

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 425 917**

51 Int. Cl.:

H02P 9/10 (2006.01)

F03D 9/00 (2006.01)

H02J 3/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.03.2010 E 10710316 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.07.2013 EP 2411669**

54 Título: **Procedimiento para hacer funcionar una instalación de energía eólica**

30 Prioridad:

23.03.2009 DE 102009014012

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

18.10.2013

73 Titular/es:

**WOBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)
Dreekamp 5
26605 Aurich, DE**

72 Inventor/es:

**BEEKMANN, ALFRED y
DE BOER, WOLFGANG**

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 425 917 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 hacer funcionar una instalación de energía eólica

5 La invención se refiere a un procedimiento para hacer funcionar una instalación de energía eólica y a una instalación de energía eólica para la realización del procedimiento.

Como estado de la técnica se indica en particular "Grid Integration of Wind Energy Conversion Systems", Siegfried Heier, 1998, en particular las páginas 263 y siguientes, así como los documentos US 7.345.373 y WO 01/86143.

10 El estado de la técnica más próximo es el documento WO 01/86143.

15 Este documento da a conocer la enseñanza de disminuir la potencia de una instalación de energía eólica entonces cuando la frecuencia de red, es decir la frecuencia de la red, a la que la instalación de energía eólica alimenta su potencia eléctrica, supera un valor determinado por encima de la frecuencia teórica.

La frecuencia teórica, en el caso de las redes centroeuropeas, es regularmente de 50 Hz, en el caso de las redes estadounidenses, por el contrario, es de 60 Hz.

20 En cambio, al mismo tiempo, siempre hay pequeñas fluctuaciones de frecuencia de red, que dependen de cuánto está equilibrada la relación de la potencia generada por los productores de energía, que están conectados a la red eléctrica, con respecto a la potencia tomada por los consumidores, es decir aquellos que están conectados a la red eléctrica y que recogen la energía eléctrica para, con ello, poner en funcionamiento cualquier equipo eléctrico.

25 Si por ejemplo la oferta de potencia de los generadores se encuentra por encima de lo que los consumidores conectados a la red toman de potencia, entonces la frecuencia de red aumenta y a la inversa, también puede reducirse la frecuencia por debajo de la frecuencia teórica, por ejemplo de 50 Hz, cuando la oferta de potencia es menor de lo que se toma por los consumidores eléctricos conectados a la red.

30 La gestión de red, es decir, la gestión de la generación así como también grandes consumidores, se efectúa regularmente por los operadores de red. La gestión de red puede prever a este respecto mecanismos de regulación muy diferentes, por ejemplo la conexión adicional automática de determinados generadores (por ejemplo centrales eléctricas de gas), la desconexión automática de grandes consumidores determinados o también el uso de centrales de acumulación por bombas y similares. Durante un funcionamiento normal también la gestión de red de grandes
35 centrales de red de suministro logra continuamente mantener la frecuencia de red en el intervalo de la frecuencia teórica, estando permitidas por completo ligeras desviaciones. Sin embargo, estas ligeras desviaciones no deberán superar regularmente el intervalo de $\pm 1\%$. Naturalmente, para la gestión de red puede efectuarse también la conexión adicional de redes adicionales, que están conectadas con la red, para alimentar con ello potencia adicional a la red o sacarla de la red y alimentarla a otras redes.

40 Para instalaciones de energía eólica, el documento WO 01/086143, tal como se expone al principio, enseña la reducción de la potencia por debajo de la potencia actualmente disponible, cuando se supera un valor de frecuencia de red determinado, por ejemplo un valor que se encuentra un 3% por encima del valor teórico de la frecuencia de red (por ejemplo por encima de 50 Hz).

45 El documento enseña así mismo que entonces, cuando la frecuencia aumenta adicionalmente, la potencia se reduce adicionalmente de manera lineal, en función del aumento adicional de la frecuencia de red.

50 La publicación para información de solicitud de patente alemana DE 10 2005 052 001 A1 se refiere a un procedimiento para hacer funcionar una instalación de energía eólica. En ese documento se propone reducir la potencia activa emitida a la red por la instalación de energía eólica al superarse un valor de frecuencia de red en función de una frecuencia instantánea.

55 La solicitud estadounidense US 2007/0085343 A1 se refiere a un procedimiento para hacer funcionar al menos una instalación de energía eólica con un rotor y un generador eléctrico, que está acoplado con el rotor para alimentar potencia eléctrica a una red de distribución de energía. La instalación de energía eólica se controla en función de una variación de un parámetro de funcionamiento del sistema, alimentándose durante un periodo de tiempo una mayor potencia al sistema, que en un estado de funcionamiento estacionario.

60 Es ahora objetivo de la presente invención mejorar el funcionamiento de una instalación de energía eólica con respecto al estado de la técnica y mejorar en conjunto el soporte de red de la instalación de energía eólica con respecto a la red.

65 El objetivo se resuelve de acuerdo con la invención mediante un procedimiento con la característica de acuerdo con la reivindicación 1. Perfeccionamientos ventajosos se describen mediante las reivindicaciones dependientes.

De acuerdo con la invención, ahora ya no se desconecta la instalación de energía eólica quedar por debajo de un valor de frecuencia determinado por debajo del valor teórico de la frecuencia de red, sino que la instalación de energía eólica sigue funcionando, concretamente con una potencia aumentada, es decir la potencia, rápidamente y durante un corto periodo de tiempo, es mayor que la potencia alimentada previamente. Para ello se usa por ejemplo la energía de rotación almacenada en el momento de inercia del sistema de rotor/generador, es decir se saca rápidamente más potencia de todo el sistema de rotor/generador, de modo que inmediatamente al quedar por debajo de la frecuencia de red por debajo del valor teórico predeterminado se pone a disposición rápidamente una potencia elevada. Esto sucede también, cuando la instalación de energía eólica se había alimentado previamente con potencia nominal, es decir, había entregado su cantidad máxima normal, concretamente la potencia que puede sacarse del viento.

La cantidad en la que se aumenta la potencia rápidamente, se encuentra en un intervalo de hasta el 10 al 30% de la potencia nominal, de manera preferible aproximadamente el 20% de la potencia nominal.

El valor de frecuencia predeterminado puede establecerse, por ejemplo, mediante especificación de una frecuencia de banda muerta. En cuanto la frecuencia de red se encuentra por debajo de esta frecuencia de banda muerta, tiene lugar el aumento de la potencia actual de la instalación de energía eólica, así como el aumento de la potencia emitida por la instalación de energía eólica, concretamente alimentada a la red. La frecuencia de banda muerta se encuentra en este caso en un valor de frecuencia predeterminado por debajo de la frecuencia teórica deseada de la red.

El valor de frecuencia predeterminado es preferiblemente mayor del 1‰, 2‰ o 3‰ de la frecuencia teórica de red. En el caso de una frecuencia teórica de red de 50 Hz se detecta por lo tanto que la frecuencia queda por debajo 49,95, 49,90 o 49,85 Hz.

Alternativamente o de manera complementaria, también puede considerarse una variación de frecuencia relativa, es decir, una caída de frecuencia relativa, designada también con df/dt o gradiente de frecuencia. Si la cantidad de una variación de frecuencia de red de este tipo por unidad de tiempo es demasiado grande, es decir si la frecuencia cae demasiado rápido, puede aumentarse rápidamente la potencia a alimentar actualmente para soportar la red. La detección de una variación de frecuencia de este tipo por unidad de tiempo, es decir la df/dt , permite opcionalmente una detección rápida de una caída de frecuencia de red y con ello un reconocimiento más rápido de la necesidad de un soporte de red. El registro de un valor de frecuencia absoluto, es decir quedar por debajo de un valor de frecuencia absoluto predeterminado como también la variación por unidad de tiempo puede combinarse también. Así, puede una caída de frecuencia de red rápida puede ser menos crítica a la hora de valorarla, cuando el valor absoluto de la frecuencia de red está por encima de la frecuencia nominal.

Si se detecta adicionalmente o también alternativamente un gradiente de frecuencia, entonces se ha comprobado que es favorable prever un aumento de potencia a partir de un gradiente de 0,1 Hz/s. Como intervalo ventajoso para la introducción de un aumento de potencia ha resultado una cantidad de variación, es decir, un gradiente de 0,2 - 7 Hz/s, en particular de 0,5 - 2 Hz/s. De este modo, por ejemplo 0,2 Hz/s, 0,5 Hz/s, 1 Hz/s, 2 Hz/s y 5 Hz/s son los valores más favorables. Ha de destacarse que la detección de un gradiente de frecuencia de por ejemplo 1 Hz/s no supone habitualmente ninguna medición a lo largo del periodo de tiempo de un segundo completo. Más bien, tiempos de medición de 20 ms y menos, en particular 10 ms, son tiempos de medición adecuados. También tiempos de medición menores de por ejemplo 5 ms o incluso menores son valores preferidos. Además, tanto el tiempo de medición como la cantidad de variación utilizada o el gradiente de frecuencia utilizado dependen de la frecuencia teórica de red. Los valores mencionados previamente para el gradiente de frecuencia y los tiempos de medición previstos para ello se refieren a una frecuencia teórica de 50 Hz. En el caso de una frecuencia teórica de 60 Hz puede estar previsto dado el caso un gradiente algo mayor y/o un tiempo de medición algo más corto.

Además, ha de mencionarse que el rápido aumento de potencia puede usarse también para estabilizar o para suavizar la frecuencia de red o para atenuar fluctuaciones de frecuencia. En particular la atenuación de fluctuaciones de frecuencia puede tener en cuenta de manera ventajosa el gradiente de frecuencia.

Preferiblemente, el rápido aumento de potencia tiene lugar utilizando la energía de rotación almacenada en el momento de inercia del sistema de rotor/generador. Esto se refiere por lo tanto a la toma de energía cinética que está almacenada tanto en el rotor giratorio que presenta una o varias palas de rotor, como en el inducido giratorio del generador. La toma de una mayor potencia puede conseguirse en particular mediante el aumento de la corriente de excitación y por lo tanto mediante el aumento del momento antagónico del generador del inducido. En particular generadores sin engranaje con inducidos de grandes diámetros y por lo tanto de grandes masas y momentos de inercia correspondientemente grandes, pueden almacenar una cantidad considerable de energía cinética.

Preferiblemente, la frecuencia de la potencia alimentada corresponde siempre a la frecuencia de red actual. Es decir, si cae la frecuencia de red, entonces puede efectuarse un aumento de potencia, pero reduciéndose en cambio la frecuencia de la alimentación, adaptado a la frecuencia actual.

Preferiblemente se prepone un procedimiento que se caracteriza por que el aumento de la potencia tiene lugar por encima de la potencia actual, es decir también por encima de la potencia nominal, cuando se alimentó previamente con potencia nominal. Por lo tanto, incluso durante la puesta en funcionamiento de la instalación de energía eólica en el funcionamiento nominal, se realiza un aumento de potencia en el caso de una caída de frecuencia crítica. En este caso se reconoció que puede superarse una potencia nominal, que puede representar regularmente en cualquier caso para un funcionamiento permanente, también una potencia máxima, para un breve apoyo de red sin dañar la instalación de energía eólica.

De acuerdo con una forma de realización se propone que el procedimiento se caracteriza por que dentro de un periodo de tiempo de 10 a 1000 ms, en particular de 20 a 500 ms, preferiblemente de 50 a 100 ms después de quedar por debajo del valor de frecuencia predeterminado de la frecuencia de red o después de superarse la cantidad de variación predeterminada tiene lugar el aumento de potencia y/o por que con una potencia aumentada, es decir una potencia, que se encuentra por encima de la potencia ajustada previamente, se alimenta durante un periodo de tiempo adicional de al menos 0,5 s, preferiblemente al menos de 1 s a como máximo 30 s, preferiblemente como máximo aproximadamente de 3 a 6, 8, 10, 12 o 15 s. En principio se considera un tiempo de reacción lo más corto posible de por ejemplo 10 ms como valor ideal para efectuar un aumento de potencia. En particular el tiempo de 10 ms en el caso de una frecuencia de red de 50 Hz corresponde a una semionda. Un tiempo de reacción mayor de hasta 1 s es deseable para evitar un sistema que sobre-reacciona o incluso inestable. En particular valores de 50 a 100 ms han resultado un acuerdo favorable.

El aumento de potencia es necesario en principio durante un corto periodo de tiempo. Este periodo de tiempo dura habitualmente al menos 0,5 s, pero preferiblemente 1 s y llega hasta 3, 6, 8, 10, 12, 15 y como máximo 30 s. Siempre que sea necesaria una alimentación de potencia elevada de más de o claramente superior a 10 s, entonces ya no puede partirse en general de una medida de apoyo momentánea, sino más bien de una necesidad de potencia elevada. Un intervalo efectivo para el aumento de potencia ha resultado estar a de 3 a 6, 8, 10, 12 o 15 s.

Preferiblemente se prevé un procedimiento para el control de un parque eólico, en el que cada instalación de energía eólica se controle de acuerdo con un procedimiento de acuerdo con la invención. En particular cada instalación de energía eólica está preparada para emitir una potencia elevada a la red en el caso de un robo de frecuencia. Un parque eólico comprende a este respecto al menos dos instalaciones de energía eólica, pero habitualmente claramente más instalaciones de energía eólica tal como 10 instalaciones de energía eólica, 50 instalaciones de energía eólica o incluso más. Por todas las instalaciones de energía eólica del parque eólico han de entenderse sólo aquellas que también están incluidas en el procedimiento descrito.

Preferiblemente, en este caso, el aumento de la potencia a emitir a la red de todas las instalaciones de energía eólica tiene lugar de manera unitaria y/o central. De este modo, por un lado se impide que diferentes instalaciones de un parque eólico reaccionen en momentos diferentes y posiblemente se obstaculicen. Además, los parques eólicos pueden experimentar ciertas condiciones tales como valores límite para el acoplamiento de red, cuando el parque eólico alimenta la potencia de todas las instalaciones de energía eólica a un punto de conexión de red. De este modo pueden fijarse por ejemplo límites superiores para la potencia alimentada en el lado de la potencia de conexión pero opcionalmente también durante el uso de un transformador central para la misma. Un control central puede tener en cuenta tales condiciones límite. En ocasiones, un control unitario de las instalaciones de energía eólica, siempre que sea posible en diferentes instalaciones de energía eólica de un parque eólico, puede ser útil. De este modo, al menos un control parcialmente unitario puede efectuarse por ejemplo en cuanto a los tiempos de reacción y/o duraciones temporales del aumento de potencia. Si por ejemplo en el caso de que todas o la mayoría de las instalaciones de energía eólica de un parque eólico estuvieran en el funcionamiento nominal, debería estar limitado un aumento de potencia de todas las instalaciones de energía eólica debido a un límite superior de alimentación de potencia del parque eólico, entonces el control puede tener lugar de manera que, en primer lugar, una parte de las instalaciones de energía eólica contribuye a un aumento de potencia y después otra parte de las instalaciones de energía eólica. Además, puede reducirse el gasto de control y de regulación mediante una unidad de control central que, por ejemplo para un aumento de potencia emite únicamente los valores nominales correspondientes a cada instalación de energía eólica en el parque eólico.

Además se propone una instalación de energía eólica que está preparada para utilizar un procedimiento de acuerdo con la invención. Además se propone un parque eólico que comprende varias instalaciones de energía eólica de acuerdo con la invención y que preferiblemente utiliza un procedimiento de control central y/o en el que el aumento de la potencia a emitir a la red de las instalaciones de energía eólica se controla al menos parcialmente de manera unitaria. Un control central del aumento de la potencia a emitir a la red de todas las instalaciones de energía eólica puede efectuarse por una unidad de control central independiente y/o una instalación de energía eólica puede funcionar como maestro, de modo que el resto de las instalaciones de energía eólica dependan de esta instalación de energía eólica. En principio es posible también la división técnica de control de un parque eólico en varias secciones de parque, para agrupar por ejemplo instalaciones del mismo tipo o de un tipo similar en cada caso desde el punto de vista de la técnica de control.

Para aumentar la emisión de potencia no se tiene en cuenta sólo la utilización de la energía de rotación del momento de inercia, sino que puede efectuarse también con apoyo o dado el caso exclusivamente una variación del ángulo de

ajuste de la pala de rotor, una variación del ángulo de inclinación, denominado inclinación, para aumentar el rendimiento del viento. Esto tiene lugar en particular entonces, cuando la instalación de energía eólica funciona con carga nominal, es decir emite ya potencia nominal y en particular las palas de rotor se inclinaron ya parcialmente para la regulación de la velocidad de giro nominal.

5 Después de un aumento de potencia puede haberse reducido la velocidad de giro del rotor porque se tomó energía cinética. En particular, en el caso de un aumento de potencia en el caso del funcionamiento de carga nominal, una reducción de este tipo puede resultar una reducción de este tipo pero menor, o no aparecer en absoluto. Cabe esperar un retroceso de la velocidad de giro en particular en la zona de carga parcial y depende entonces de la altura y de la duración del aumento de potencia, es decir, de la potencia emitida adicionalmente.

La invención se explica en detalle a continuación por medio de ejemplos de realización con referencia a las figuras adjuntas:

- 15 la figura 1 muestra esquemáticamente una góndola parcialmente abierta de una instalación de energía eólica esquemáticamente con vistas al buje y partes del generador;
- la figura 2 muestra esquemáticamente una imagen de conjunto con acoplamiento rotor-generator sin engranaje con medición de frecuencia;
- 20 la figura 3 muestra un ejemplo de realización de un comportamiento de potencia/frecuencia de una instalación de energía eólica;
- la figura 4 muestra una forma de realización alternativa a la figura 3;
- 25 la figura 5 muestra en un ejemplo evoluciones de potencia para un aumento de potencia constante;
- la figura 6 muestra en un ejemplo evoluciones de potencia en el caso de un aumento de potencia, que tiene lugar en función de la velocidad de giro de rotor tiene;
- 30 la figura 7 muestra en un ejemplo la medición de una potencia en el caso de un aumento de potencia dependiente de la velocidad de giro de rotor;
- la figura 8 muestra una medición de una potencia con aumento de potencia constante y
- 35 la figura 9 muestra posibles evoluciones de los valores de potencia con los que debe realizarse un aumento de potencia en función de la frecuencia y para diferentes valores máximos ajustables del aumento de potencia.

40 Números de referencia iguales pueden designar a continuación elementos iguales pero también elementos similares, no idénticos. A continuación se explica, para completar, una instalación de energía eólica con un generador síncrono y concepto sin engranaje con convertidor completo.

45 La figura 1 muestra esquemáticamente una góndola 1 de una instalación de energía eólica sin engranaje. El buje 2 puede reconocerse debido al revestimiento representado parcialmente abierto (casquete). Al buje están fijadas tres palas de rotor 4, estando representadas las palas de rotor 4 sólo en su zona cercana al buje. El buje 2 con las palas de rotor 4 forma un rotor aerodinámico 7. El buje 2 está conectado de manera mecánicamente fija con el rotor 6 del generador, que también puede denominarse inducido 6 y a continuación se denomina inducido 6. El inducido 6 está montado de manera giratoria con respecto al estátor 8.

50 El inducido 6 se energiza durante su giro con respecto al estátor 8, habitualmente con una corriente continua, para generar de este modo un campo magnético y crear un momento de generador o momento antagónico de generador, que puede ajustarse y modificarse también de manera correspondiente por esta corriente de excitación. Por lo tanto, si el inducido 6 está excitado eléctricamente, su giro con respecto al estátor 8 genera un campo eléctrico en el estátor 8 y con ello una corriente alterna eléctrica.

55 La corriente alterna generada en el generador 10, que se crea esencialmente a partir del inducido 6 y estátor 8, se rectifica de acuerdo con la composición mostrada en la figura 2 a través de un rectificador 12. La corriente rectificada o la tensión rectificada se convierte entonces con ayuda de un inversor 14 en un sistema de 3 fases con la frecuencia deseada. El sistema de corriente-tensión trifásico así generado se transforma, en particular aumentando, por medio de un transformador 16 en la tensión, para alimentarse a una red eléctrica 18 conectada. Teóricamente, podría prescindirse del transformador o sustituirse el mismo por un inductor. En cambio, habitualmente los requisitos de tensión en la red eléctrica 18 son tales que es necesaria una transformación por aumento por medio de un transformador.

65

Para el control se usa un control principal 20, que también puede denominarse unidad Main-Control y que forma la unidad de regulación y de control superior de la instalación de energía eólica. El control principal 20 obtiene su información, entre otros, sobre la frecuencia de red, de la unidad de medición de red 22 dispuesta aguas abajo. El control principal controla el inversor 14 así como el rectificador 12. En principio podría usarse naturalmente también un rectificador no controlado. Además, el control principal 20 controla un interruptor periódico de corriente continua 24 para alimentar la corriente de excitación al inducido 6, que es parte del generador 10. El control principal 20 modifica entre otras cosas, al quedar por debajo de un valor límite de frecuencia de red predeterminado, la alimentación o el punto de funcionamiento del generador. Dado que el generador se hace funcionar de forma variable con respecto a la velocidad de giro, la alimentación a la red tiene lugar tal como se describe con un convertidor completo, que se forme esencialmente por el rectificador 12 y el inversor 14.

En el funcionamiento se mide de manera trifásica permanentemente la tensión de red y frecuencia de red por la unidad de medición de red 22. A partir de la medición resulta, en todo caso, en el caso de una frecuencia de red de 50 Hz, cada 3,3 ms un nuevo valor para una de las 3 tensiones de fase. La frecuencia de red se detecta por lo tanto por semionda de tensión, se filtra y se compara con los valores límite prefijados. Para un sistema de 60 Hz estaría disponible por ejemplo para cada 2,7 ms, concretamente por ejemplo en cada paso por cero, un valor para una de las 3 tensiones de fase.

La figura 3 muestra un ejemplo esquemático de una evolución de frecuencia así como intervalos de frecuencia aplanados a lo largo del tiempo, estando marcada también una evolución de potencia correspondiente.

A partir de la figura 3 puede reconocerse que el control principal con respecto a la frecuencia diferencia entre tres intervalos de funcionamiento, concretamente el intervalo de banda muerta 30, el intervalo de banda de control 32 y el intervalo de subfrecuencia 34. El intervalo de banda muerta es el intervalo de frecuencia entre la frecuencia nominal f_{norm} o f_N y la frecuencia de banda muerta f_{deadband} que se encuentra por debajo de la misma. La frecuencia nominal está predeterminada habitualmente de manera fija, tal como por ejemplo 50 Hz para la red de interconexión europea o 60 Hz en el área estadounidense. La frecuencia de banda muerta f_{deadband} puede ajustarse, mediante lo cual el intervalo de banda muerta puede ajustarse en todo caso con respecto a este límite inferior. En el intervalo de banda muerta no está previsto ningún aumento de potencia.

El intervalo de banda de control 32 se extiende entre la frecuencia de banda muerta f_{deadband} y la frecuencia de banda de control $f_{\text{controlband}}$ que se encuentra por debajo de la misma. El intervalo de banda de control puede ajustarse de manera correspondiente mediante especificación tanto de la frecuencia de banda muerta f_{deadband} como de la frecuencia de banda de control $f_{\text{controlband}}$. En el intervalo de banda de control, es decir cuando la frecuencia real adopta valores en el intervalo de banda de control, puede tener lugar un aumento de la potencia activa en función de la desviación de frecuencia, concretamente en particular de la frecuencia real a partir de la frecuencia de banda muerta en un aumento de potencia P_{increase} . En este sentido está previsto un aumento de potencia activa en particular proporcionalmente dependiente de la desviación de frecuencia. Por lo tanto, el aumento de potencia activa P_{increase} es también una magnitud variable del intervalo de banda de control. Por lo tanto puede tener lugar un aumento de la potencia activa en función de la desviación de frecuencia en una potencia adicional P_{increase} del 0% hasta un valor prefijado $P_{\text{increase_set}}$. El aumento máximo de la potencia activa puede prefijarse por medio de $P_{\text{increase_set}}$, pudiendo aumentarse $P_{\text{increase_set}}$ desde el 0% hasta $P_{\text{increase_max}}$ en etapas del 1%.

El intervalo de subfrecuencia 34 se extiende aguas abajo de la frecuencia de banda de control $f_{\text{controlband}}$. Si la frecuencia real se encuentra por debajo de la frecuencia de banda de control $f_{\text{controlband}}$, entonces en el intervalo de subfrecuencia se efectúa el aumento de potencia preestablecido como máximo. El aumento de potencia P_{increase} adopta por lo tanto el valor máximo, que puede ascender por ejemplo al 10% de la potencia nominal.

En la figura 3 está representada en negrita la evolución a modo de ejemplo de la frecuencia real. La frecuencia presenta en primer lugar el valor de la frecuencia nominal F_{norm} , hasta que cae hasta el instante t_0 . La evolución de la frecuencia real está caracterizada con el número de referencia 36. Además está representada una evolución a modo de ejemplo de una potencia a ajustar con el número de 38. Ha de observarse que para el control descrito en este caso a modo de ejemplo, la potencia debe ascender al menos al 4% de la potencia nominal, para poder realizar el aumento de potencia deseado, al menos el aumento de potencia máximo deseado.

En el instante t_0 cae la frecuencia real 36, pero en primer lugar se encuentra en el intervalo de banda muerta 30, de modo que no tiene lugar ningún aumento de potencia. La potencia real, que asciende al menos al 4% de la potencia nominal, permanece por lo tanto constante en primer lugar. En el instante t_1 , la frecuencia real 36 alcanza la frecuencia de banda muerta f_{deadband} y queda por debajo de la misma. En el ejemplo mostrado, la potencia 38 aumenta linealmente con la caída adicional de la frecuencia 36. Es decir, el aumento de potencia P_{increase} , concretamente el aumento respectivo con respecto al valor inicial P_A es en este caso proporcional a la diferencia entre frecuencia real 36 y frecuencia de banda muerta f_{deadband} . El factor de proporcionalidad está ajustado en este caso de modo que el aumento de potencia P_{increase} alcanza su valor máximo del 10% de la potencia nominal P_n , cuando la frecuencia alcanza la frecuencia de banda de control $f_{\text{controlband}}$. Este es el caso en el instante t_2 . El aumento de potencia P_{increase} puede indicarse por lo tanto para el intervalo de banda de control en con:

$$P_{\text{increase}} = P_{\text{increase_set}} \times P_N \times (f_{\text{deadband}} - f) / (f_{\text{deadband}} - f_{\text{controlband}}),$$

siempre que se mantengan otras condiciones límite

tales como también tiempos máximos para un aumento de potencia.

Si la frecuencia 36 disminuye adicionalmente por debajo de la frecuencia de banda de control $f_{\text{controlband}}$, la potencia 38 no puede aumentarse adicionalmente y permanece por lo tanto a partir del instante t_2 en primer lugar en un valor máximo, concretamente el valor inicial más el valor máximo de P_{increase} . Concretamente + 10% de la potencia nominal. Si la frecuencia aumenta ahora de nuevo y supera en t_3 el valor de la frecuencia de banda de control $f_{\text{controlband}}$, entonces se reduce también el aumento de potencia de nuevo, hasta que la frecuencia 36 en el instante t_4 aumenta por encima de la frecuencia de banda muerta f_{deadband} . En este instante t_4 la potencia ha alcanzado entonces de nuevo el valor inicial P_A y no cae de nuevo.

Ha de subrayarse que la figura 3 muestra una evolución idealizada y en principio no se consideran posibles dinámicas de control. Además, en el ejemplo mencionado, a diferencia de la representación esquemática, el tiempo máximo durante el que se aumenta la potencia, no superará 8 s. Precisamente durante pequeños aumentos de potencia puede tenerse en cuenta sin embargo dado el caso una prolongación de este tiempo. Ha de considerarse que la caída de frecuencia lineal y el aumento de frecuencia lineal se seleccionó para la ilustración del esquema de control y no coincide necesariamente con un comportamiento de frecuencia esperado de una red de suministro.

La figura 3 muestra en un diagrama la evolución de la frecuencia de red y como reacción a esto el comportamiento de la alimentación de potencia de una instalación de energía eólica.

Por lo demás puede reconocerse que en un instante t_1 determinado la frecuencia de red cae concretamente por debajo de un valor de frecuencia determinado por debajo de la frecuencia teórica de aproximadamente 50 Hz. Cuando se queda por debajo de un valor de frecuencia de por ejemplo el 1‰ por debajo del valor teórico (y aún más por debajo), se aumenta de manera prácticamente instantánea, es decir de manera extremadamente rápida y por poco tiempo, es decir, en el plazo de algunos ms, por ejemplo de 50 a 100 ms o también de 500 a 1000 ms, por mencionar un ejemplo adicional, la potencia de la instalación de energía eólica por encima de su valor actual, por ejemplo en el 20% de la potencia actual o en hasta el 30% por encima de la potencia nominal. El ejemplo de acuerdo con la figura 3 se basa en un aumento del 10% de la potencia nominal. En el caso extremo, cuando la potencia asciende precisamente al 4% de la potencia nominal y se aumenta en el 10% de la potencia nominal, podría realizarse, al menos teóricamente, un aumento de potencia en 2,5 veces la potencia actual. Por lo tanto, esto puede justificarse entre otras cosas porque también con una baja emisión de potencia se almacena ya una velocidad de giro proporcionalmente alta y con ello de manera correspondiente mucha energía de rotación. De este modo puede conseguirse por ejemplo con el 4% de potencia nominal ya una velocidad de giro de aproximadamente el 50% de la velocidad de giro nominal.

Cuando muchas instalaciones de energía eólica, tal como se describió previamente, se comportan así, se pone a disposición muy rápidamente una gran cantidad de potencia adicional, con la consecuencia de que el desequilibrio generador/consumidor se compensa muy rápidamente, con la consecuencia adicional de que la frecuencia de red aumenta de nuevo muy rápidamente y supera también rápidamente incluso su valor teórico.

En el ejemplo representado la alimentación de potencia aumentada tiene lugar sólo durante aproximadamente de 2 a 10 s, preferiblemente sólo aproximadamente hasta 3 s, dependiendo de cómo se comporte frecuencia.

Si por ejemplo la frecuencia aumenta muy rápidamente de nuevo, entonces la alimentación de potencia aumentada puede también más bien adicionalmente y terminarse, mientras que, por el contrario, la alimentación de potencia aumentada tiene lugar durante más tiempo, cuando la alimentación de potencia de subfrecuencia permanece durante un periodo de tiempo más largo.

La figura 4 muestra la alimentación de potencia aumentada también para el caso en el que la potencia fluctúa, por ejemplo porque el viento fluctúa en conjunto. Además, se la figura 4 refiere también por lo demás a una evolución apoyada en un comportamiento que cabe esperarse en realidad.

La frecuencia 36 presenta en primer lugar frecuencia nominal, concretamente 50 Hz. En el instante t_0^* la frecuencia 36 cae entonces muy rápidamente y queda por debajo también muy pronto de la frecuencia de banda muerta f_{deadband} . En la figura 4, si bien se llega también a quedar por debajo de la frecuencia de banda muerta seleccionada después de un tiempo de detección Δt_{detect} , ascendiendo este tiempo de detección como máximo a 20 ms. La subfrecuencia se detectó por lo tanto de acuerdo con la figura 4 en el instante t_1^* y a continuación se aumenta la potencia 38. Hasta el aumento de potencia máximo de P_{increase} del 10% de potencia nominal por encima de la potencia que hay aún en el instante t_1^* transcurre un tiempo de aumento $\Delta t_{\text{increase}}$ de ≤ 800 ms. Al quedar por debajo de la frecuencia de banda muerta f_{deadband} seleccionada se consigue por el control principal, mediante funciones de control internas, un aumento de potencia P_{increase} de como máximo el 10% de la potencia nominal de la instalación de energía eólica a partir del generador para un tiempo ajustado previamente t_{max} . El tiempo de reconocimiento para la subfrecuencia es inferior a 20 ms. El nivel de la potencia adicional P_{increase} es proporcionalmente dependiente del aumento de potencia permitido máximo ajustado y de la desviación de frecuencia. La potencia se aumenta, siempre que se tenga en cuenta en todo caso debido a la desviación de frecuencia, con un gradiente fijo de aproximadamente 250 kW/s. De

esta manera se consigue en el caso representado en el presente documento, un aumento de potencia hasta el valor máximo de como máximo el 10% de la potencia nominal de la instalación de energía eólica en ≤ 800 ms. El aumento de potencia P_{increase} está disponible a lo largo de un tiempo de como máximo 8 s. Después de como máximo 8 s, en el ejemplo mostrado, se lleva la potencia activa de la instalación de energía eólica de nuevo con aproximadamente 250 kW/s hasta el punto de trabajo normal, en particular el anterior.

Visto desde el instante t_1^* , por lo tanto, después de aproximadamente 800 ms se consigue en el instante t_2^* el aumento de potencia máximo. La potencia ahora ajustada, aumentada como máximo, se mantiene hasta el instante t_3^* , para entonces caer hasta el instante t_4^* paulatinamente de nuevo hasta aproximadamente el valor inicial o en función del viento hasta un nuevo valor. El tiempo de t_1^* a t_4^* , que puede designarse también como $t_{\text{max}P\text{-increase}}$, asciende para el ejemplo mostrado como máximo a 8 s. Ha de considerarse que también la figura 4 es una representación esquemática y no pueden leerse valores precisos inclusive valores de tiempo precisos.

Ha de señalarse que la frecuencia 36 durante el aumento de potencia, en particular después del instante t_2^* se aumenta de nuevo y esto puede atribuirse también al aumento de potencia, es decir a la potencia alimentada adicionalmente a la red. No obstante, esto depende de manera decisiva de la red respectiva y de la instalación de energía eólica respectiva, en particular de si aún otras instalaciones de energía eólica efectúan una alimentación de potencia de este tipo. La frecuencia aumenta por lo demás en el ejemplo mostrado dentro del intervalo de aumento de potencia pero no hasta la frecuencia nominal de nuevo. No obstante, se reduce y se termina el aumento de potencia debido al tiempo máximo alcanzado.

Para la alimentación de potencia aumentada, la instalación de energía eólica usa la energía de rotación almacenada en el sistema giratorio de rotor/generador debido al momento de inercia. Es decir, que mediante las tomas adicionales de potencia, que se encuentran por encima de la misma, lo que está predeterminado en realidad por la característica de potencia de la instalación de energía eólica, si bien el sistema global de rotor/generador se gira adicionalmente, en cambio también pierde energía de giro y por lo tanto se gira después de la alimentación de potencia aumentada más lentamente que previamente, porque se extrajo del sistema global más potencia de la que se alimentó mediante el viento.

El comportamiento de acuerdo con la invención de la instalación de energía eólica lleva sin embargo, sobre todo, a manejar satisfactoriamente las caídas de subfrecuencia críticas o a evitarlas satisfactoriamente mediante instalaciones de energía eólica existentes, de modo que también en el plazo del periodo de tiempo crítico de por ejemplo 1 a 8 s, en particular de 1 a 3 s después de la producción de la caída de subfrecuencia, pueden producirse otras intervenciones de gestión de red, que entonces, después de la instalación de energía eólica o las instalaciones de energía eólica (o parque eólico completo) han alimentado su potencia adicional, participan en su efecto y apoyan satisfactoriamente la red.

La disponibilidad técnica del aumento de potencia P_{increase} en el caso de una subfrecuencia de red se da en principio a partir de una potencia momentánea P_{actual} del 4% de la potencia nominal. Entonces es posible un aumento de potencia P_{increase} del 10% con respecto a la potencia nominal. A continuación se representa en las figuras 5 a 8 en principio un aumento de potencia de 200 kW para una instalación de energía eólica a modo de ejemplo. En este caso 200 kW constituyen el 10% de la potencia nominal. En principio, para el comportamiento del aumento de potencia durante el apoyo de frecuencia, puede seleccionarse entre dos opciones, concretamente entre un aumento de potencia dependiente de la frecuencia, tal como se muestra en la figura 5 y un aumento de potencia dependiente de la frecuencia y dependiente de la velocidad de giro, tal como se muestra en la figura 6.

Una forma de realización, que puede explicarse también por medio de la figura 4 y sus valores están indicados en la figura 4, puede explicarse tal como sigue.

En el caso de variaciones de frecuencia hasta por debajo de la banda muerta se ajusta el aumento de potencia necesario con un gradiente fijo de aproximadamente 250 kW/s. Un aumento de potencia P_{increase} de hasta el 10% de la potencia nominal de la instalación de energía eólica (WEA) se consigue después de aproximadamente 800 ms. En el caso de pequeñas variaciones de frecuencia dentro de la banda de control y en el intervalo de potencia por debajo de 500 kW, el gradiente de potencia está ligeramente reducido por el comportamiento relacionado con el generador durante variaciones de potencia. El aumento de potencia P_{increase} está disponible durante un tiempo de como máximo 6,4 s. Después de como máximo 7 s, se devuelve la potencia activa de la WEA de nuevo con 250 kW/s hasta el punto de trabajo normal. El tiempo de regulación depende de las relaciones del viento y de la velocidad de giro de la instalación que se ajusta durante el tiempo de provisión. La transición hasta la alimentación de la potencia en el funcionamiento normal está concluida en aproximadamente 1 s.

En la figura 5 está representada a lo largo del tiempo una potencia teórica P_{order} para el caso de que no se efectuara ningún aumento de potencia. Esta curva se incorpora también con fines de comparación. En el instante t_B se establece en la figura 5 una subfrecuencia y se predetermina un aumento de potencia de 200 kW. Esta curva de potencia representada de manera básicamente rectangular se designa con P_{increase} . Esta potencia P_{increase} aumenta en el instante t_B hasta este valor aumentado en 200 kW y mantiene este valor constantemente hasta el tiempo final t_E y cae entonces hasta el valor de la curva teórica de potencia normal P_{order} . La curva de potencia normal P_{order} ha

caído entretanto, sin que esto tenga influencia sobre la curva P_{increase} . El tiempo entre el tiempo inicial t_B y el tiempo final t_E asciende a aproximadamente 8 s. Además está representada también una curva de potencia P_{actual} , que corresponde al valor alcanzado realmente de la potencia alimentada. De acuerdo con la figura 5, por lo tanto, el aumento de potencia P_{increase} a lo largo del tiempo de provisión ajustado previamente, t_{max} , es proporcional a la frecuencia de red. Esto corresponde a una emisión de potencia independientemente de la velocidad de giro que se ajusta del rotor de la instalación de energía eólica.

De manera complementaria a la figura 5 ha de explicarse además: La potencia de la instalación de energía eólica durante el apoyo de frecuencia depende sólo de la frecuencia de red. A lo largo del tiempo de provisión ajustado previamente t_{max} resulta adicionalmente el aumento de potencia P_{increase} necesario proporcionalmente a la desviación de frecuencia. La emisión de potencia efectiva total P_{actual} es por lo tanto la suma de la potencia de acuerdo con la línea característica de velocidad de giro-potencia en el instante de la activación de la emulación de inercia y el aumento de potencia requerido P_{increase} . Se limita la emisión de potencia efectiva total por la potencia aparente máxima de la instalación de energía eólica. En los diagramas de potencia en las figuras 7 a 10 están representadas configuraciones de estos límites de la instalación de energía eólica.

En el caso del aumento de potencia dependiente de la frecuencia y dependiente de la velocidad de giro de acuerdo con la figura 6, el aumento de potencia alcanzado a lo largo del tiempo de provisión ajustado previamente, es proporcional a la frecuencia de red y varía además en función de la velocidad de giro que se ajusta del rotor. En función de la velocidad del viento y de la velocidad de giro de rotor que se ajusta se produce el aumento de potencia de manera adaptada a la velocidad de giro. La nomenclatura de la figura 6 corresponde a la de la figura 5 y se detecta en el instante t_B una subfrecuencia y el aumento de potencia tiene lugar en aproximadamente 200 kW. En la evolución adicional hasta el tiempo final t_E disminuye la velocidad de giro y con ello también la potencia teórica sin tener en cuenta un aumento de potencia, concretamente P_{order} . El aumento de potencia P_{increase} conserva por ejemplo un valor de 200 kW por encima de la potencia teórica actual en cada caso P_{order} . En el instante t_E se termina el aumento de potencia y la potencia P_{actual} cae hasta el valor de la potencia teórica P_{order} .

Adicionalmente a la figura 6, de forma ilustrativa, se indica lo siguiente: La potencia de la instalación de energía eólica permanece controlada también durante el apoyo de frecuencia con la línea característica de velocidad de giro-potencia en función de la velocidad del viento. La emisión de potencia efectiva total P_{actual} a lo largo del tiempo de provisión ajustado previamente t_{max} resulta por lo tanto como la suma de la potencia P dependiente de la velocidad de giro actual y el aumento de potencia P_{increase} necesario de manera proporcional a la desviación de frecuencia.

Las figuras 7 y 8 muestran mediciones correspondientes a las figuras 6 y 5 o representaciones del valor teórico de potencia P_{ref} y del valor de potencia ajustado realmente P_{actual} . El valor teórico de potencia P_{ref} se refiere a este respecto a la potencia teórica teniendo en cuenta el aumento de potencia. Las evoluciones de potencia representadas en la figura 7 corresponden a este respecto a un aumento de potencia dependiente de la frecuencia y dependiente de la velocidad de giro, de manera similar a las representadas en la figura 6. Las evoluciones de potencia representadas en la figura 8 corresponden a un aumento de potencia dependiente sólo de la frecuencia, de manera similar a las representadas en la figura 5. En cambio, ha de observarse que las figuras 5 a 8, representan en cada caso evoluciones independientes.

La figura 9 muestra aumentos dependientes de la frecuencia posibles distintos de una forma de realización de P_{increase} en función del valor seleccionado de $P_{\text{increase_set}}$. Las tres curvas a modo de ejemplo se designan con P_{increase}' , P_{increase}'' y P_{increase}''' .

La potencia adicional P_{increase} es proporcionalmente dependiente de la desviación de frecuencia medida por debajo de la frecuencia de banda muerta. El aumento de potencia se aumenta linealmente a partir de la frecuencia de banda muerta f_{deadband} desde el 0% hasta el aumento de potencia ajustado previamente $P_{\text{increase_set}}$, al alcanzarse la frecuencia de banda de control f_{deadband} . El aumento de potencia ajustado previamente $P_{\text{increase_set}}$ puede predeterminarse adicionalmente, cuando se necesita por el proveedor de red, en pasos del 1 % de la potencia nominal hasta el aumento de potencia permitido como máximo $P_{\text{increase_max}}$, a partir de la potencia nominal. $P_{\text{increase_set}}$ no se supera tampoco en el caso de mayor desviación de frecuencia. Variaciones de frecuencia que aparecen durante el tiempo de provisión, adaptaciones inmediatas actúan en el aumento de potencia.

La relación $P_{\text{increase}} / P_{\text{Nenn}}$ en % puede representarse en función de la frecuencia real o frecuencia medida f_{mess} y en función del valor $P_{\text{increase_set}}$, que está indicado en %, con la siguiente fórmula, en la que f_{totband} tiene el mismo significado que f_{deadband} .

$$(P_{\text{increase}}/P_{\text{Nenn}}) [\%] = ((f_{\text{totband}}-f_{\text{mess}})/(f_{\text{totband}}-f_{\text{controlband}})) \times P_{\text{increase_set}} [\%]$$

En la tabla 1 están indicados valores característicos o intervalos de ajuste para una instalación de ejemplo. En principio, la frecuencia de banda muerta puede designarse como f_{Totband} o f_{deadband} y la frecuencia de banda de control como $f_{\text{Regelband}}$ o $f_{\text{controlband}}$. El aumento de potencia puede designarse como P_{increase} o P_{extra} y la potencia nominal como P_N o P_{Nenn} . En la fila " aumento de potencia máximo" puede seleccionarse entre el uso $P_{\text{extra}} = \text{constante}$ o $P_{\text{extra}} = \text{variable}$, dependiendo de si se usará un aumento de potencia dependiente de la frecuencia o un aumento de

la frecuencia dependiente de la frecuencia y dependiente de la velocidad de giro.

Tabla 1

Medición de frecuencia			
Resolución de frecuencia	0,01 Hz		
Precisión de frecuencia	0,004 Hz		
Tiempo de reconocimiento de frecuencia	t = 0,02 s		
Intervalo de medición de frecuencia	40 - 70 Hz		
Intervalo de frecuencia		Red de 50 Hz	Red de 60 Hz
	Frecuencia máxima	f _{max} = 57 Hz	f _{max} = 67 Hz
	Frecuencia nominal	f _{nenn} = 50 Hz	f _{nenn} = 60 Hz
	Frecuencia mínima	f _{min} = 43 Hz	f _{min} = 53 Hz

Emulación de inercia en el caso de subfrecuencia		
Tiempo de provisión máximo del aumento	8 s	
Tiempo de detección	0,02 s	
	Red de 50 Hz	Red de 60 Hz
Frecuencia de banda muerta f _{deadband}	49 - 50 Hz	59 - 60 Hz
Frecuencia de banda de control f _{controlband}	47 - 50 Hz	57 - 60 Hz

Aumento de potencia	
Aumento de potencia P _{increase set}	0 - 10% con respecto a P _{Nenn}
Aumento de potencia como máximo P _{increase max}	10% con respecto a P _{Nenn}
Posibilidad de ajuste	En pasos del 1% con respecto a P _{Nenn}

	Potencia normal	Potencia adicional	
Aumento de potencia máximo	del 0% al 4% de P _{nenn}	P _{extra} ≈ 0	
	del 4% al 100% de P _{nenn}	P _{extra} = const	P _{extra} ≤ 10% de P _{nenn}
	del 4% al 100% de P _{nenn}	P _{extra} = variable	P _{extra} ≤ 10% de P _{nenn}

Gradiente de la variación de potencia dP/dt	≈ 250 kW/s
Tiempo de reconocimiento	0,02 s
Tiempo de aumento [para 200 kW]	≈ 0,8 s
Tiempo de caída o tiempo de regulación (véase anteriormente)	≤ 1,0 s
Tiempo de espera hasta el siguiente aumento	≥ 2 x duración máxima del aumento

5

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para hacer funcionar una instalación de energía eólica, estando conectada la instalación de energía eólica a una red de suministro eléctrica (18) y en el funcionamiento, es decir, cuando hay viento, que se encuentra por encima de la velocidad inicial y por debajo de la velocidad de parada, alimenta energía eléctrica a la red de suministro (18) concretamente a la tensión y frecuencia deseadas o requeridas por la red de suministro (18), en el que, en el funcionamiento de la instalación de energía eólica por encima del valor nominal o por debajo de la velocidad de parada, se gira el rotor (7) de la instalación de energía eólica, que presenta al menos una pala de rotor, y con el rotor (7) de la instalación de energía eólica está conectado un generador (10), se acciona por el rotor (7), para generar con ello energía eléctrica, presentando la instalación de energía eólica medios (22), para medir la frecuencia que hay en la red de suministro eléctrica (18) y estos medios (22) para medir la frecuencia de red están conectados con un dispositivo de control (20) para controlar el funcionamiento de la instalación de energía eólica, caracterizado por que la potencia emitida por el generador (10) de la instalación de energía eólica a la red (18) se aumenta rápidamente y durante un corto periodo de tiempo por encima de la potencia actual de la instalación de energía eólica, cuando la frecuencia de red de la red eléctrica (18) se encuentra por debajo de la frecuencia teórica deseada de la red en un valor de frecuencia predeterminado y/o cuando la frecuencia de red cae con un gradiente de frecuencia, concretamente con una variación por unidad de tiempo, cuya cantidad supera una cantidad de variación predeterminada, en el que
- 5
10
15
20
25
30
- en un intervalo de banda muerta (30), concretamente un intervalo de frecuencia de la frecuencia de red (36) entre la frecuencia teórica de red y una frecuencia de banda muerta que se encuentra por debajo de la misma, no se modifica la potencia,
 - en un intervalo de banda de control (32), concretamente un intervalo de frecuencia de la frecuencia de red entre la frecuencia de banda muerta y una frecuencia de banda de control que se encuentra por debajo de la misma, la potencia se aumenta en función de una desviación de frecuencia de la frecuencia de red con respecto a la frecuencia de banda muerta, y
 - en un intervalo de subfrecuencia (34), concretamente un intervalo de frecuencia de la frecuencia de red aguas abajo de la frecuencia de banda de control, la potencia (38) se aumenta constantemente en un aumento de potencia preestablecido como máximo.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que el valor de frecuencia predeterminado es mayor del 1%, preferiblemente es mayor del 2%, de manera especialmente preferible es mayor del 3% de la frecuencia teórica de red, y/o por que la cantidad de variación predeterminada es mayor de 0,1 Hz/s, en particular se encuentra en el intervalo de 0,2 - 7 Hz/s, preferiblemente se encuentra en el intervalo de 0,5 - 2 Hz/s.
3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el rápido aumento de potencia tiene lugar utilizando la energía de rotación almacenada en el momento de inercia del sistema de rotor/generador (6, 7, 8).
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la frecuencia de la potencia (38) alimentada siempre corresponde a la frecuencia de red actual, es decir, que la potencia (38) alimentada adopta una frecuencia por debajo de la frecuencia de red, cuando la frecuencia de red es menor que el valor teórico de la frecuencia de red, por ejemplo 50 o 60 Hz.
5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el aumento de la potencia (38) tiene lugar por encima de la potencia actual, es decir también por encima de la potencia nominal, cuando previamente se alimentó con potencia nominal.
6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que dentro de un periodo de tiempo de 10 a 1000 ms, en particular de 20 a 500 ms, preferiblemente de 50 a 100 ms después de quedar por debajo del valor de frecuencia predeterminado de la frecuencia de red o después de superarse la cantidad de variación predeterminada tiene lugar el aumento de potencia y/o por que con una potencia aumentada, es decir una potencia, que se encuentra por encima de la potencia ajustada previamente, se alimenta durante un periodo de tiempo adicional de al menos 0,5 s, preferiblemente al menos de 1 s a como máximo 30 s, preferiblemente como máximo aproximadamente de 3 a 6, 8, 10, 12 o 15 s.
7. Procedimiento para el control de un parque eólico con al menos dos instalaciones de energía eólica, en el que cada instalación de energía eólica se controla de acuerdo con un procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el aumento de la potencia a emitir a la red (18) de todas las instalaciones de energía eólica se controla de manera unitaria y/o central.
- 35
40
45
50
55
60
65

8. Instalación de energía eólica con medios técnicos de control, que están diseñados para la realización del procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores.

5 9. Parque eólico, comprendiendo el parque eólico varias instalaciones de energía eólica de acuerdo con la reivindicación 8, y/o presentando medios técnicos de control, que están diseñados para realizar un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7.

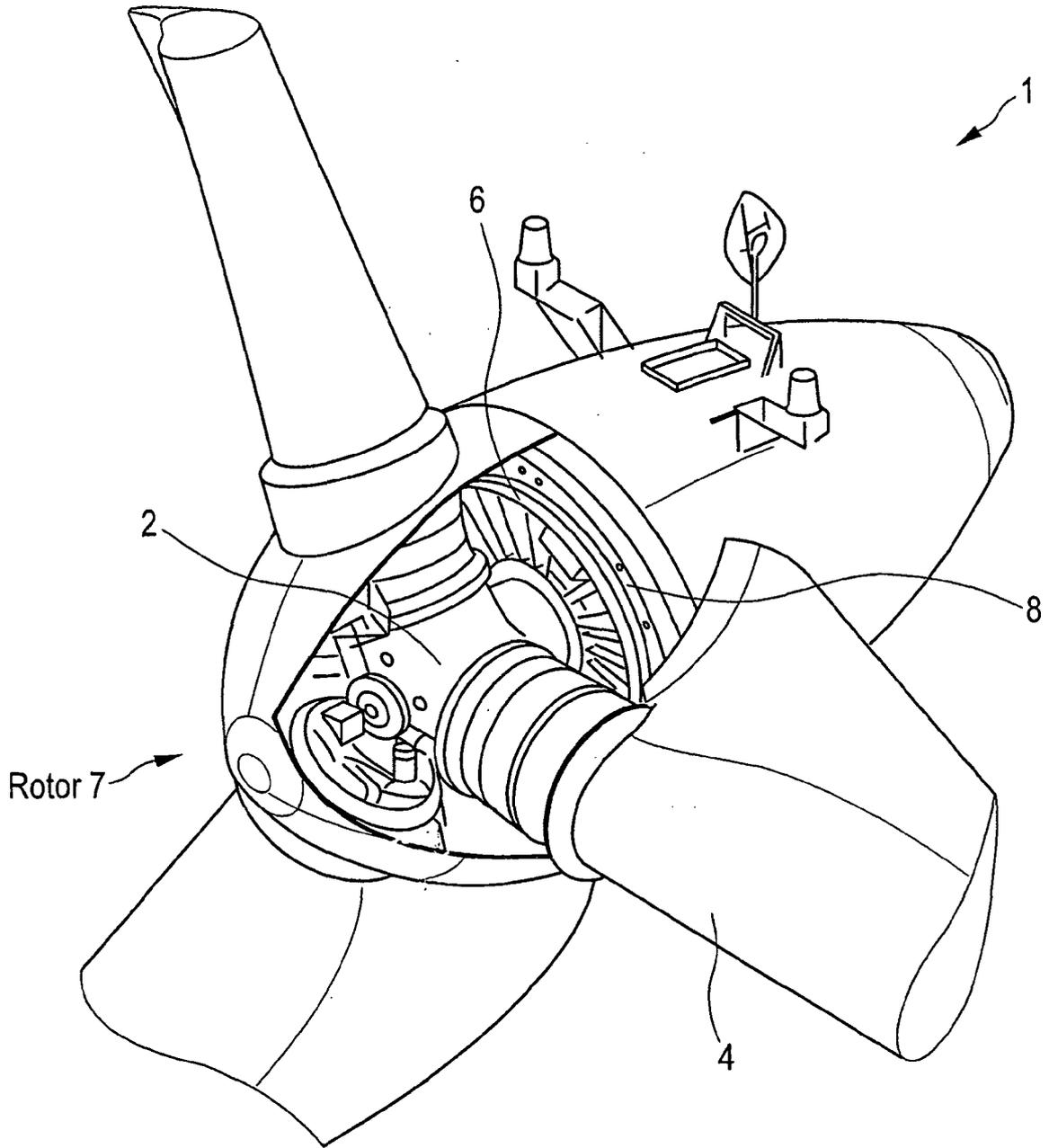


FIG. 1

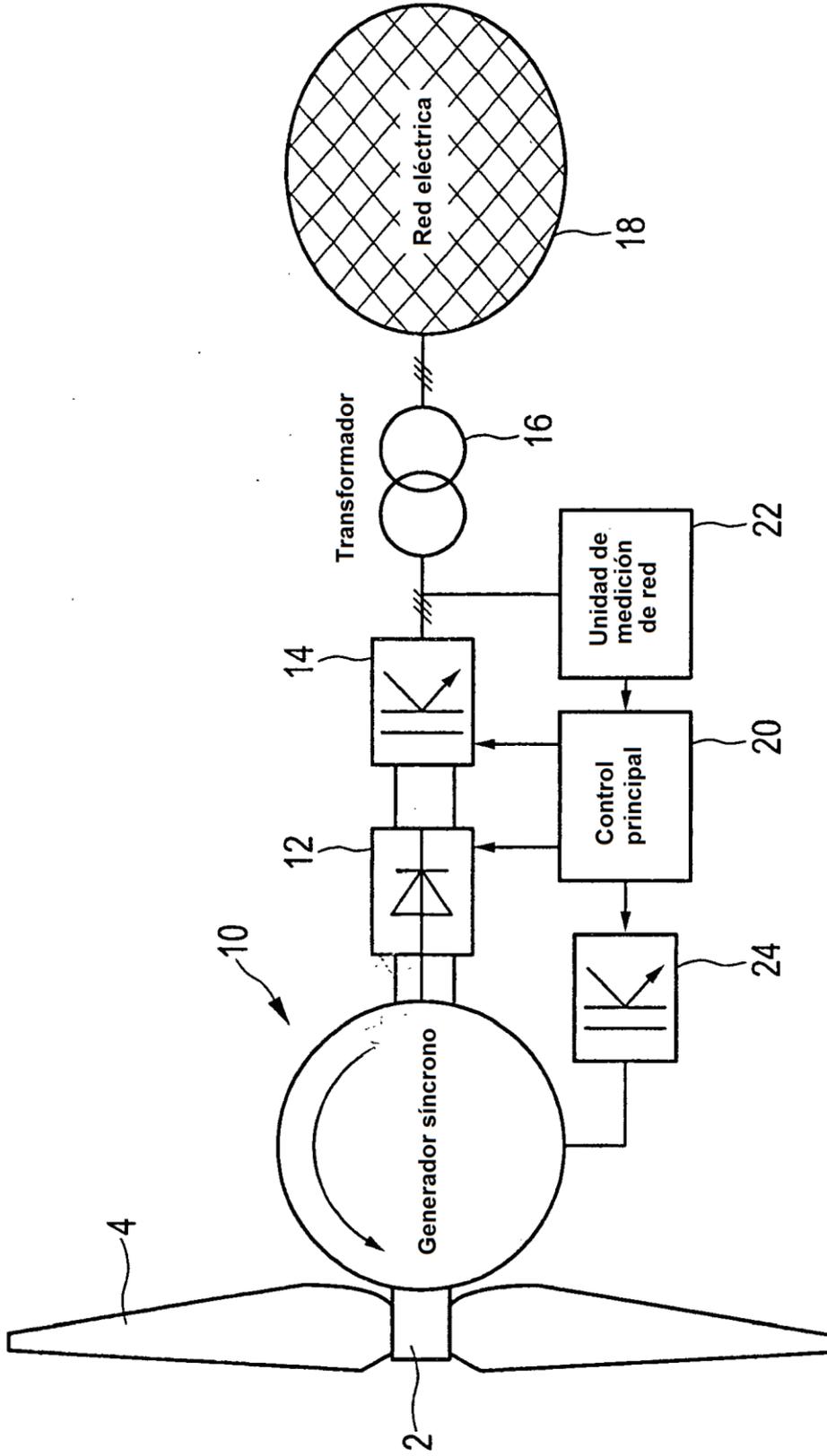


FIG. 2

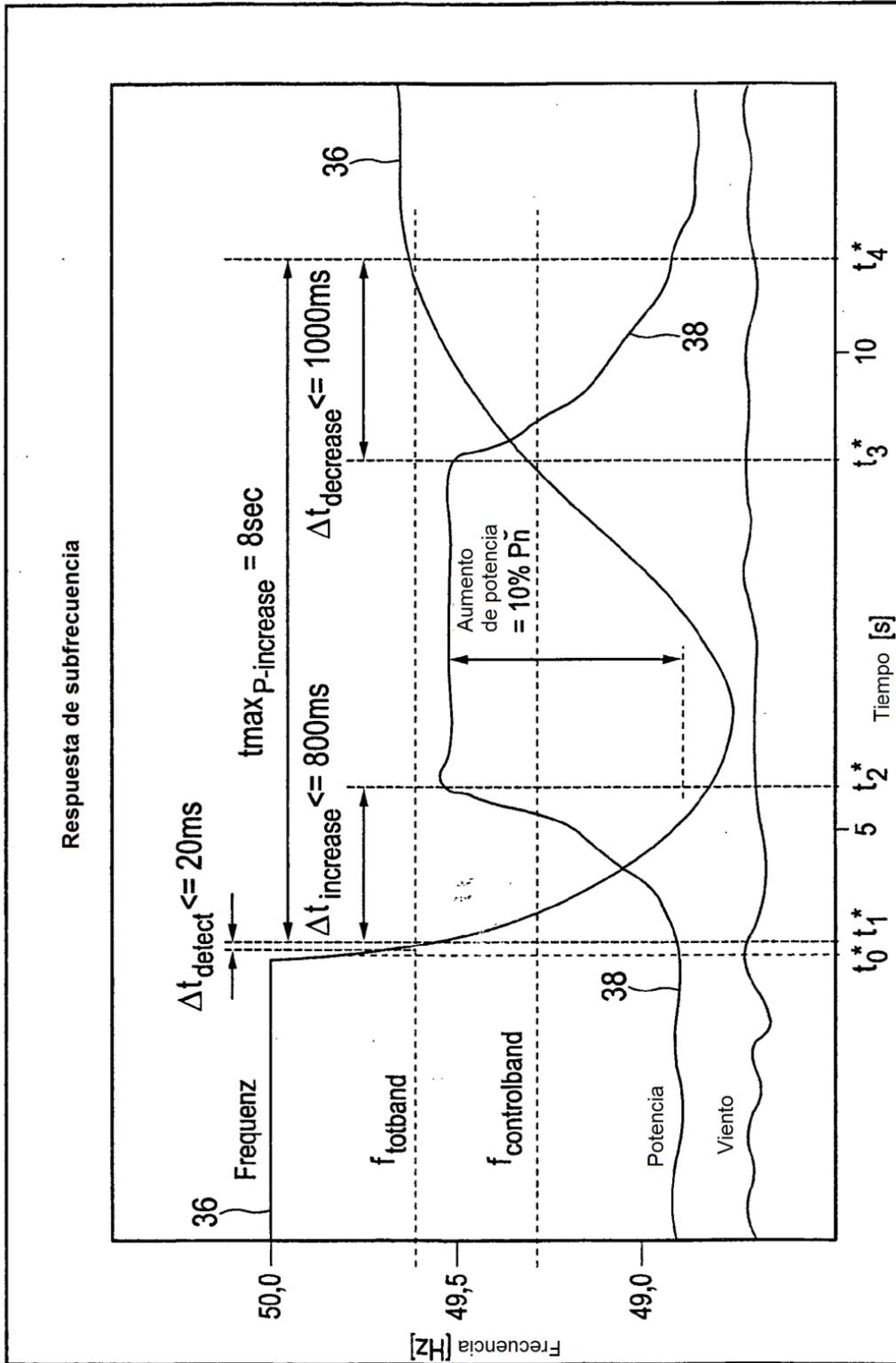


FIG. 4

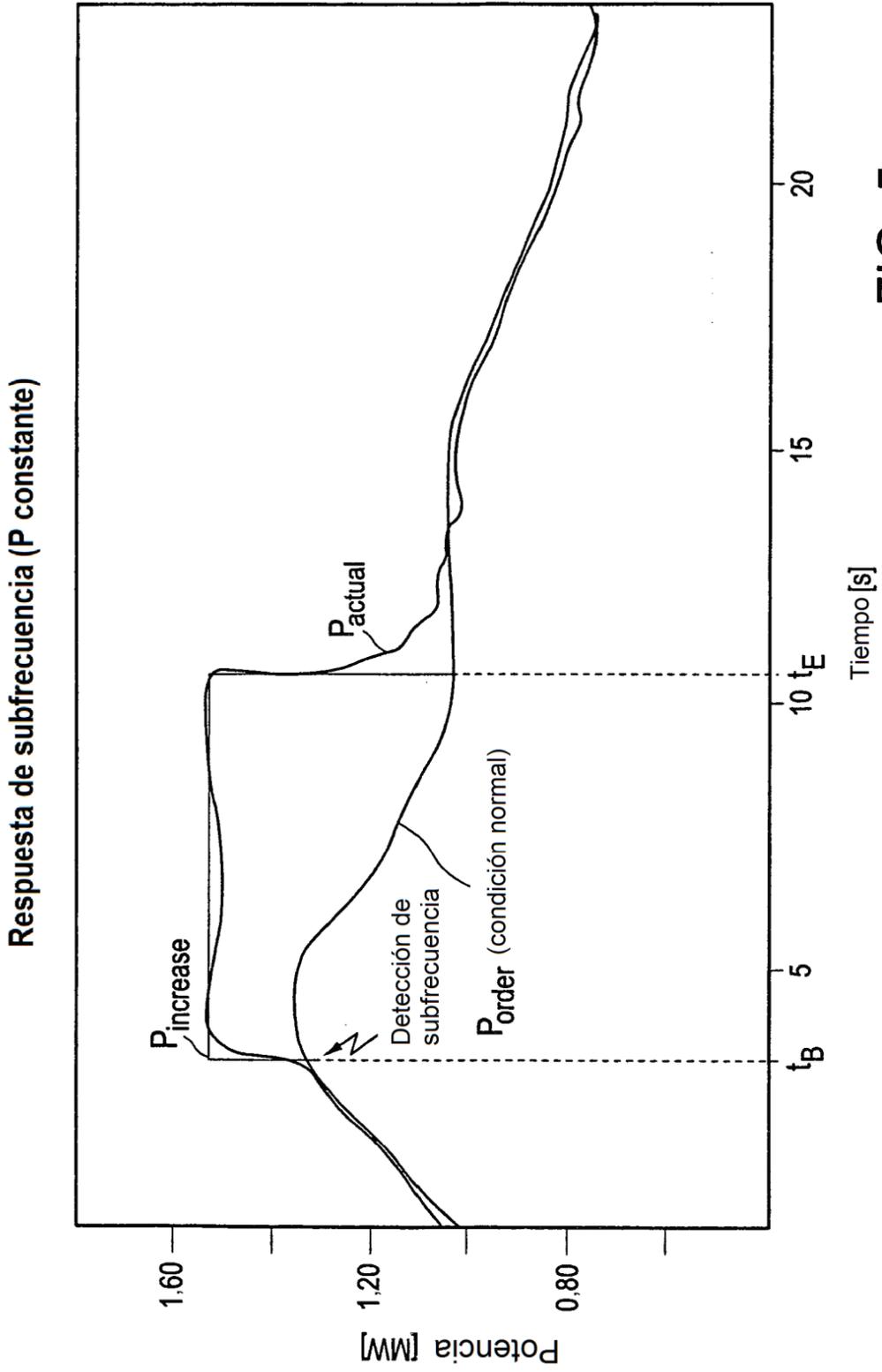


FIG. 5

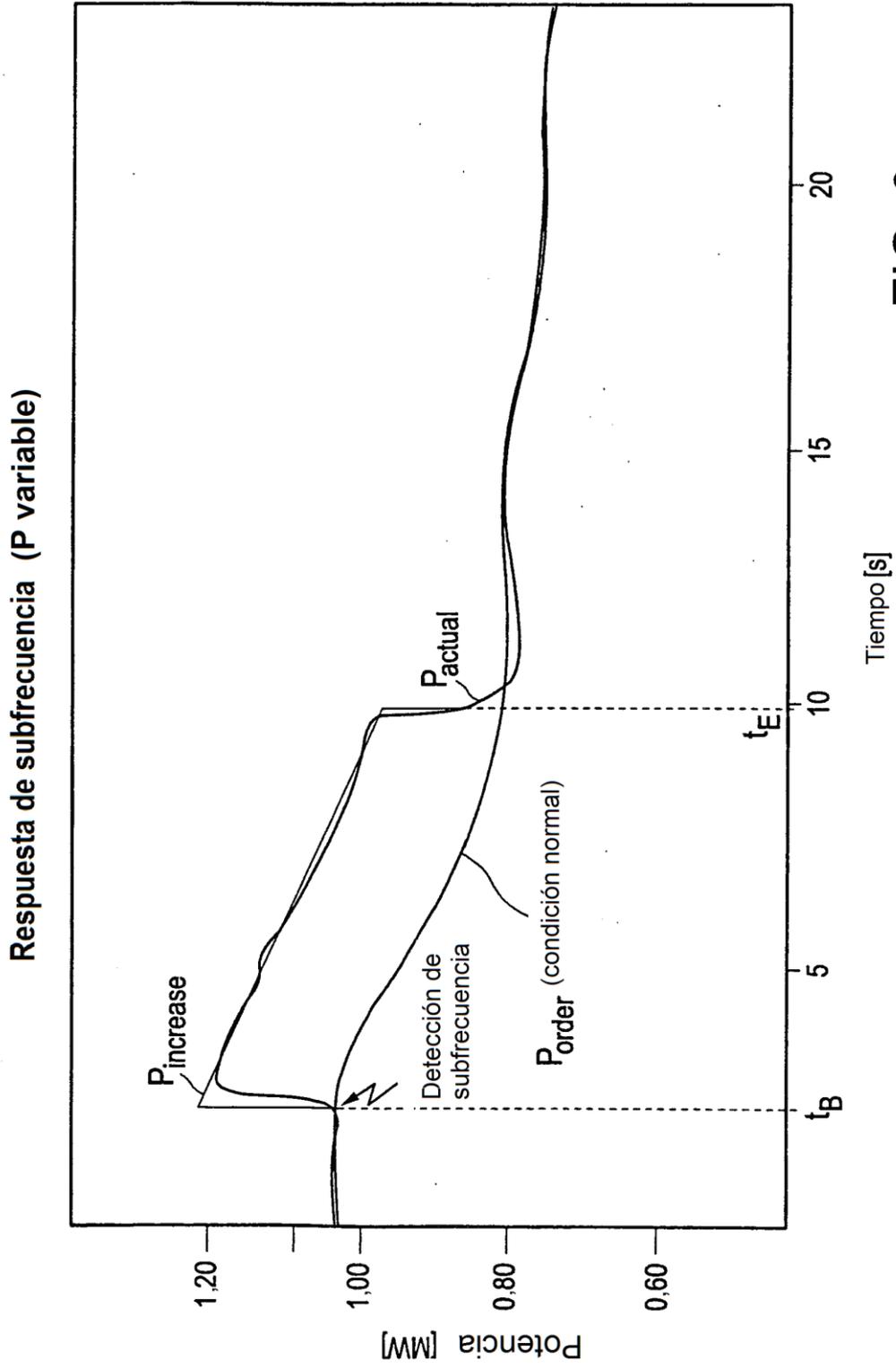


FIG. 6

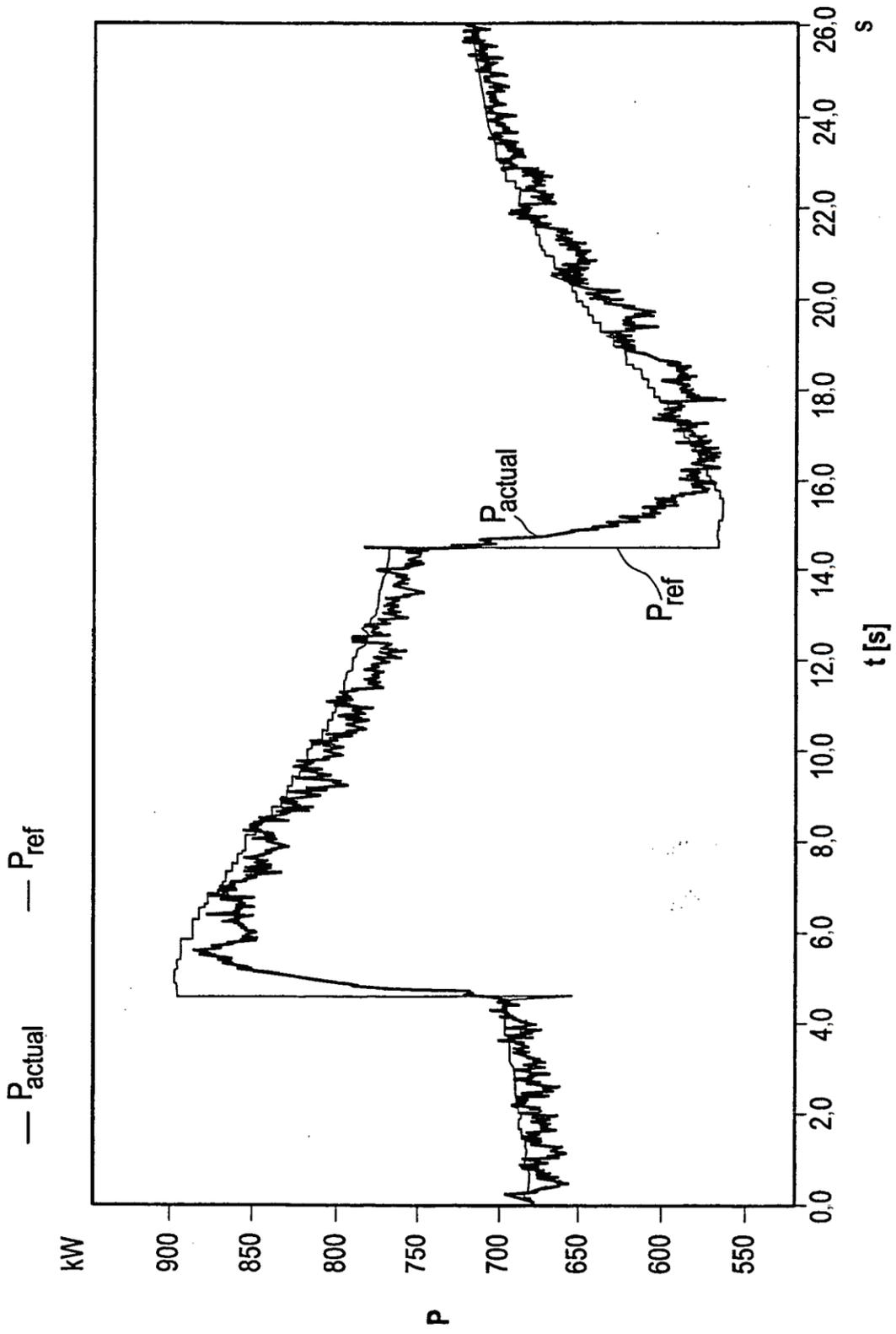


FIG. 7

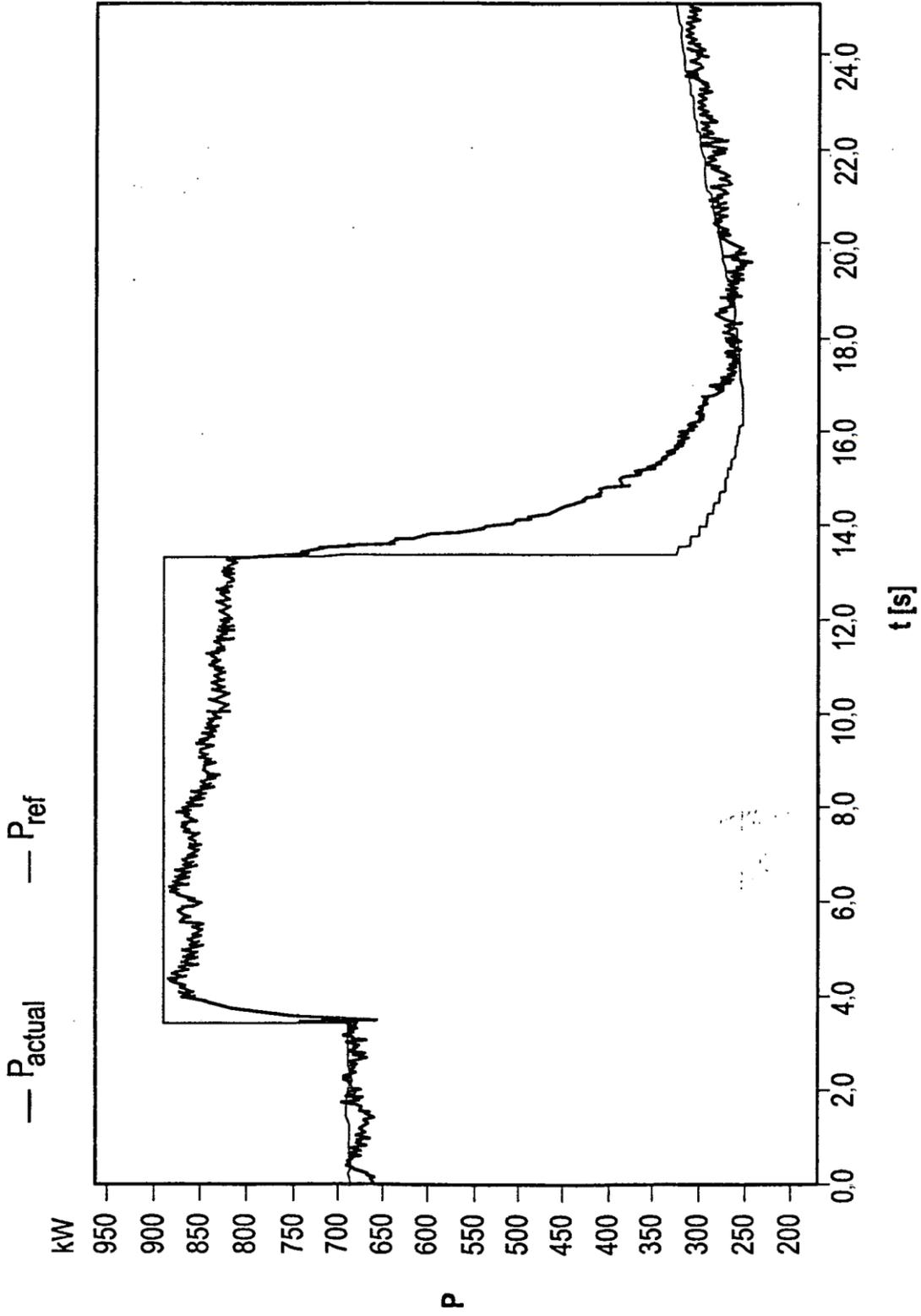


FIG. 8

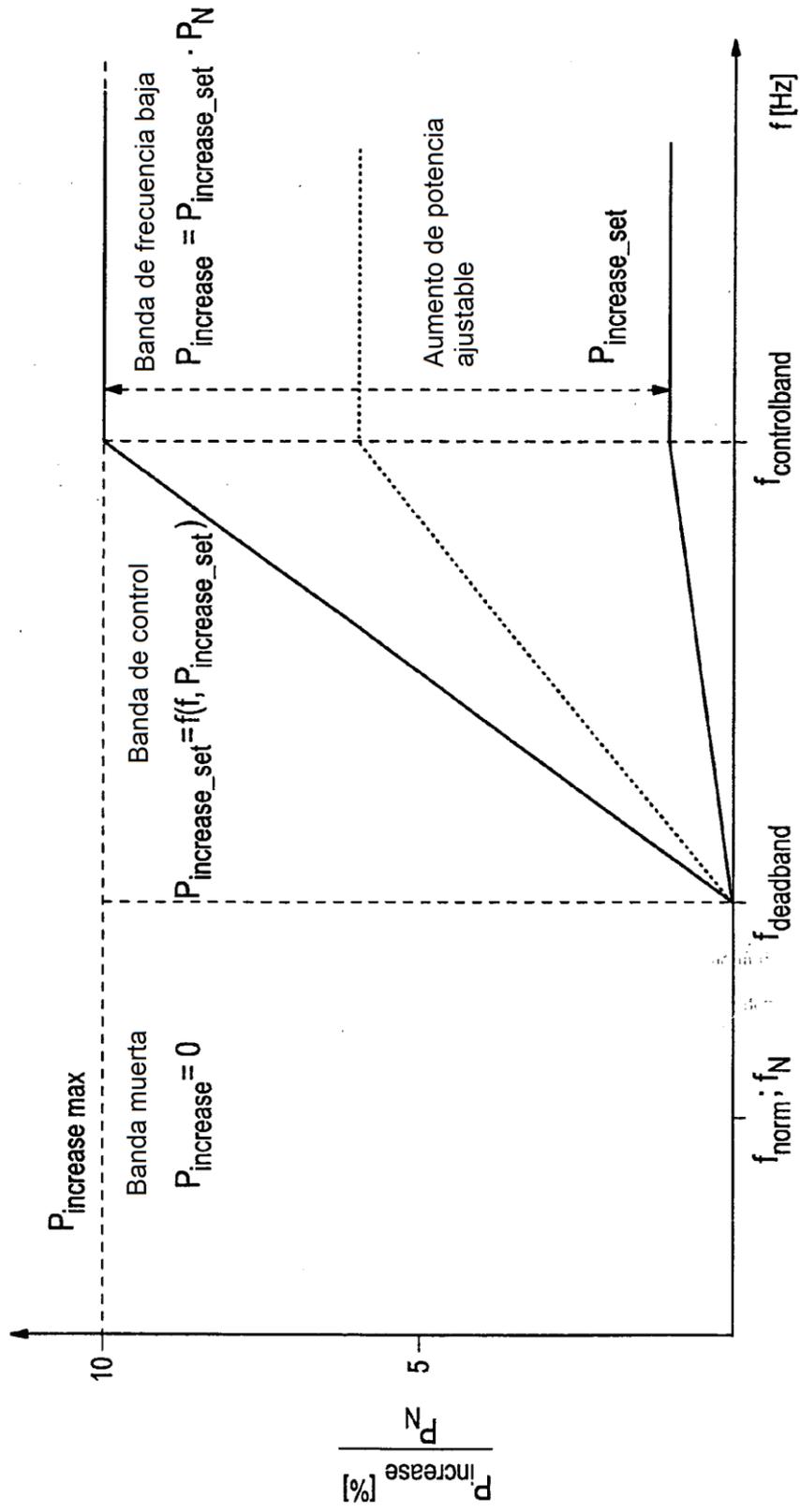


FIG. 9