

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 737 026**

51 Int. Cl.:

H02J 3/06 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.02.2014** **E 14153799 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2019** **EP 2763263**

54 Título: **Procedimiento para el funcionamiento de una instalación de generación de energía fluctuante**

30 Prioridad:

04.02.2013 DE 102013101099

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

09.01.2020

73 Titular/es:

IN.POWER GMBH (100.0%)
An der Fahrt 5
55124 Mainz-Gonsenheim, DE

72 Inventor/es:

HOHMANN, NIKLAS;
KINZELBACH, MICHAEL;
WERUM, JOSEF y
KRAFT, JOHANNES

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 737 026 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para el funcionamiento de una instalación de generación de energía fluctuante

El invento se refiere a un procedimiento para el funcionamiento de una instalación de energía fluctuante, en especial de un aerogenerador o de una instalación fotovoltaica. .

- 5 En especial el invento se refiere a un procedimiento para ofrecer potencia de regulación, en especial potencia de regulación primaria, potencia de regulación secundaria o potencia de reserva de minutos para una red eléctrica de generación de energía y de distribución a la cual están concertados numerosos generadores de energía, por ejemplo, instalaciones eólicas, instalaciones fotovoltaicas etc. Tales redes de generación de energía y de distribución son estables si la energía suministrada por los generadores de energía corresponde con la energía retirada por los
- 10 consumidores. Si ahora la generación real de energía se desvía en una cierta medida del consumo de energía, entonces en un sistema así, se necesita energía de regulación para compensar las oscilaciones de la frecuencia de la red. Por ello en Alemania los cuatro operadores actuales de red de transmisión están exigidos para recuperar el equilibrio de la red mediante el aporte de energía de regulación (potencia de regulación).

Por lo que se refiere a la velocidad de reacción, se distingue en tres tipos de potencia de regulación:

- 15 Potencia de regulación primaria

Potencia de regulación secundaria

Potencia de reserva de minutos

- 20 La energía de regulación puede ser dividida en energía de regulación positiva y negativa. Energía de regulación positiva se necesita siempre cuando el consumo de energía es mayor que la generación de energía. Mediante la conexión o el aumento de potencia de instalaciones de generación o la desconexión o la reducción de potencia de consumidores de energía eléctrica se ofrece la energía de regulación positiva.

La energía de regulación negativa se necesita siempre cuando el consumo de energía es menor que la generación de energía. Mediante la desconexión o la reducción de potencia de instalaciones de generación de energía eléctrica o la conexión o el aumento de potencia de consumidores de energía eléctrica se ofrece la energía de regulación positiva.

- 25 Por parte del generador, la energía de regulación fue ofrecida siempre a partir de instalaciones de generación de energía controlables y de producción constante. Entre estas se encuentran especialmente las centrales de gas, centrales de acumulación de bombeo así como instalaciones de biogás. Estas instalaciones están en disposición de poner a disposición su potencia sobre la base de puntos de trabajo fijos predeterminados. El ofrecimiento de potencia de regulación negativa se produce entonces mediante la reducción del punto de trabajo, o sea la reducción de potencia,
- 30 en un valor definido, hasta un punto de trabajo fijo definido durante un determinado periodo de tiempo (banda de potencia de regulación negativa).

El ofrecimiento de potencia de regulación positiva se produce entonces mediante el aumento del punto de trabajo, o sea el aumento de potencia en un valor definido hasta un punto de trabajo definido fijo durante un determinado periodo de tiempo (banda de potencia de regulación positiva).

- 35 A una red de generación y de distribución se conectan, cada día más, instalaciones de generación de energía fluctuantes. Las instalaciones de generación de energía fluctuantes son por ejemplo instalaciones eólicas o instalaciones fotovoltaicas. Estas, al contrario que las instalaciones anteriormente mencionadas, no tienen ningún punto de trabajo fijo. Su generación de energía depende de influjos externos (por ejemplo, velocidad del viento, presión del aire o radiación solar) y por ello no constantes (fluctuantes). Por este motivo hasta la fecha las instalaciones de
- 40 generación de energía fluctuantes no pudieron ser tenidas en cuenta para el mercado de energía regulada.

- 45 Esto se basa especialmente en que tan pronto como se producía un cambio de potencia (por ejemplo reducción de potencia) en la instalación, no se podía realizar ninguna predicción fiable sobre la potencia de instalación máxima teórica disponible (P_{max} . teórica; potencia sin cambio de potencia realizado). Por tanto no puede determinarse como se puede regular la instalación de generación de energía de manera que se ofrezca en continuo la banda constante exigida de potencia de regulación positiva o negativa.

- 50 En el documento "Wind Turbines Connected to Grid with Voltages above 100kV" (Internet Citation, 3, Dezember 2004 (2004-12-03), Seiten 1 – 34, XP002542209) se describen las exigencias de regulación a los parques eólicos, como las que los operadores de red daneses Eltra y Elkraft establecen para el mercado danés. Una función de regulación allí descrita con la denominación "Delta Production Constraint" prevé una posible reducción de la producción de corriente de un parque eólico en un valor predeterminado en comparación con una producción de corriente máxima posible en las condiciones existentes. Allí puede darse la reducción de potencia en megavatios. Mediante el funcionamiento de los parques eólicos a potencia reducida se puede ofrecer una reserva de regulación para exigencias de potencia críticas. Como especialmente se desprende de la figura 2 del Anexo 2 (Parr. 2 "Delta production Constraint") la regulación se produce de manera que la potencia reducida sigue con una diferencia constante a la potencia máxima

posible del parque eólico. El escrito describe con esto un posible camino para operar una instalación de energía eólica con una potencia (Pset-point) reducida tanto respecto de la potencia (Ppossible) máxima disponible en las condiciones de viento existentes, de manera que en cualquier momento sea posible un ofrecimiento de una potencia de regulación positiva previamente establecida.

- 5 El escrito DE 20 2010 016 217 U1 publica una instalación fotovoltaica cuya máxima potencia eléctrica generable puede ser determinada incluso con un punto de trabajo limitado de la instalación fotovoltaica. Entonces está prevista una unidad de referencia que puede ser operada en el punto de trabajo máximo como mínimo temporalmente. Mediante una siguiente limitación del punto de trabajo de la unidad de referencia hasta el punto de trabajo limitado de la instalación fotovoltaica puede determinarse una relación de la potencia máxima posible y de la potencia en el punto de trabajo limitado de la unidad de referencia. Esta relación puede ser transmitida a la instalación fotovoltaica de manera que conociendo la potencia de la instalación fotovoltaica en el punto de trabajo limitado se puede determinar su potencia máxima en el punto de trabajo máximo.

10 Por tanto es misión del invento presentar un procedimiento para el funcionamiento de una instalación de generación de energía fluctuante de manera que estas puedan ser integradas con efectividad en la oferta con potencia de regulación positiva o negativa.

15 Esta misión será resuelta entonces por que en primer lugar se calcula un valor de potencia real de la instalación de generación de energía. El valor de potencia real puede entonces por ejemplo, representar la potencia máxima teórica que puede suministrar una instalación de generación de energía para unas condiciones predeterminadas. En una instalación eólica esto significa que la instalación de generación de energía en las condiciones de viento predeterminadas y dependiendo de su diseño técnico podría proporcionar un valor de potencia real determinado. También se puede pensar en que el valor de potencia real está por debajo de la potencia máxima teórica, para conseguir un modo de funcionamiento para ofrecer potencia de regulación positiva. Por tanto, en un primer paso se calcula el valor de potencia real. A continuación se regula la entrega de potencia actual de la instalación de generación de energía por un circuito de control dependiendo de un valor de ajuste. El valor de ajuste es calculado continuamente a partir de la suma (potencia de regulación positiva) o diferencia (potencia de regulación negativa) del valor de potencia real y una potencia de regulación constante preestablecida.

20 De la figura 1 se desprende a modo de ejemplo, la manera de proceder para ofrecer potencia de regulación negativa. En esta representación están representados en un diagrama potencia – tiempo el valor de potencia real (Pmax teórico) así como el valor de ajuste (Pnom neg) de la instalación de generación de energía. Además en este diagrama está representada la potencia de regulación negativa. En el presente ejemplo de realización el valor de potencia real corresponde a la potencia de instalación máxima teóricamente disponible en las condiciones predeterminadas del ambiente (en instalaciones eólicas, velocidad del viento y/o presión del aire). Como se puede reconocer en este diagrama el valor de potencia real (Pmax. teórica) sigue una curva discontinua. Si ahora por parte del operador de la red de transmisión, partiendo del momento t2 se reclama una potencia de regulación negativa de, en el ejemplo de realización -5 MW, entonces comienza a partir del momento t1 el circuito de control de la instalación de generación de energía disminuyendo la regulación de la instalación. Entonces la potencia de la instalación es regulada hacia abajo. En las instalaciones eólicas esto puede realizarse por variación de la posición de las palas del rotor. Así, la regulación se produce porque la entrega de potencia actual ($\hat{=}$ Pnom. neg) de la instalación de generación de energía, que finalmente será alimentada a la red de generación de energía y la red de distribución, se separa en un valor constante con respecto del valor de potencia real (Pmax teórica), como aclaran las dos curvas correspondientes en la figura 1. Esta diferencia representa una potencia de regulación negativa constante. El recorrido constante de las curvas está representado en la figura 1 como paralelo al eje del tiempo (potencia de regulación negativa). Al operador de la red de transmisión se suministra ahora la potencia de regulación negativa de -5MW a lo largo del periodo de tiempo entre t2 y t9.

45 En la figura 2 se muestra la manera de proceder para ofrecer potencia de regulación positiva mediante una instalación fluctuante. Como puede apreciarse en esta representación, el valor de potencia máximo teóricamente disponible (Pmax teórico) de la instalación está mostrado de nuevo en forma de una gráfica no constante. La entrega de potencia actual (Pnom pos 2) de la instalación de generación de energía es regulada dependiendo del valor de ajuste que se obtiene de la suma del valor de potencia real Pnom pos 1 regulado hacia abajo y una potencia de regulación constante predeterminada (potencia de regulación positiva). En el modo de servicio para ofrecer potencia de regulación positiva se obtiene un servicio especialmente eficiente en energía por que la instalación de generación de energía es hecha funcionar en un valor de potencia real (Pnom pos 1) que respecto del valor de potencia teórico máximo disponible (Pmax teórico) de la instalación de generación de energía es menor. Si la instalación de generación de energía. Si la instalación de generación de energía debe estar disponible para la oferta de potencia de regulación positiva entonces será hecha funcionar, respecto del valor de potencia máximo teóricamente posible (Pmax teórico), en un rango de potencia regulado hacia abajo que está representado por la curva que representa el valor de potencia real (Pnom pos 1). A estos valores de potencia reales (Pnom pos1) se les añade la potencia de regulación positiva solicitada por el operador de red de manera que, como está representado en la figura 2 se obtiene una separación constante entre las curvas Pnom pos 1 y Pnom pos 2. Por ello el diseño está seleccionado de manera que la curva Pnom pos 2 contiene una distancia de seguridad respecto de la curva que representa el valor de potencia máximo teórico (Pmax teórico). De esta manera durante el periodo t2 hasta t9 se pone a disposición una potencia de regulación positiva constante de

5 MW. La regulación hacia arriba o la regulación hacia abajo de la instalación de generación de energía se produce dentro de un intervalo de tiempo (regulación de ajuste hacia arriba t_1 hasta t_2 ; regulación hacia abajo t_9 hasta t_{10}).

Especialmente en instalaciones eólicas, con oscilaciones de viento predeterminadas se puede obtener con electrónicas habituales una regulación fiable de la instalación de manera sencilla cuando está previsto que el valor diferencia entre el valor de potencia teórico máximo ($P_{\text{max}} \text{ teórico}$) y el valor de potencia real ($P_{\text{nom pos 2}}$) es constante o está regulado constante con una amplitud de oscilación de $\pm 20\%$.

Cuando se hace una solicitud de energía de regulación negativa se garantiza una alta eficiencia de energía por que el valor de potencia real corresponde con el valor de potencia máximo teórico ($P_{\text{max}} \text{ teórico}$). Entonces puede estar previsto que el valor de potencia real corresponda con el valor de potencia máximo teórico ($P_{\text{max}} \text{ teórico}$) con una amplitud de oscilación de hasta -20% .

Según un diseño preferido del invento puede estar previsto que el valor de potencia real ($P_{\text{max}} \text{ teórico}$) se calcule a partir de un valor característico de la energía que acciona a la instalación de generación de energía calculado por un sistema de sensores. En instalaciones eólicas el sistema de sensores puede por ejemplo, presentar un medidor de la velocidad del viento y/o un medidor de la presión del viento. En una instalación fotovoltaica en el sistema de sensores, puede por ejemplo utilizarse un sensor de la radiación solar, que como valor característico calcula por ejemplo la radiación solar por superficie.

Para el cálculo del valor de potencia real ($P_{\text{max}} \text{ teórico}$) pueden utilizarse diferentes procedimientos. Por ejemplo se puede pensar en calcular el valor de potencia real en una instalación de referencia. El cálculo del $P_{\text{max}} \text{ teórico}$ se basa aquí en la suposición de que una instalación de generación de energía aislada o una parte de un parque de instalaciones de generación de energía fluctuantes (por ejemplo parque eólico o parque solar) presentan un comportamiento (cambio de potencia relativo) similar al de las restantes instalaciones independientes o a la suma de todas las instalaciones individuales. En este método no se controla o regula la instalación de referencia de manera que produce la misma cantidad de energía independientemente de una solicitud de energía de regulación. En el caso de una solicitud de energía de regulación la instalación de referencia sirve como valor de referencia para todo el parque. Con ayuda de los valores actuales de la instalación de referencia se calcula continuamente de nuevo la $P_{\text{max}} \text{ teórica}$. Para ello los valores de potencia actuales se extrapolan a la potencia total del parque. Finalmente el valor nominal (punto de trabajo necesario) así deducido o calculado para las restantes instalaciones de generación del parque es transmitido al control de las instalaciones. La instalación de referencia puede estar operada en una disposición espacial inmediata a la instalación de generación de energía de manera que se obtienen valores de comparación óptimos.

Si se utiliza el sistema de sensores anteriormente mencionado para el cálculo del valor real de potencia entonces el valor real de potencia puede ser calculado como compensación del valor característico calculado por el sistema de sensores y un campo de líneas características específico de la instalación para la instalación de generación de energía. Por ejemplo, en una instalación eólica se calcula con este método la velocidad media en alturas próximas de cada instalación eólica y en concreto en un periodo de tiempo definido. En instalaciones fotovoltaicas el sistema de sensores puede calcular, por ejemplo, la radiación solar media perpendicular a la superficie de módulo de la instalación fotovoltaica. A partir del valor característico medido para la radiación solar y teniendo en cuenta un campo de líneas características específico de la instalación se calcula entonces la $P_{\text{max}} \text{ teórica}$.

De acuerdo con el invento está previsto que el valor de potencia real que fue medido como valor promedio medio durante un intervalo de tiempo predeterminado se almacene previamente al del momento actual. De acuerdo con esto, por ejemplo, la potencia máxima disponible puede ser una señal de salida de la unidad de control y regulación de la instalación de generación de energía fluctuante. De la potencia del intervalo precedente se resta o se suma la potencia de regulación ofrecida (potencia de regulación negativa o potencia de regulación positiva). Entonces con esto se obtiene el valor nominal que hay que generar el cual puede ser transmitido a la instalación.

Para poder garantizar un procedimiento constante de regulación está previsto que el valor de ajuste ($P_{\text{nom neg}}$, $P_{\text{nom pos}}$) se entregue previamente al control de la instalación de generación de energía cada uno en periodos consecutivos y con la misma duración de periodo.

Para poder reaccionar con suficiente velocidad de reacción a parámetros cambiantes de la energía de accionamiento de la instalación de generación de energía el intervalo de tiempo para calcular el valor de potencia real $P_{\text{max}} \text{ teórico}$; $P_{\text{nom pos1}}$ debe ser lo más pequeño posible. Especialmente adecuados son intervalos de tiempo con una duración ≤ 60 segundos. Esto corresponde a la resolución temporal exigida (dentro de la oferta de la energía de regulación). El intervalo de tiempo establecido para el cálculo del valor de potencia real ($P_{\text{max}} \text{ teórica}$; $P_{\text{nom Pos 1}}$) o del valor de ajuste ($P_{\text{nom neg}}$; $P_{\text{nom pos}}$) corresponde por tanto a una resolución temporal exigida durante la oferta de energía de regulación.

Con el procedimiento de regulación acorde con el invento se pueden introducir las instalaciones de generación de energía fluctuantes en la oferta de energía de regulación, en donde estas instalaciones de generación de energía no necesitan ser reequipadas técnicamente con inversión cara.

Una variante del invento se basa en la idea básica según la cual la potencia media en el intervalo de tiempo t_n varia solo muy ligeramente con respecto de la potencia media en el intervalo de tiempo t_{n-1} . El cambio de potencia entre los dos intervalos será todavía más pequeño tan pronto como se considere un pool (efecto parque) de varios parques (por ejemplo parques eólicos, parques solares). Con ello se puede obtener básicamente una alta exactitud de regulación.

5

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el funcionamiento de una instalación de energía fluctuante, especialmente una instalación eólica o una instalación fotovoltaica, en donde se calcula un valor de potencia real (Pmax teórica; Pnom Pos 1), en donde se hace operar la instalación de generación de energía a un valor de potencia real (Pnom Pos1) que respecto del valor de potencia máximo teórico de la instalación de generación de energía es menor y/o el valor de potencia real (Pmax teórico) corresponde al valor de potencia máximo teórico (Pmax teórico) caracterizado por que la entrega de potencia actual (Pnom neg, Pnom pos 2) de la instalación de generación de energía es regulada dependiendo de un valor de ajuste que se calcula continuamente a partir de la suma o la diferencia del valor de potencia real (Pmax teórica; Pnom Pos1) y una potencia de regulación constante (potencia de regulación negativa; potencia de regulación positiva) establecida, por que cada valor de ajuste del control de la instalación de generación de energía es establecido en periodos consecutivos con duración de periodo constante, por que el valor de potencia real (Pmax teórica; Pnom pos 1) fue medido como el valor promedio medio dentro de un intervalo de tiempo establecido que se almacene previamente al del momento actual y por que el intervalo de tiempo establecido para el cálculo del valor de potencia real (Pmax teórico; Pnom pos 1) o el valor de ajuste (Pnom neg; Pnom pos) corresponde a una resolución temporal exigida durante la oferta de energía de regulación.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el valor diferencia entre el valor de potencia máxima teórica (Pmax teórica) y el valor de potencia real (Pnom pos 1) es constante o es regulado con una amplitud de oscilación del +/- 20% constante.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado por que el valor de potencia real (Pnom pos 1) corresponde con el valor de potencia máxima teórica (Pmax teórica) con una amplitud de oscilación de hasta el -20%.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el valor de potencia real (Pmax teórico; Pnom pos 1) es calculado a partir de un valor característico de la energía que acciona la instalación de generación de energía calculado por un sistema de sensores.
5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado por que el sistema de sensores calcula la velocidad del viento y/o la presión del aire.
6. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado por que el sistema de sensores calcula la radiación solar.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que el valor de potencia real (Pmax teórica, Pnom pos 1) es calculado en una instalación de referencia.
8. Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado por que la instalación de referencia está en servicio en una localización espacialmente inmediata a la instalación de generación de energía.
9. Procedimiento según una de las reivindicación 4 a 8, caracterizado por que el valor de potencia real (Pmax teórico; Pnom Pos 1) es calculado para la instalación de generación de energía como la compensación del valor característico calculado por el sistema de sensores y un campo de líneas características específico de la instalación de la instalación de generación de energía.

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9,

caracterizado por que

el intervalo de tiempo establecido para el cálculo del valor de potencia real (P_{max} teórico; P_{nom} Pos 1) o del valor de ajuste (P_{nom} neg; P_{nom} pos) es ≤ 60 segundos.

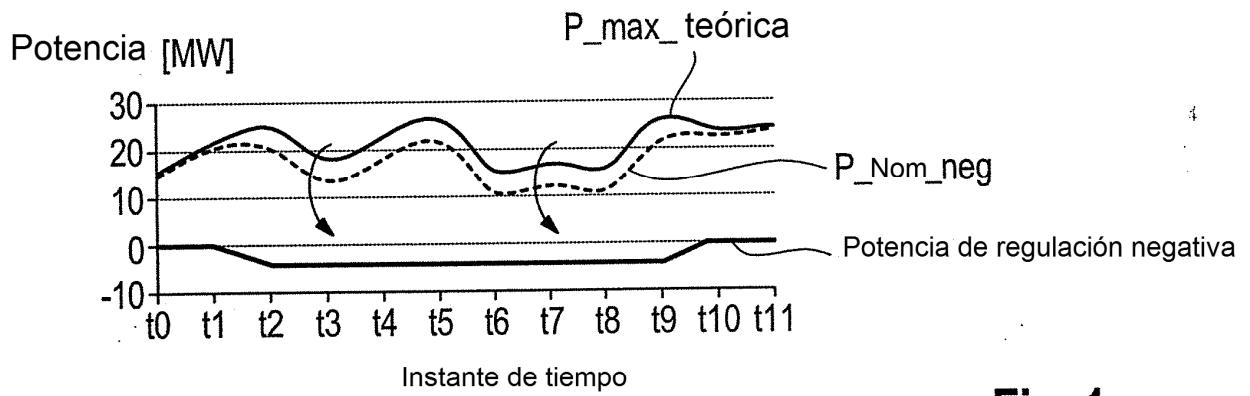


Fig. 1

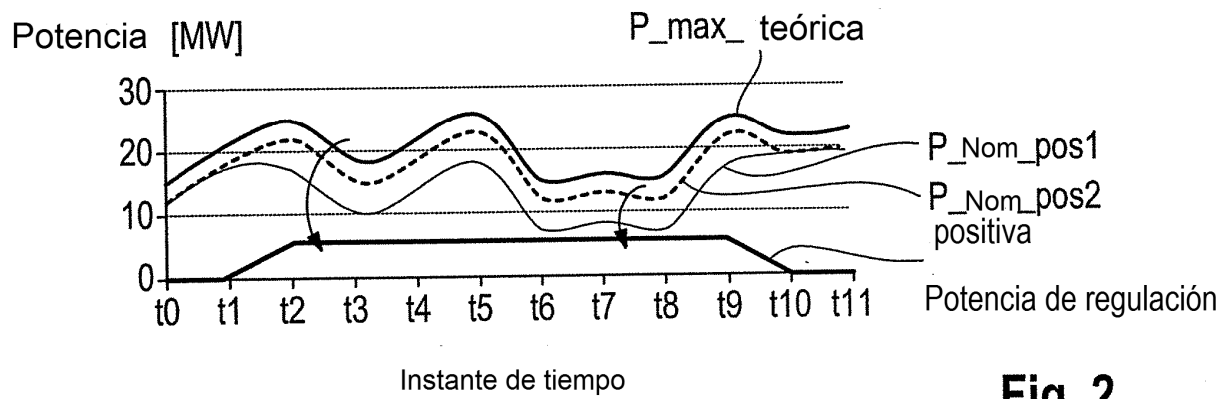


Fig. 2