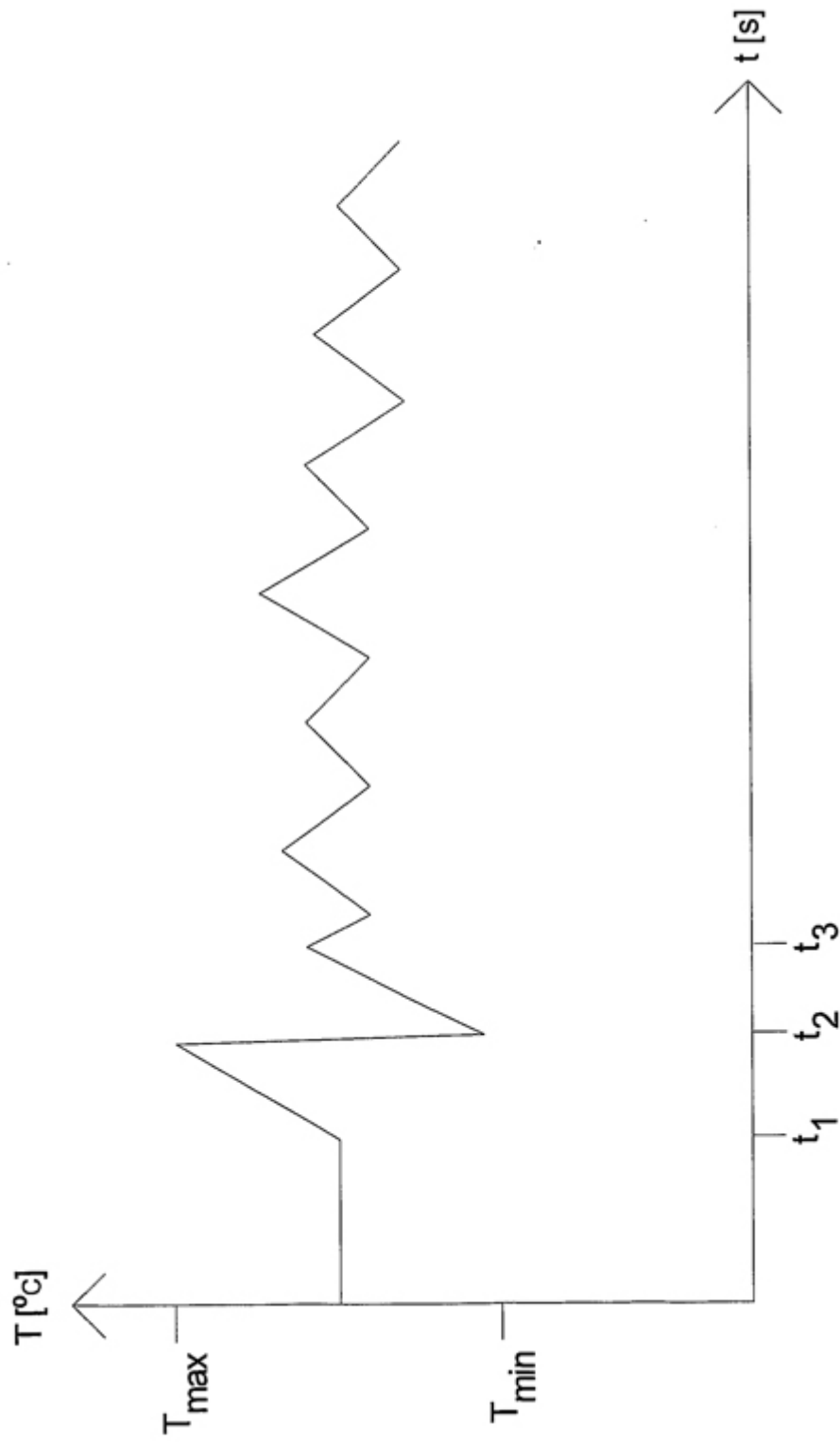


Fig. 8