

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 699 163**

51 Int. Cl.:

H02J 3/50 (2006.01)

H02J 3/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2011** E 11382218 (3)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.08.2018** EP 2541720

54 Título: **Procedimiento de control de suministro y acumulación de energía eléctrica proporcionada por una planta de generación de energía renovable**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.02.2019

73 Titular/es:

**ACCIONA ENERGÍA, S.A. (100.0%)
Avenida Ciudad de la Innovación 5
31621 Sarriguren (Navarra), ES**

72 Inventor/es:

**MARROYO PALOMO, LUIS;
MARCOS ÁLVAREZ, JAVIER;
PADROS RAZQUIN, MARÍA ASUNCIÓN;
RABAL ECHEVERRIA, DANIEL;
CUESTA LERIN, DAVID;
BERAZALUCE MINONDO, ÍÑIGO y
WALTI, CHRISTOPHER**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 699 163 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 de control de suministro y acumulación de energía eléctrica proporcionada por una planta de generación de energía renovable

5

OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención pertenece al campo de la generación y distribución de energía, y más concretamente a la regulación y optimización de las redes de distribución de energía eléctrica en presencia de fuentes renovables.

10

El objeto principal de la presente invención es un procedimiento de control de suministro y acumulación de energía eléctrica proporcionada por una planta renovable a la Red, empleando para ello una sola unidad de almacenamiento de energía, tal como una batería, que permite prestar de modo simultáneo tanto servicios de venta de capacidad como de servicios de venta de energía, variando la capacidad de acumulación dedicada a cada uno de dichos servicios en función de las condiciones de operación de la planta renovable (dependientes de las condiciones del recurso eólico o solar) maximizando así la eficiencia y rendimiento de las instalaciones eléctricas.

15

La prestación simultánea de distintos servicios y la capacidad asignada a cada uno de ellos en cada momento se basa en el uso de datos meteorológicos para: a) predecir la necesidad de batería para cada uno de dichos servicios; b) predecir la energía producida por la planta a lo largo del día y con ello definir los ciclos de carga y descarga de la batería; c) establecer los servicios a ofrecer por la batería.

20

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

25

En la actualidad es bien conocido que los sistemas de acumulación de energía y baterías eléctricas, pueden ayudar a mejorar y optimizar la gestión de las redes eléctricas de varios modos diferentes. Principalmente, podemos pensar en dos divisiones distintas de dichos sistemas de baterías, las cuales se detallan a continuación:

30

1) En función del lugar donde se instalen dentro del sistema eléctrico se pueden dividir:

1a) Consumo: las baterías que se instalen junto a consumidores de energía. Las baterías podrán modificar los perfiles de consumo de energía eléctrica desplazándolos a las horas con mayor disponibilidad de energía o de energía más barata. También podrán ayudar a tener perfiles de consumo más uniformes en el tiempo para simplificar el trabajo de los gestores de la red. En este caso las baterías son operadas por el consumidor de energía de modo que su factura eléctrica sea lo menos posible, teniendo en cuenta tanto el coste de la energía a diversas horas del día como posibles penalizaciones que se le puedan imponer.

35

1b) Distribución: las baterías se pueden instalar en subestaciones de distribución de energía eléctrica siendo un elemento más en la gestión de las mismas de modo que puedan absorber fluctuaciones en la producción o el consumo, o bien que se puedan usar como almacén de energía para disponer de ella en las horas pico de demanda. En este caso las baterías las operan los gestores del sistema eléctrico de modo que ayuden a un funcionamiento estable del mismo (por ejemplo, ayudando a controlar frecuencia y tensión del mismo) así como a reducir costes, evitando sistemas de generación de soporte a la red demasiado caros.

40

45

1c) Generación: las plantas de generación de energía pueden asimismo disponer de baterías de acumulación para mejorar su integración en la red eléctrica, cumpliendo exigencias del operador de la red y para mejorar el rendimiento económico de las plantas pudiendo transferir oferta de generación de horas valle a horas pico. En este caso las baterías son operadas por los gestores de la planta eléctrica para cumplir normativa del operador de la red y maximizar su beneficio por la venta de electricidad.

50

2) En función del modo de operación de las baterías se pueden dividir:

2a) Capacidad para servicios auxiliares de red: las baterías se controlan en función del estado de la red eléctrica para ayudar a su estabilidad. Generalmente estos servicios requieren de la oferta de una potencia producible durante un tiempo determinado que se entregará en respuesta a desvíos en parámetros de la red. Por ello las tarifas de pago a estos servicios suelen ser por potencia disponible, a veces complementada por el valor de la energía entregada. Un ejemplo

55

típico es el control de la frecuencia en la red que se desviará del nominal si el consumo y la producción no casan en un momento determinado, para ello las baterías pueden ofertar una banda de potencia a entregar o consumir de la red de modo que reaccione ayudando a igualar producción y consumo. Otro ejemplo equivalente es la regulación de tensión en nodos de la red a través de la entrega o consumo de potencia reactiva.

5

2b) Energía para optimizar generación o consumo: por razones diversas los precios de la energía difieren en cada hora del día, y además pueden existir restricciones en las redes por saturación. Por ello las baterías se pueden utilizar para cargarlas durante determinados momentos del día y descargarlos durante otros momentos para optimizar bien la factura eléctrica o bien el ingreso por generación. Este uso conlleva un beneficio económico proporcional a la energía entregada por las baterías. En las plantas renovables un uso típico de baterías para optimizar la generación es la estabilización de la energía entregada por la planta evitando fluctuaciones de entrega de potencia demasiado rápidas que puedan perjudicar la estabilidad de la red eléctrica a la que se conectan. Además las dinámicas de este tipo de uso no son siempre las mismas. Un uso para estabilizar un consumo o una producción variables a lo largo de cada hora del día ("firming") presentará ciclos en el rango de los minutos-horas. Un uso para mover generación de horas valle a pico podrá presentar uno o dos ciclos diarios. Un uso para evitar sobrecargas en la red podrá presentar unos pocos ciclos semanales o incluso mensuales.

10

15

Además un sistema de baterías conectado a un inversor podrá suministrar potencia reactiva como soporte a la tensión de red de modo independiente al estado de carga de la batería, sólo asegurando que no excede los límites de intensidad en el equipo.

20

Más concretamente, una batería con capacidad de almacenamiento de 1MWh podría realizar 2 ciclos diarios: uno para cargar 1MWh en horario valle de noche y cederlo en horario pico de mañana, y otro en horario valle de tarde y cederlo en horario pico de noche. Sin embargo en la realización de sólo 1 ó 2 ciclos diarios se pierde un gran potencial de uso de dicha batería el resto del día, siendo su gestión y funcionamiento claramente optimizables.

25

El problema técnico que aquí se plantea es que actualmente los sistemas y dispositivos de acumulación de energía están diseñados para cumplir una única funcionalidad (regulación de las variaciones de potencia de una planta, regulación de la frecuencia de Red, movimiento de energía de horas valle a horas pico, etc.), llegando en muchos casos a juntarse en un mismo punto varias baterías con distintas funciones, con el consiguiente coste económico que ello implica.

30

Típicamente en una planta renovable en la que es necesaria una unidad de acumulación para optimizar la generación (evitar fluctuaciones demasiado rápidas en la energía entregada a la red y/o mover energía de unas horas a otras del día por precio o saturación) se dimensiona a la condición peor del año de producción y se dedica en exclusiva a este servicio. Sin embargo al ser las condiciones de producción de la planta renovable dependientes del recurso eólico o solar y por tanto muy variables, existe un gran número de horas del año en que el sistema de acumulación está infrautilizado.

35

Una única unidad de acumulación estará típicamente formada por un conjunto de sistemas individuales que se conectan en serie y paralelo para construir el sistema. Por tanto se considera un único sistema de acumulación al conjunto de unidades de acumulación que tienen una única unidad de control que gestiona su funcionamiento conjunto. Es por tanto una unidad lógica, no física. Una planta que contenga varios elementos de acumulación pero que se gestionen desde una única unidad de control central funciona en la práctica como un solo sistema de acumulación. La configuración de cada uno de los elementos de acumulación del sistema para un servicio concreto (pudiendo ser varias distintas) se considera por tanto estado del arte.

40

45

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

Mediante la presente invención se solucionan los inconvenientes anteriormente citados proporcionando un procedimiento de control de suministro y acumulación de energía eléctrica proporcionada por una planta de generación de energía renovable de acuerdo a la reivindicación independiente 1, que, mediante la actuación de una única unidad de acumulación de energía, permite la prestación simultánea de servicios de venta de capacidad (p.ej. regulación de frecuencia o regulación de tensión), servicios de venta de energía (transferencia de energía de horas valle a horas pico, o de horas con saturación de red a horas sin saturación), y servicios de estabilización de la planta renovable, con una asignación dinámica de la capacidad de la unidad de acumulación dedicada a cada uno de estos servicios en función de la previsión de las condiciones meteorológicas, maximizando así la eficiencia y rendimiento de las instalaciones eléctricas.

50

55

Más concretamente, el procedimiento objeto de invención, permite controlar el suministro y acumulación de la energía

5 eléctrica proporcionada por una planta de generación de energía renovable que comprende: elementos de generación de energía renovable; unidades de control y actuación de los elementos de generación, que miden los parámetros funcionales de los elementos de generación y actúan sobre los mismos; al menos una unidad de acumulación de energía; y al menos una unidad de control, conectada a las unidades de control y actuación de los elementos de generación, que regula la unidad de acumulación de energía cargando o entregando potencia en función de los parámetros que recibe de la red eléctrica, en función de los parámetros que recibe de la red eléctrica y de los parámetros funcionales de los elementos de generación.

10 Además, se ha previsto el ajuste del programa horario de suministro en función de la evolución de los parámetros funcionales de generación en tiempo real, los valores de mercado que se van dando en tiempo real y la predicción de la producción durante las siguientes horas. En caso de necesidad en tiempo real, se podría ajustar el funcionamiento de la planta renovable para apoyar los servicios dados por la unidad de acumulación de energía, por ejemplo forzando a la planta a producir o consumir energía reactiva para apoyar a la regulación de tensión, o forzando la planta a variar su potencia activa para apoyar en la regulación de frecuencia si la unidad de acumulación no puede cumplir con el servicio deseado durante un tiempo.

20 Preferentemente el procedimiento de control aquí descrito comprende adicionalmente introducir en la unidad de control valores históricos de cantidad de energía y potencia almacenada o entregada por la unidad de acumulación de energía en días pasados con condiciones meteorológicas similares, para con esos datos, estimar cuál es la porción de la unidad de acumulación de energía a destinar a la estabilización de la potencia suministrada por la planta a la red. Asimismo, de acuerdo con otra realización preferente, el procedimiento comprende además introducir variables relativas a costes de mercado de energía y a variaciones de costes de mercado de energía entre horas valle y horas pico, en la unidad de control.

25 Asimismo se ha previsto que dichas variables relativas a costes de mercado sean introducidas en la unidad de control de forma periódica, según van variando, para la obtención de un nuevo programa horario de suministro de energía en tiempo real para optimización económica de la energía a suministrar.

30 De esta manera, es posible establecer cuáles son los momentos más adecuados para hacer que la unidad de acumulación de energía se cargue durante las horas valle y se descargue durante las horas pico. Para llevar a cabo esta optimización se deben tener en cuenta las penalizaciones impuestas por no proporcionar los servicios comprometidos previamente. Por ello, se ha previsto que el procedimiento de control objeto de invención comprenda adicionalmente la introducción de valores umbrales de energía a producir contratada, en la unidad de control. Cabe señalar que las penalizaciones que cada legislación fija por el incumplimiento de los servicios comprometidos son intrínsecas a la producción renovable debido a la variabilidad de la misma con la meteorología, la cual no se puede prever al 100%.

40 Además, preferentemente el procedimiento de control comprende adicionalmente el envío de consignas de funcionamiento desde la unidad de control a las unidades de control y actuación de los elementos de generación en función del programa horario de suministro de energía generado.

45 La predicción de la energía generada por la planta en función de las condiciones meteorológicas, proporciona una idea de la variación que se puede producir en la planta hora a hora. Por ejemplo si pensamos en una planta solar, un día despejado presentará poca variabilidad de la producción y una predicción muy ajustada, a la par que un nivel alto de producción energética. Sin embargo, un día de nubosidad variable puede presentar importantes variaciones en la producción de la planta, así como una peor predicción energética de la misma. Con esta información se pueden construir modelos estadísticos más ajustados que hora a hora permitan predecir la energía necesaria de la unidad de acumulación para prestar la función de estabilización de la planta y la disponible para otras funciones.

50 Además, a lo largo del día será necesario recalcular el uso de la energía disponible en la unidad de acumulación para prestar las distintas funciones, ya que la realidad no se ajustará con seguridad a las predicciones. El cálculo de ajuste se lleva a cabo en base a la producción obtenida en la planta durante las últimas horas, y la previsión de producción en las próximas horas, ya que el cálculo económico de las penalizaciones se realizará no sólo en base a la función a realizar con la energía disponible en la unidad de acumulación, sino también a la venta de energía de la planta.

55 De este forma y a modo de ejemplo, si la energía dedicada a la función de regulación de frecuencia en la red es mayor de la prevista, se podría decidir en un momento determinado reducir la venta de energía de la planta a la Red para cargar más la unidad de acumulación o batería, y así poder seguir prestando servicios de regulación de frecuencia, por ejemplo, bien porque la producción excede el programa de generación y consumo de energía, o bien porque en esos momentos las

tarifas del mercado priman la ejecución de dicha funcionalidad.

5 Cabe recordar la particularidad de que durante la prestación del servicio de regulación de frecuencia, únicamente se consume un pequeño porcentaje de la potencia disponible ofertada por la unidad de almacenamiento, por lo que es posible estimar un uso de dicha unidad, menor del ofertado, si se dispone de los modelos de predicción de los precios del mercado anteriormente citados.

10 Por último, preferentemente se ha previsto que el programa horario de suministro de energía comprenda adicionalmente la generación de un programa horario de suministro de energía reactiva a la red, en función de la capacidad de generación disponible en los elementos de generación y la unidad de acumulación. De esta manera, la unidad de acumulación de energía puede proporcionar servicios de regulación de tensión en la Red, a través de la entrega o consumo de potencia reactiva independientemente del estado de carga (en adelante SOC) de dicha unidad de acumulación.

15 Por tanto, una unidad de acumulación de energía o batería gestionada según el procedimiento de la presente invención puede en todo momento transferir energía disponible de una función a otra, de modo que sea factible diseñar un mayor número de funcionalidades para una capacidad dada de dicha unidad de acumulación, permitiendo gestionar los incumplimientos que se den en la prestación de las funciones de un modo óptimo. De esta manera se consigue que una planta renovable sea siempre productora de energía, pudiendo dar además de los servicios de red, un servicio a la planta para mejorar la calidad de la energía que está entregando la Red General Eléctrica.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

25 Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

30 Figura 1.- Muestra una gráfica donde se representa la regulación de una planta de energía renovable, empleando para ello una batería de acumulación gestionada según el procedimiento objeto de invención.

Figura 2.- Muestra una gráfica donde se representan las horas valle y las horas pico del consumo de energía durante un ciclo diario.

35 REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

De acuerdo con una realización preferente, se describe a continuación el procedimiento de control del estado de carga de una batería que almacena energía producida por una planta solar fotovoltaica en función de tres juegos de parámetros:

- 40
- predicción de producción de la planta renovable, con sus diversos percentiles,
 - un modelo estadístico de predicción de la capacidad de batería necesaria para realizar la función de estabilización de la entrega de potencia a la red por la planta solar fotovoltaica en función de la predicción de la producción de la misma (o de la predicción de recurso solar disponible), y
- 45
- precios de mercado de referencia de los diversos servicios que puede prestar la batería.

Dicho procedimiento consta de las siguientes etapas:

50

- determinar la energía necesaria para cubrir funciones de oferta de energía en dinámicas de segundos (regulación de frecuencia) para cada hora del día de producción de la planta solar, recurriendo para ello a modelos estadísticos basados en días pasados con condiciones de red similares, siendo dichos modelos estadísticos actualizados hora a hora,

55

- determinar la energía necesaria para cubrir funciones de oferta de energía en dinámicas intrahorarias, (servicio de estabilización de la energía entregada a la Red para evitar rápidas fluctuaciones). Esta energía se determina en base a la predicción meteorológica de cada hora del día de operación de la planta solar, teniendo en cuenta los siguientes parámetros: nivel de radiación con sus percentiles de probabilidad de ocurrencia, temperatura, velocidad del viento y nivel de nubosidad. Esta predicción se combina con modelos estadísticos que reflejan el

funcionamiento pasado de la planta solar o de plantas solares de dimensiones y condiciones similares,

5 - determinar la energía necesaria para cubrir funciones de oferta de energía en dinámicas diarias, (transferencia de energía de horas valle a horas pico, o recuperación de limitaciones de Red). Para ello se recurre a datos suministrados por el operador de Red y modelos de precios y limitaciones de días similares y parámetros de red similares,

10 - determinar la cantidad de energía de la batería que se va a dedicar para cubrir cada una de las funciones arriba señaladas, y los momentos de carga de la batería con energía producida por la planta,

- calcular balances económicos para ajustar la energía dedicada por la batería a cubrir cada función por una función de valor de óptimo técnico o económico,

15 - operar la batería de acuerdo a la distribución de funciones determinada para cada hora, realizando un seguimiento en tiempo real del cumplimiento de los supuestos arriba calculados y ajustándolos según evolucionan los valores reales de mercado y producción de la planta conociendo la predicción de disponibilidad de energía las siguientes horas.

20 En la gráfica mostrada en la figura 1 se representa la regulación de una planta solar fotovoltaica haciendo uso del procedimiento de regulación aquí descrito.

Más concretamente, en dicha gráfica se aprecia la regulación de frecuencia sobre la curva de producción estabilizada de la planta. Además, en dicha gráfica se observa un sector rayado cuadrangular que representa la diferencia de energía existente entre la energía prevista de consumo y la energía producida por la planta, siendo dicha energía almacenada en la batería para su uso posterior durante las horas pico de demanda de energía.

30 Por último, señalar que en lugar de una batería se podría emplear igualmente cualquier dispositivo de almacenamiento de energía, como por ejemplo dispositivos de almacenamiento de energía basados en aire comprimido, (en inglés dispositivos CAES, "compressed air energy storage"), los cuales se basan en el almacenamiento de energía eólica en el subsuelo para su posterior uso.

REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento de control de suministro y acumulación de energía eléctrica proporcionada por una planta de generación de energía renovable que comprende:
- 5
- elementos de generación de energía renovable,
 - unidades de control y actuación de los elementos de generación, que miden los parámetros funcionales de los elementos de generación y actúan sobre los mismos,
 - 10 - al menos una unidad de acumulación de energía formada por un conjunto de sistemas individuales que están conectados en serie y en paralelo, y
 - al menos una unidad de control, conectada a las unidades de control y actuación de los elementos de generación, que regula la unidad de acumulación de energía cargando o entregando potencia en función de los parámetros que recibe de la red eléctrica y de los parámetros funcionales de los elementos de generación,
- 15
- donde el procedimiento comprende las fases de:
- determinar los valores de cantidad de energía a producir por la planta durante un intervalo de tiempo futuro próximo, en función de condiciones meteorológicas,
 - 20 - introducir estos valores de cantidad de energía, en la unidad de control,
 - generar un programa horario de suministro de energía a proporcionar por la unidad de acumulación de energía a la red, mediante la unidad de control, y en función de los valores de energía a producir, que:
 - proporciona servicios de estabilización estabilizando la potencia suministrada por la planta a la red;
 - 25 proporciona servicios de venta de capacidad proporcionando servicios de regulación de frecuencia y servicios de regulación de tensión a la red, y
 - proporciona servicios de venta de energía transfiriendo la energía entre horas valle y horas pico, o de horas con saturación de la red a horas sin saturación,
- caracterizado porque el procedimiento comprende además una fase de: para la al menos una unidad de acumulación de energía, variar la capacidad de acumulación dedicada a los servicios de venta de capacidad, servicios de venta de energía y servicios de estabilización de manera simultánea en función de la previsión de las condiciones meteorológicas.
- 30
- 2.- Procedimiento de control de acuerdo con la reivindicación 1 caracterizado porque comprende adicionalmente introducir en la unidad de control valores históricos de cantidad de energía y potencia almacenada o entregada por la unidad de acumulación de energía en días pasados con condiciones meteorológicas similares, para con esos datos, estimar cuál es la porción de la unidad de acumulación de energía a destinar a la estabilización de la potencia suministrada por la planta a la red.
- 35
- 3.- Procedimiento de control de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque comprende adicionalmente introducir variables relativas a costes de mercado de energía y a variaciones de costes de mercado de energía entre horas valle y horas pico, en la unidad de control.
- 40
- 4.- Procedimiento de control de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque comprende adicionalmente el envío de consignas de funcionamiento desde la unidad de control a las unidades de control y actuación de los elementos de generación en función del programa horario de suministro de energía generado.
- 45
- 5.- Procedimiento de control de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado porque comprende introducir dichas variables periódicamente, según van variando, para la obtención de un nuevo programa horario de suministro de energía en tiempo real para optimización económica de la energía a suministrar.
- 50
- 6.- Procedimiento de control de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque comprende introducir valores umbrales de energía a producir contratada, en la unidad de control.
- 55
- 7.- Procedimiento de regulación y acumulación de energía eléctrica comprendiendo el procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado además porque comprende generar un programa horario de suministro de energía reactiva a la red, en función de la capacidad de generación disponible en los elementos de generación y la al menos una unidad de acumulación de energía.

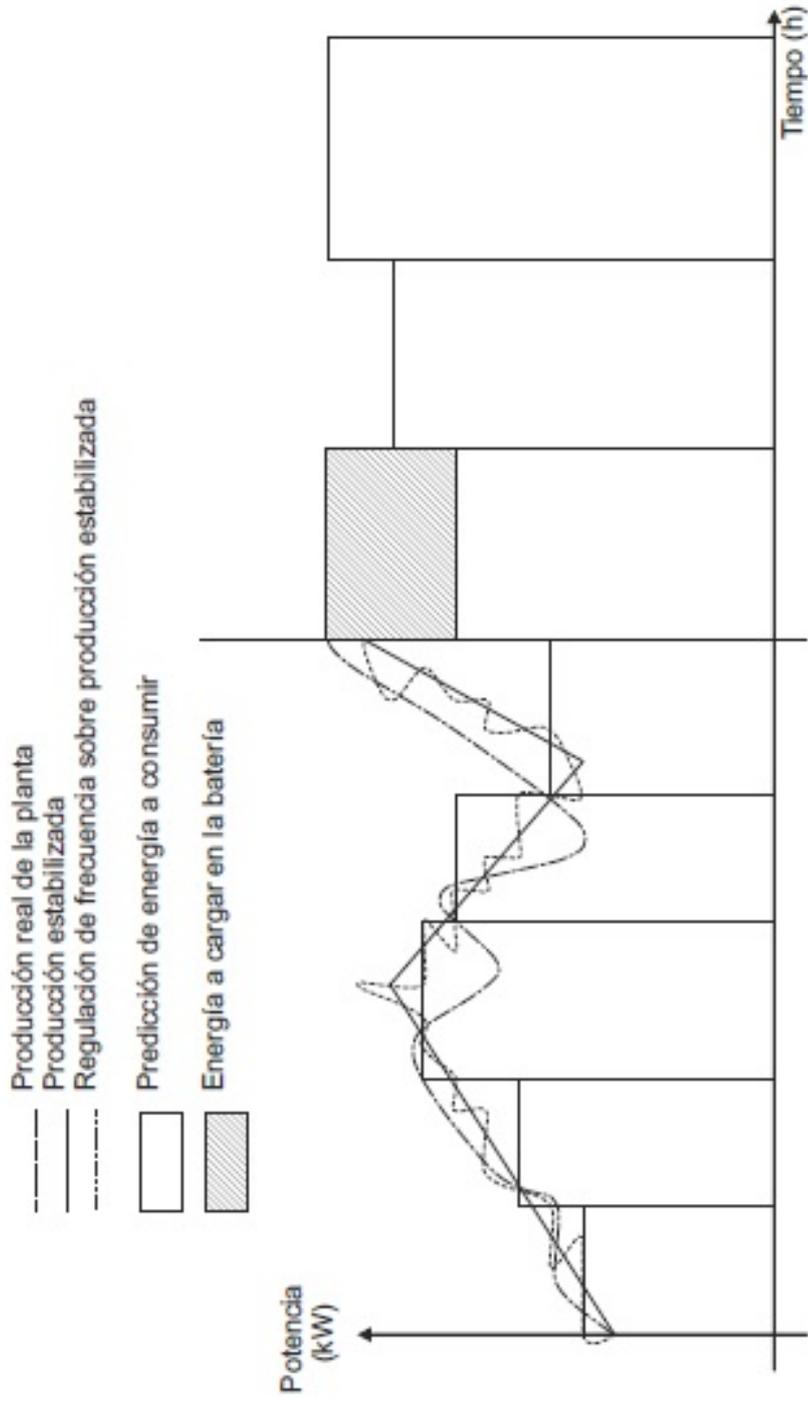


FIG. 1

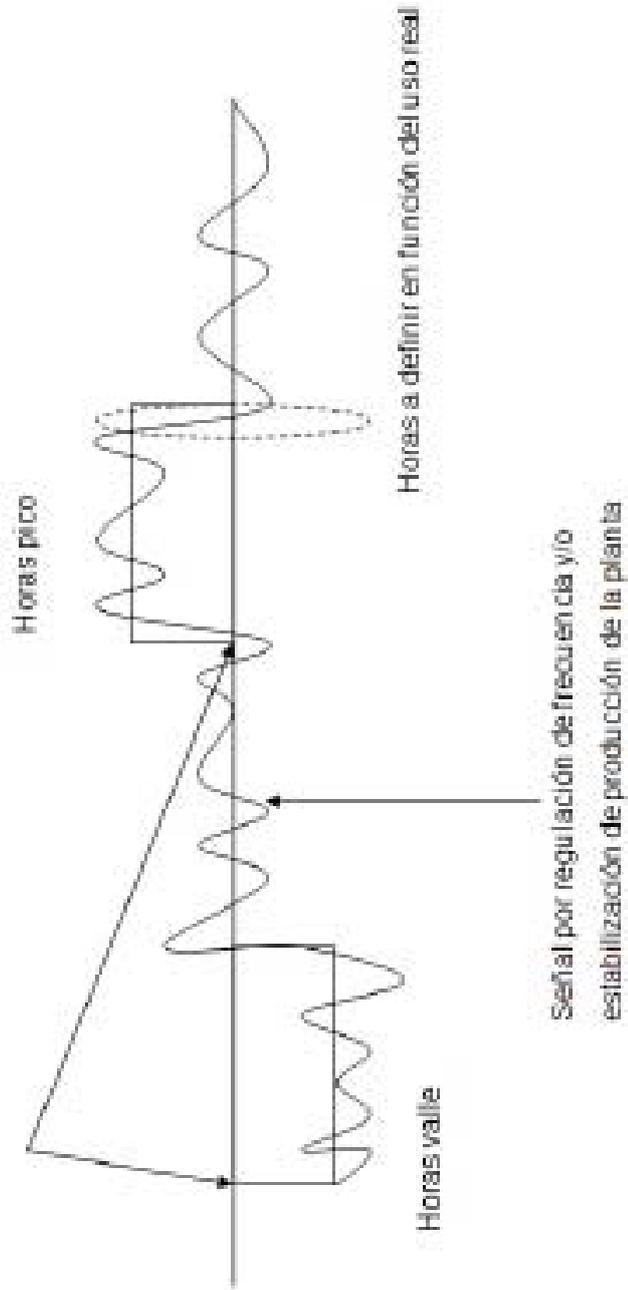


FIG. 2