

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 986 182**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 7/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.05.2020 PCT/DK2020/050128**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.12.2020 WO20244718**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.05.2020 E 20726297 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.07.2024 EP 3976958**

54 Título: **Priorización de puntos de consigna de energía para unidades de generación de energía en una central eléctrica**

30 Prioridad:

03.06.2019 DK PA201970357

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

08.11.2024

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)

Hedeager 42

8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

SKJELMOSE, MAD S RAJCZYK y

JESSEN, STEVE

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 986 182 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

Priorización de puntos de consigna de energía para unidades de generación de energía en una central eléctrica

5 **Campo de la invención**

La invención se refiere al control de centrales eléctricas, particularmente centrales eléctricas que tienen una o más turbinas eólicas y para la determinación y despacho de puntos de consigna de energía a las unidades de generación de energía de la central eléctrica.

10

Antecedentes de la invención

Los puntos de consigna de energía para turbinas eólicas en una central eléctrica pueden determinarse de acuerdo con reglas que se basan en la producción de energía individual y los niveles de energía disponibles de las turbinas eólicas.

15

Tales reglas pueden ser ventajosas para lograr una distribución óptima de los puntos de consigna de energía con respecto a minimizar los costes de producción, minimizar las cargas de la turbina eólica y otros criterios. Sin embargo, en algunas situaciones, puede desearse desviarse de estas reglas para satisfacer necesidades de producción de energía más específicas. En consecuencia, es un problema que los métodos de despacho de energía presentes no sean adecuados para satisfacer necesidades de producción de energía más específicas y, por lo tanto, se necesitan métodos mejorados de despacho de energía.

20

El documento EP 3 149 325 A1 divulga un método para controlar una central eléctrica eólica que comprende una pluralidad de generadores de turbina eólica. El método incluye determinar una cantidad requerida de energía reactiva proporcionada por la pluralidad de generadores de turbina eólica, y agrupar la pluralidad de generadores de turbina eólica en un primer conjunto de generadores de turbina eólica y un segundo conjunto de generadores de turbina eólica basándose en una demanda de energía reactiva y suministrar energía reactiva a la red desde el primer conjunto de generadores de turbina eólica y desconectar el segundo conjunto de generadores de turbina eólica de la red eléctrica en respuesta a una demanda de control para minimizar las pérdidas de energía activa. Otro ejemplo de la técnica anterior se puede encontrar en el documento WO 2018/006920 A1.

25

30

Sumario

Un objeto de la invención es mejorar el control de las centrales eléctricas para aliviar uno o más de los problemas mencionados anteriormente y, por lo tanto, proporcionar un método que proporcione una flexibilidad mejorada de los métodos de despacho de energía.

35

En un primer aspecto, la invención se refiere a un método de acuerdo con la reivindicación 1.

40

Los puntos de consigna de energía objetivo pueden proporcionarse para unidades de generación de energía específicas.

Los puntos de consigna de energía objetivo proporcionan ventajosamente una opción para permitir que unidades de generación de energía específicas o grupos produzcan a un nivel de energía deseado sin afectar a la producción total de la central eléctrica. Por tanto, los puntos de consigna de energía individuales pueden apuntarse sin afectar la producción a nivel de planta y los requisitos de la central eléctrica potencialmente incumplidos, tales como el control de frecuencia de red o los comandos del operador de red.

45

Por ejemplo, puede ser deseable tener unidades antiguas o problemáticas preferidas para una producción más baja con el fin de minimizar el desgaste. Puede preferirse una unidad de generación de energía para una mayor producción de energía, por ejemplo, en caso de que esta unidad se someta a una prueba que requiera la máxima producción.

50

En otro ejemplo, en un parque donde diferentes unidades de generación de energía tienen diferentes propietarios, los propietarios individuales tendrían cierto control sobre la producción de energía de sus unidades de generación de energía al establecer los puntos de consigna de energía objetivo deseados sin afectar la producción total de la central eléctrica.

55

El margen de ajuste de energía disponible de la central eléctrica es la energía de compensación que está disponible de las unidades de generación de energía de las que no se ha asignado ningún punto de ajuste de energía objetivo final. Por tanto, el margen de ajuste de energía disponible se determina basándose en cuánto se puede aumentar o disminuir la producción de energía para las unidades de compensación disponibles sujetas a la producción de energía total requerida de la central eléctrica.

60

El método comprende obtener niveles de prioridad asociados con los puntos de consigna de energía objetivo deseados. Ventajosamente, los niveles de prioridad permiten la priorización diferenciada de los puntos de consigna

65

de energía.

La determinación de los puntos de consigna de energía objetivo finales se determina secuencialmente en orden descendente de los niveles de priorización.

5 De acuerdo con una realización, si el punto de ajuste de energía objetivo deseado para una priorización dada no se puede lograr completamente, el método comprende determinar puntos de consigna de energía ajustados para las unidades de generación de energía con menor prioridad y/o sin prioridad basándose en los puntos de consigna de energía objetivo finales determinados y una referencia de central eléctrica.

10 De acuerdo con una realización, los puntos de consigna de energía ajustados se determinan basándose en una distribución de una producción de energía restante hasta la referencia de central eléctrica entre las unidades de generación de energía con menor prioridad y/o sin prioridad.

15 Como alternativa a la distribución de la producción de energía restante entre las unidades de generación de energía con menor prioridad y/o sin prioridad, las unidades de generación de energía con mayor prioridad entre las unidades de generación de energía con menor prioridad podrían tener sus puntos de consigna de energía determinados (aunque sus puntos de consigna objetivo originales no puedan cumplirse) a partir de un margen de ajuste de energía disponible restante de la central eléctrica, es decir, que puede determinarse a partir de las unidades de generación de energía prioritarias y/o no prioritarias aún más bajas.

20 De acuerdo con una realización, el método comprende
 - obtener límites de energía mínimos y máximos que definen las capacidades de producción de energía mínima y máxima de las unidades de generación de energía, y
 25 - determinar el margen de ajuste de energía disponible sujeto a restricciones definidas por los límites de energía mínimo y máximo y una referencia de central eléctrica.

30 La producción de energía total de la central eléctrica establecida por la referencia de central eléctrica normalmente debería cumplirse. Las unidades de generación de energía, como las turbinas eólicas, pueden tener una producción de energía mínima que debe respetarse y una producción de energía máxima, por ejemplo la producción de energía nominal u otros valores de producción de energía máxima.

35 De acuerdo con una realización, el método comprende determinar los márgenes de ajuste de energía disponibles basándose en la comparación de los puntos de consigna de energía presentes de la una o más unidades de generación de energía con menor prioridad y/o sin prioridad con los límites de energía mínimos o máximos asociados.

40 Por ejemplo, el margen de ajuste de energía - en caso de que sea necesario maximizar los puntos de consigna de energía objetivo - puede determinarse como la diferencia de la suma de los puntos de consigna de energía presentes y la suma de los límites de energía mínimos de las unidades de generación de energía con menor prioridad y/o sin prioridad. De forma similar, el margen de ajuste de energía - en caso de que sea necesario minimizar los puntos de consigna de energía objetivo - puede determinarse como la diferencia de la suma de los límites de energía máximos y la suma de los puntos de consigna de energía presentes y de las unidades de generación de energía con menor prioridad y/o sin prioridad.

45 De acuerdo con la invención, el método comprende determinar los puntos de consigna de energía objetivo finales para la una o más unidades de generación de energía priorizadas sujetas a una restricción de una referencia de central eléctrica.

50 De acuerdo con una realización, la determinación de los puntos de consigna de energía objetivo finales para las unidades de generación de energía priorizadas comprende establecer los puntos de consigna de energía objetivo finales iguales en los puntos de consigna objetivo deseados, o si no se pueden lograr los puntos de consigna objetivo deseados, determinar los puntos de consigna de energía objetivo finales distribuyendo el margen de ajuste de energía disponible entre las unidades de generación de energía priorizadas.

55 De acuerdo con una realización, el método comprende asignar un estado de prioridad de pausa al nivel de prioridad de la una o más unidades de generación de energía priorizadas de modo que las unidades de generación de energía sin prioridad o las unidades de generación de energía con niveles de prioridad por debajo del nivel de prioridad asignado con el estado de prioridad de pausa pueden establecerse para un modo de pausa que establece los límites de energía mínima en cero o sustancialmente cero.

60 Ventajosamente, al establecer una o más unidades de generación de energía en un estado de pausa, se libera más capacidad de energía de compensación para permitir que las unidades de generación de energía priorizadas produzcan la máxima energía.

65 Un segundo aspecto de la invención se refiere a un controlador central para controlar la producción de energía de una central eléctrica que comprende una pluralidad de unidades de generación de energía que incluyen al menos un

generador de turbina eólica, donde la central eléctrica está conectada a una red de energía eléctrica para suministrar energía desde las unidades de generación de energía a la red de energía eléctrica, y donde el controlador central está dispuesto para enviar puntos de consigna de energía individuales a las unidades de generación de energía, y donde el controlador central está dispuesto para realizar el método de acuerdo con el primer aspecto.

5 Un tercer aspecto de la invención se refiere a una central eléctrica que comprende una pluralidad de unidades de generación de energía que incluyen al menos un generador de turbina eólica y el controlador central de acuerdo con el segundo aspecto.

10 Un cuarto aspecto de la invención se refiere a un producto de programa informático que comprende código de software adaptado para controlar una central eléctrica cuando se ejecuta en un sistema de procesamiento de datos, estando el producto de programa informático adaptado para realizar el método del primer aspecto.

15 En general, los diversos aspectos y realizaciones de la invención pueden combinarse y acoplarse de cualquier manera posible dentro del alcance de la invención.

Estos y otros aspectos, características y/o ventajas de la invención se apreciarán y se dilucidarán mejor a partir de y con referencia a la realización o realizaciones que se describen a continuación.

20 **Breve descripción de los dibujos**

Se describirán realizaciones de la invención, únicamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos, en los que la Figura 1 muestra una central eléctrica que incluye una pluralidad de unidades de generación de energía y turbinas eólicas,

25 la Figura 2 muestra un ejemplo del controlador central de la central eléctrica, la Figura 3 muestra las etapas de determinación de los puntos de consigna de energía dependientes de los niveles de prioridad, y la Figura 4 muestra ejemplos de cálculo para determinar los puntos de consigna de energía.

30 **Descripción de las realizaciones**

La Figura 1 muestra una central eléctrica 100 que comprende una pluralidad de unidades de generación de energía 101 tales como turbinas eólicas. La central eléctrica 100 puede ser una central eléctrica renovable que comprende únicamente unidades de generación de energía renovable. En general, las unidades de generación de energía 101 pueden consistir en diferentes tipos de unidades de generación de energía, por ejemplo, diferentes tipos de unidades de generación de energía renovable tales como unidades de energía solar 103 (por ejemplo, paneles solares fotovoltaicos) y turbinas eólicas. Los diferentes tipos de unidades de generación de energía 101 también pueden incluir unidades de producción de energía a base de combustibles fósiles, por ejemplo, motores diésel. De acuerdo con una realización, al menos una de las unidades de producción de energía 101 de la central eléctrica 100 es una turbina eólica. La central eléctrica 100 puede comprender al menos tres unidades de generación de energía 101 del mismo o diferente tipo, es decir, una mezcla, de diferentes tipos de unidades de generación de energía. Por ejemplo, la central eléctrica 100 puede consistir únicamente en turbinas eólicas 102 y, en este caso, al menos tres turbinas eólicas 102. En otro ejemplo, la central eléctrica 100 comprende al menos dos turbinas eólicas 102 y al menos una o dos otras unidades de generación de energía 101.

45 La central eléctrica se puede conectar con una red de energía eléctrica (no mostrada) para suministrar energía desde las unidades de generación de energía 101 a la red de energía eléctrica.

50 La central eléctrica 100 está controlada por un controlador central 110. El controlador central 110 está dispuesto para controlar la generación de energía desde las unidades de generación de energía 101 de acuerdo con una referencia de central eléctrica Pplant_ref que define la energía deseada que se suministrará a la red desde la central eléctrica 100. Asimismo, el controlador central está dispuesto para despachar puntos de consigna de energía Pset a las unidades de generación de energía, es decir, puntos de consigna de energía individuales a cada unidad de generación de energía 101 que establece las producciones de energía deseadas. Los puntos de consigna de energía Pset pueden determinarse por el controlador central 110 dependiendo de la referencia de central eléctrica Pplant_ref de modo que la suma de los puntos de consigna de energía Pset corresponde a la referencia de central eléctrica Pplant_ref.

60 A lo largo de esta descripción, la referencia de energía se usa para la energía demandada para la instalación de energía eólica, mientras que el punto de ajuste de energía se usa para la energía demandada para las unidades de generación de energía individuales.

65 Por tanto, un objetivo del controlador central 110 o un despachador comprendido por el controlador central es garantizar que la energía demandada (por ejemplo, del Operador del Sistema de Transmisión (TSO)) se entregue lo más rápido posible, esto se aplica tanto a los aumentos como a las disminuciones en la referencia de central eléctrica, Pplant_ref.

- La turbina eólica 101 puede comprender una torre y un rotor con al menos una pala de rotor, tal como tres palas. El rotor está conectado a una góndola que está montada en la parte superior de la torre y que está adaptada para accionar un generador situado dentro de la góndola. El rotor puede girar por la acción del viento. La energía de rotación inducida por el viento de las palas del rotor se transfiere a través de un árbol al generador. Por tanto, la turbina eólica es capaz de convertir la energía cinética del viento en energía mecánica por medio de las palas del rotor y, posteriormente, en energía eléctrica por medio del generador. El generador puede incluir un convertidor de energía para convertir la energía de CA del generador en una energía de CC y un inversor de energía para convertir la energía de CC en una energía de CA para inyectarse en la red de energía eléctrica.
- El generador de la turbina eólica 102, u otra unidad de generación de energía 101, puede controlarse para producir energía correspondiente al punto de ajuste de energía Pset proporcionado por el controlador central 110. Para turbinas eólicas, la energía de salida puede ajustarse de acuerdo con el punto de ajuste de energía ajustando el paso de las palas del rotor o controlando el convertidor de energía para ajustar la producción de energía. Existen posibilidades de ajuste similares para otras unidades de generación de energía 101.
- En el presente documento, cualquier referencia a energía tal como referencia de central eléctrica Pplant_ref, puntos de consigna de energía Pset, energía disponible Pav y energía producida Pprod pueden definir niveles de energía activa, reactiva o aparente. De acuerdo con una realización, los niveles de energía, tal como Plant_ref, Pset, Pav, Pprod y otros niveles de energía relacionados son niveles de energía activa.
- La energía disponible Pav de una turbina eólica 102 puede determinarse basándose en la velocidad del viento actual y otros parámetros que limitan la producción de energía. En el presente documento, la energía disponible Pav se define como la máxima energía de salida posible de una turbina eólica en las condiciones de viento dadas. Por tanto, la energía disponible estará cerca de la energía de salida de acuerdo con la curva de energía optimizada de energía de una turbina específica. La curva de energía usada en el presente documento se entiende como la curva de energía optimizada del coeficiente de energía (Cp) para la turbina específica. En otras palabras, la curva de energía representa la salida de energía máxima de una turbina en funcionamiento normal en función de la velocidad del viento.
- La Figura 2 ejemplifica la disposición del despachador 201. En este ejemplo, las unidades de generación de energía 101 son generadores de turbina eólica 102, pero las unidades de generación de energía podrían comprender también una combinación de generadores de turbina eólica y otros tipos de unidades de generación de energía. Por lo tanto, para mantener la descripción general, se hace referencia a las unidades de generación de energía 101 a menos que el concurso específico se refiera a un ejemplo de turbina eólica.
- Puede verse que el despachador 201 se divulga como parte de un controlador central 110. El despachador recibe la referencia de central eléctrica Pplant_ref y determina los puntos de consigna de energía Pset, por ejemplo, puntos de consigna de energía Pset1, Pset2, ..., Psetn para los respectivos generadores de turbina eólica WTG1, WTG2, ..., WTGn, basándose en una pluralidad de señales de realimentación de estado. Las señales de realimentación comprenden la energía disponible de las unidades de generación de energía individuales Pav1...Pavn y la energía producida de las unidades de generación de energía individuales Pprod1...Prodn.
- Los puntos de consigna de energía Pset pueden determinarse adicionalmente de acuerdo con los puntos de consigna de energía objetivo Ptar que se reciben por el controlador central 110. Los puntos de consigna de energía objetivo Ptar están asociados con unidades de generación de energía priorizadas específicas 101 y establecen una energía deseada. Los puntos de consigna de energía objetivo Ptar pueden establecerse o proporcionarse por los propietarios de las turbinas eólicas, un operador de red, personal de servicio u otros. Los puntos de consigna de energía objetivo pueden establecerse para una o más unidades de generación de energía 101. La una o más unidades de generación de energía 101 que tienen un punto de ajuste de energía objetivo asociado se definen como unidades de generación de energía priorizadas.
- Las unidades de generación de energía priorizadas 101 pueden estar provistas de diferentes niveles de priorización prl de modo que los puntos de consigna de energía objetivo Ptar de las unidades de generación de energía de mayor prioridad 101 se prioricen sobre las unidades de generación de energía de menor prioridad 101.
- Los niveles de prioridad prl se asignan a un punto de consigna de energía objetivo de una turbina eólica específica. En consecuencia, un nivel de prioridad prl está asociado tanto con una unidad de generación de energía específica 101 como con un punto de ajuste de energía objetivo específico.
- Pav1 es la energía disponible de una turbina eólica 102 en el momento dado, calculada en función de la velocidad del viento actual y otros parámetros que limitan la producción de energía. Por tanto, la energía disponible del sistema de energía es, por lo tanto, la agregación de las energías disponibles individuales. Pprod1 es la energía producida por una turbina eólica específica 102 en el momento dado.
- En caso de que se aumente la referencia de central eléctrica Pplant_ref, la determinación de los puntos de consigna de energía individuales Pset se determina basándose en la energía disponible de las unidades de generación de energía individuales Pav1...Pavn. En caso de que se disminuya la referencia de central eléctrica Pplant_ref, la

determinación del conjunto de energía individual P_{set} se determina basándose en y la energía producida de las unidades de generación de energía individuales $P_{prod1} \dots P_{prodn}$.

5 La producción de energía real $P_{prod1} \dots P_{prodn}$ de las unidades de generación de energía 101 se alimenta a una línea de alimentación, que se conecta a un punto de acoplamiento común (PCC) a través de un transformador. En el PCC, la producción de energía agregada se mide por medio de un medidor de energía. La energía medida (medición P) se comunica al PPC.

10 Además de los puntos de consigna de energía objetivo P_{tar} , los niveles de prioridad p_{rl} asociados con los puntos de consigna de energía objetivo P_{tar} y, en consecuencia, con las unidades de generación de energía específicas 101, pueden establecerse.

15 Como se ha señalado anteriormente, la determinación de los puntos de consigna de energía P_{set} puede basarse adicionalmente en los puntos de consigna de energía objetivo P_{tar} . Los puntos de consigna objetivo P_{tar} , tal como $P_{tar1} \dots P_{tarn}$, pueden establecerse para unidades de generación de energía específicas 101, tales como las específicas de las turbinas eólicas $WTG1 \dots WTGn$. Cuando se proporcionan niveles de prioridad p_{rl} , los puntos de consigna de energía P_{set} se determinan dependiendo tanto de los puntos de consigna de energía objetivo P_{tar} como de los niveles de prioridad asociados p_{rl} .

20 Dado que los puntos de consigna de energía objetivo P_{tar} para un nivel de priorización dado p_{rl} pueden no ser completamente alcanzables, por ejemplo, P_{tar} puede ser demasiado alto o demasiado bajo, la determinación de los puntos de consigna de energía P_{set} basándose en los puntos de consigna de energía objetivo P_{tar} puede implicar una determinación intermedia de uno o más puntos de consigna de energía objetivo finales P_{tar_set} para la una o más unidades de generación de energía priorizadas 101.

25 El punto de consigna de energía objetivo final P_{tar_set} para una unidad de generación de energía 101 dada se determina basándose en el punto de consigna de energía objetivo P_{tar} y los márgenes de ajuste de energía disponibles de otras unidades de generación de energía que están disponibles para lograr el punto de consigna de energía objetivo, es decir, que están disponibles para el ajuste de los puntos de consigna de energía P_{set} de las unidades de generación de energía priorizadas o con mayor prioridad 101. Una suma de los márgenes de ajuste de energía disponibles da un margen de ajuste de energía disponible P_{comp} de la central eléctrica que está disponible para el ajuste de los puntos de consigna de energía.

30 El margen de ajuste de energía disponible P_{comp} proporciona una energía de compensación que está disponible para lograr los puntos de consigna de energía objetivo deseados.

35 La producción de energía de cada unidad de generación de energía puede estar restringida de acuerdo con los límites de energía mínimo y máximo $P_{mín}$, $P_{máx}$. Para una turbina eólica 102, el límite de energía mínimo $P_{mín}$ puede proporcionarse a partir de la especificación de producción de energía, es decir, el límite de energía mínimo se define por la capacidad de producción de energía mínima, u otros límites de energía mínima definidos tales como límites de energía definidos por el usuario. El límite de energía máximo $P_{máx}$ para una turbina eólica 102 puede estar dado por la especificación de energía nominal, es decir, la capacidad de energía máxima, por la energía disponible P_{av} u otros límites de energía máxima definidos por el usuario.

40 Como se indica en la Figura 2, los límites de energía mínimo y máximo $P_{mín}$, $P_{máx}$ pueden determinarse por el controlador central 110, u otra unidad de procesamiento, y usarse por la unidad de procesamiento de punto de ajuste de energía 202 para determinar los puntos de consigna de energía objetivo finales P_{tar_set} .

45 Por tanto, los márgenes de ajuste de energía disponibles, que son equivalentes a las posibles variaciones mínimas y máximas $\Delta P_{mín}$, $\Delta P_{máx}$ de los puntos de consigna de energía de las unidades de generación de energía 101 - puede determinarse basándose en los puntos de consigna de energía presentes P_{set} y los límites de energía mínimo y máximo $P_{mín}$, $P_{máx}$. Los puntos de consigna de energía objetivo finales P_{tar_set} pueden determinarse basándose en los márgenes de ajuste de energía disponibles o, de forma equivalente, basándose los límites de energía mínimo y máximo $P_{mín}$, $P_{máx}$ con el uso de los puntos de consigna de energía presentes P_{set} .

50 En otras palabras, los márgenes de ajuste de energía disponibles pueden determinarse comparando los puntos de consigna de energía presentes P_{set} de la una o más unidades de generación de energía con menor prioridad y/o sin prioridad con los límites de energía mínimos o máximos asociados $P_{mín}$, $P_{máx}$.

55 La suma de los márgenes de ajuste de energía positiva disponibles (es decir, aumentos de energía) da la energía de ajuste positivo total disponible P_{comp} de la central eléctrica. De forma similar, la suma de los márgenes de ajuste de energía negativa disponibles (es decir, reducciones de energía) da la energía de ajuste negativo total disponible P_{comp} de la central eléctrica. Por tanto, en general, la suma de los márgenes de ajuste de energía positivos disponibles, en forma de aumentos de energía disponible o disminuciones de energía disponible da la energía de ajuste positivo total disponible P_{comp} de la central eléctrica.

Por ejemplo, el margen de ajuste de energía P_{comp} en caso de que los puntos de consigna de energía objetivo P_{tar} deban maximizarse puede determinarse como $P_{comp} = \text{SUM}(P_{set}) - \text{SUM}(P_{mín})$ y, de forma similar, el margen de ajuste de energía P_{comp} en caso de que los puntos de consigna de energía objetivo P_{tar} deban minimizarse puede determinarse como $P_{comp} = \text{SUM}(P_{máx}) - \text{SUM}(P_{set})$, donde la suma es sobre las unidades de generación de energía relevantes 101.

Por tanto, si la energía de ajuste positivo total disponible P_{comp} se determina a partir de aumentos de energía disponibles o disminuciones de energía disponibles de las unidades de generación de energía restantes depende de si los puntos de consigna de energía objetivo P_{tar} deben aumentarse o disminuirse para cumplir con los objetivos de energía deseados.

La Figura 3 muestra un ejemplo de cómo pueden usarse los niveles de prioridad prl en conexión con la determinación de los puntos de consigna de energía objetivo finales P_{tar_set} . En la etapa 301, inicialmente se obtienen uno o más puntos de consigna de energía objetivo P_{tar} con los niveles de prioridad asociados más altos prl .

En la etapa 302 se comprueba si los puntos de consigna de energía objetivo P_{tar} son alcanzables con respecto a los límites de energía mínimo y máximo $P_{mín}$, $P_{máx}$ de las unidades de generación de energía 101 asociadas con el nivel de prioridad real prl . En la etapa 302 se comprueba adicionalmente si el resto de las unidades de generación de energía, es decir, las unidades de generación de energía con menor prioridad o sin prioridad, pueden compensar con ajustes de sus puntos de consigna de energía de modo que los puntos de consigna de energía de las unidades 101 con el nivel de prioridad real pueden ajustarse total o parcialmente a los puntos de consigna de energía objetivo P_{tar} .

La compensación total es posible si los márgenes de ajuste de energía disponibles de una o más unidades de generación de energía con menor prioridad y/o sin prioridad que están disponibles para el ajuste de los puntos de consigna de energía son suficientes para lograr los puntos de consigna de energía objetivo P_{tar} . Se elige la compensación parcial, si el margen de ajuste de energía disponible P_{comp} solo permite el cumplimiento parcial de los puntos de consigna de energía objetivo P_{tar} .

En la etapa 303, si es posible una compensación total, los puntos de consigna de energía objetivo finales P_{tar_set} de las unidades de generación de energía 101 asociadas con el nivel de prioridad real prl se establecen en los puntos de consigna de energía objetivo P_{tar} . De forma equivalente, los puntos de consigna de energía P_{set} de las unidades de generación de energía 101 asociadas con el nivel de prioridad real prl se establecen en los puntos de consigna de energía objetivo P_{tar} , o de forma equivalente, los puntos de consigna de energía objetivo P_{tar} se envían a las unidades de generación de energía 101 asociadas con el nivel de prioridad real prl .

La etapa 302 puede realizarse por la unidad de procesamiento de punto de ajuste de energía 202. La etapa 303 que comprende establecer los puntos de consigna de energía P_{set} a los puntos de consigna de energía objetivo finales P_{tar_set} puede realizarse por el despachador 201.

En la etapa 305, si no es posible una compensación total, los puntos de consigna de energía objetivo finales P_{tar_set} de las unidades de generación de energía 101 asociadas con el nivel de prioridad real prl se establecen dependiendo del margen de ajuste de energía disponible P_{comp} , por ejemplo, distribuyendo la suma de los márgenes de ajuste de energía disponibles entre las unidades de generación de energía 101 con el nivel de prioridad real. Por tanto, se distribuye la cantidad de energía que puede compensarse por las unidades de generación de energía con menor prioridad o sin prioridad, por ejemplo, uniformemente, entre las unidades de generación de energía con el nivel de prioridad más alto.

La etapa 305 que comprende determinar los puntos de consigna de energía P_{set} de acuerdo con la energía de compensación disponible P_{comp} puede realizarse por el despachador 201.

Si se lleva a cabo la etapa 303, entonces en la etapa 304, se comprueba si hay niveles de prioridad inferiores prl sin procesar. Si este es el caso, el proceso continúa con la etapa 301, en donde se obtienen uno o más puntos de consigna de energía objetivo P_{tar} con siguientes los niveles de prioridad asociados más altos prl . Estos puntos de consigna de energía objetivo se procesan a continuación de la misma manera que los puntos de consigna de energía objetivo previamente procesados P_{tar} .

En la etapa 304, si hay o no niveles de prioridad inferiores sin procesar adicionales, o si se ha realizado una compensación parcial en la etapa 305, a continuación, se realiza el despacho normal para las unidades de generación de energía con menor prioridad y/o sin prioridad restantes basándose en los puntos de consigna de energía objetivo finales previamente determinados P_{tar_set} y una referencia de central eléctrica P_{plant_ref} . Es decir, los puntos de consigna de energía ajustados P_{set} se determinan para las unidades de generación de energía restantes de modo que la suma de los puntos de consigna de energía P_{set} despachados a la pluralidad de unidades de generación de energía satisface la referencia de central eléctrica P_{plant_ref} , es decir, la referencia de central eléctrica P_{plant_ref} establece una restricción en la energía que debería producirse por la central eléctrica 100.

Por tanto, los puntos de consigna de energía ajustados P_{set} pueden determinarse basándose en los puntos de

consigna de energía objetivo finales P_{tar_set} determinados para las unidades de generación de energía de mayor prioridad y la referencia de central eléctrica P_{plant_ref} . Por ejemplo, los puntos de consigna de energía ajustados P_{set} pueden determinarse basándose en la determinación de una distribución de la producción de energía restante hasta la referencia de central eléctrica P_{plant_ref} entre las unidades de generación de energía con menor prioridad y/o sin prioridad. La distribución puede realizarse de acuerdo con un esquema de despacho usado por la central eléctrica 100 en situaciones en las que no se proporcionan puntos de consigna de energía objetivo.

Procesando los puntos de consigna de energía objetivo P_{set} dependientes de sus niveles de prioridad asociados prl , los puntos de consigna de energía objetivo finales P_{tar_set} se determinarán secuencialmente en orden descendente de los niveles de priorización.

Como se ha explicado anteriormente, los puntos de consigna de energía objetivo finales P_{tar_set} se despachan a las unidades de generación de energía priorizadas, o de forma equivalente los puntos de consigna de energía P_{set} determinados a partir de los puntos de consigna de energía objetivo deseados P_{set} o de los puntos de consigna de energía objetivo finales determinados P_{tar_set} se despachan a las unidades priorizadas unidades de generación de energía.

Como se indica en la Figura 2, se puede proporcionar un estado de prioridad de pausa P_{prl} al controlador central 110. El estado de prioridad de pausa P_{prl} es un comando que incluye un nivel de prioridad dado prl . Las unidades de generación de energía sin prioridad o las unidades de generación de energía con niveles de prioridad por debajo del nivel de prioridad del estado de prioridad de pausa P_{prl} tienen la opción de establecerse en un modo de pausa si las unidades de generación de energía con mayor prioridad solo pueden lograr la energía objetivo, total o parcialmente, con el margen de ajuste de energía añadido P_{comp} de las unidades de generación de energía en pausa 101. Es decir, el estado de prioridad de pausa P_{prl} establece el límite de energía mínimo P_{min} de una unidad de generación de energía dada, por ejemplo, una turbina eólica 102, en cero o sustancialmente cero. Por tanto, el estado de pausa de una o más unidades de generación de energía 100 libera energía adicional que puede usarse por las unidades de generación de energía que tienen un nivel de prioridad en o por encima del nivel de prioridad del estado de prioridad de pausa P_{prl} . El estado de prioridad de pausa P_{prl} puede establecerse automáticamente (si se establece cualquier estado de prioridad de pausa) por el controlador central 110 si los puntos de consigna de energía objetivo P_{tar} no pueden lograrse basándose en el margen de ajuste de energía P_{comp} de las unidades no en pausa 101.

La Figura 4 muestra un ejemplo de una central eléctrica 100 con cuatro unidades de generación de energía 101 0-3, en este ejemplo, turbinas eólicas. Por simplicidad, la energía máxima P_{max} se establece en 3000 kW y la energía mínima se establece en 500 kW.

En el ejemplo de la Tab. 1, la referencia de central eléctrica P_{plant_ref} es 7000 kW. Los puntos de consigna de energía objetivo P_{tar} de 3000 kW y 2000 kW, y niveles de prioridad prl de 2 y 1, se han establecido para las unidades de generación de energía 0 y 1, respectivamente. La suma de los márgenes de ajuste de energía disponibles P_{comp} de las unidades 2 y 3 es al menos $7000 \text{ kW} - 2 \cdot 500 \text{ kW} = 6000 \text{ kW}$, lo que implica que se pueden cumplir los puntos de consigna de energía objetivo P_{tar} de las unidades 0 y 1.

La unidad 2 tiene $P_{tar} = 2000 \text{ kW}$. Dado que la unidad 3 no puede producir menos de 500 kW, P_{tar} de la unidad 2 solo se puede lograr parcialmente con $P_{tar_set} = P_{set} = 1500 \text{ kW}$. En consecuencia, P_{set} para la unidad 3 se establece en 500 kW.

En el ejemplo de la Tab. 2, la referencia de central eléctrica P_{plant_ref} es 5000 kW. Los puntos de consigna de energía objetivo P_{tar} de 3000 kW y 2000 kW, y niveles de prioridad iguales prl de 1, se han establecido para las unidades de generación de energía 0 y 1, respectivamente. La suma de los márgenes de ajuste de energía disponibles P_{comp} de las unidades 2 y 3 es al menos $5000 \text{ kW} - 2 \cdot 500 \text{ kW} = 4000 \text{ kW}$, lo que implica que los puntos de consigna de energía objetivo P_{tar} de las unidades 0 y 1 solo pueden cumplirse parcialmente. La distribución equitativa de una reducción de sus objetivos P_{tar} , sujeto a los 4000 kW disponibles, proporciona puntos de consigna de energía de 2500 y 1500, respectivamente, para las unidades 0 y 1. Dado que no hay margen de ajuste de energía P_{comp} disponible para las unidades 2 y 3, sus puntos de consigna de energía se establecen en 500 kW.

En el ejemplo de la Tab. 3, la referencia de central eléctrica P_{plant_ref} es 8000 kW. Los puntos de consigna de energía objetivo P_{tar} de 1500 kW y 1000 kW, y niveles de prioridad prl de 2 y 1, se han establecido para las unidades de generación de energía 0 y 1, respectivamente. La suma de los márgenes de ajuste de energía disponibles P_{comp} de las unidades 2 y 3 (en este caso se desea una producción baja para las unidades 0 y 1) implica que la suma de producción de las unidades 0 y 1 puede reducirse a $8000 \text{ kW} - 2 \cdot 3000 \text{ kW} = 2000 \text{ kW}$, lo que implica que se pueden cumplir los puntos de consigna de energía objetivo P_{tar} de las unidades 0 y 1.

La unidad 2 tiene $P_{tar} = 2000 \text{ kW}$. Dado que la unidad 3 no puede producir más de 3000 kW, P_{tar} de la unidad 2 solo se puede lograr parcialmente con $P_{tar_set} = P_{set} = 2500 \text{ kW}$. En consecuencia, P_{set} para la unidad 3 se establece en 3000 kW.

En el ejemplo de la Tab. 3, la referencia de central eléctrica P_{plant_ref} es 5000 kW y se establece una prioridad de

5 pausa $P_{prl} = 2$. En este caso, el punto de ajuste de energía objetivo P_{tar} de la unidad 1, con $prl = 1$, se puede cumplir. La unidad 0 no puede cumplir su objetivo, pero debido a la prioridad de pausa, las unidades con niveles de prioridad por debajo de 2 pueden pausarse para ayudar a la unidad 0 a acercarse lo más posible a su punto de ajuste de energía objetivo $P_{tar} = 2500$. Debido a $P_{plant} = 5000$ kW, $P_{tar_set} = P_{set}$ es 2000 kW para la unidad 0. Sin la prioridad de pausa, las unidades 2 y 3 terminarían cada una con $P_{set} = 500$ kW, lo que implica que a la unidad 0 solo se le daría $P_{set} = 1000$ kW.

10 Aunque la presente invención se ha descrito en relación con las realizaciones especificadas, no debe interpretarse como de ninguna manera limitada a los ejemplos presentados. El alcance de la presente invención se define mediante el conjunto de reivindicaciones adjunto. En el contexto de las reivindicaciones, los términos "que comprende" o "comprende" no excluyen otros elementos o etapas posibles. También, la mención de referencias como "un" o "una" etc. no debe interpretarse como excluyente de una pluralidad. El uso de signos de referencia en las reivindicaciones con respecto a los elementos indicados en las figuras tampoco debe interpretarse como limitante del alcance de la invención. Asimismo, las características individuales mencionadas en diferentes reivindicaciones, posiblemente se pueden combinar ventajosamente, y la mención de estas características en diferentes reivindicaciones no excluye que
15 una combinación de características no sea posible y ventajosa.

REIVINDICACIONES

1. Un método para controlar la generación de energía desde una central eléctrica (100) que comprende una pluralidad de unidades de generación de energía (101) que incluyen al menos un generador de turbina eólica, donde el sistema de generación de energía está conectado a una red de energía eléctrica para suministrar energía desde las unidades de generación de energía a la red de energía eléctrica, y donde las unidades de generación de energía (101) se pueden controlar para producir energía que depende de puntos de consigna de energía individuales (Pset), el método comprende:
- obtener puntos de consigna de energía objetivo deseados (Ptar) para una o más unidades de generación de energía priorizadas, en donde los puntos de consigna de energía objetivo (Ptar) están asociados con unidades de generación de energía priorizadas específicas (101) y establece una energía deseada,
 - determinar los puntos de consigna de energía objetivo finales (Ptar_set) para la una o más unidades de generación de energía priorizadas basándose en los puntos de consigna de energía objetivo (Ptar) y un margen de ajuste de energía disponible (Pcomp) de la central eléctrica que está disponible para el ajuste de los puntos de consigna de energía (Pset) de la una o más unidades de generación de energía priorizadas, en donde la determinación de los puntos de consigna de energía objetivo finales para la una o más unidades de generación de energía priorizadas está sujeta a una restricción de una referencia de central eléctrica,
 - enviar los puntos de consigna de energía objetivo finales a las unidades de generación de energía priorizadas comprendiendo el método además obtener niveles de prioridad (prl) asociados con los puntos de consigna de energía objetivo deseados (Ptar), en donde la determinación de los puntos de consigna de energía objetivo finales (Ptar_set) se determina secuencialmente en orden descendente de los niveles de priorización.
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde si el punto de ajuste de energía objetivo deseado para una priorización dada no se puede lograr completamente, el método comprende determinar puntos de consigna de energía ajustados (Pset) para las unidades de generación de energía con menor prioridad y/o sin prioridad basándose en los puntos de consigna de energía objetivo finales determinados (Ptar_set) y una referencia de central eléctrica (Pplant_ref).
3. Un método de acuerdo con la reivindicación 2, en donde los puntos de consigna de energía ajustados (Pset) se determinan basándose en una distribución de una producción de energía restante hasta la referencia de central eléctrica (Pplant_ref) entre las unidades de generación de energía con menor prioridad y/o sin prioridad.
4. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende
- obtener límites de energía mínimo y máximo (Pmín, Pmáx) que definen las capacidades de producción de energía mínima y máxima de las unidades de generación de energía, y
 - determinar el margen de ajuste de energía disponible (Pcomp) sujeto a restricciones definidas por los límites de energía mínimo y máximo (Pmín, Pmáx) y una referencia de central eléctrica (Pplant_ref).
5. Un método de acuerdo con la reivindicación 4, que comprende además determinar los márgenes de ajuste de energía disponibles (Pcomp) basándose en la comparación de los puntos de consigna de energía presentes (Pset) de la una o más unidades de generación de energía con menor prioridad y/o sin prioridad con los límites de energía mínimos o máximos asociados (Pmín, Pmáx).
6. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la determinación de los puntos de consigna de energía objetivo finales (Ptar_set) para las unidades de generación de energía priorizadas comprende establecer los puntos de consigna de energía objetivo finales (Ptar_set) iguales a los puntos de consigna objetivo deseados (Ptar), o si los puntos de consigna objetivo deseados no se pueden lograr, determinar los puntos de consigna de energía objetivo finales (Ptar_set) distribuyendo el margen de ajuste de energía disponible (Pcomp) entre las unidades de generación de energía priorizadas.
7. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, que comprende además
- asignar un estado de prioridad de pausa al nivel de prioridad (prl) de la una o más unidades de generación de energía priorizadas de modo que las unidades de generación de energía sin prioridad o las unidades de generación de energía con niveles de prioridad por debajo del nivel de prioridad asignado con el estado de prioridad de pausa pueden establecerse para un modo de pausa que establece los límites de energía mínima (Pmín) en cero o sustancialmente cero.
8. Un controlador central (110) para controlar la producción de energía de una central eléctrica (100) que comprende una pluralidad de unidades de generación de energía (101) que incluyen al menos un generador de turbina eólica, donde la central eléctrica está conectada a una red de energía eléctrica para suministrar energía desde las unidades de generación de energía a la red de energía eléctrica, y donde el controlador central está dispuesto para enviar puntos de consigna de energía individuales a las unidades de generación de energía, y donde el controlador central está dispuesto para realizar el método de acuerdo con las reivindicaciones 1-7.
9. Una central eléctrica (100) que comprende una pluralidad de unidades de generación de energía (101) que incluyen al menos un generador de turbina eólica y el controlador central (110) de acuerdo con la reivindicación 8.

10. Un producto de programa informático que comprende código de software adaptado para controlar una central eléctrica (100) cuando se ejecuta en un sistema de procesamiento de datos, estando el producto de programa informático adaptado para realizar el método de cualquiera de las reivindicaciones 1-7.

100

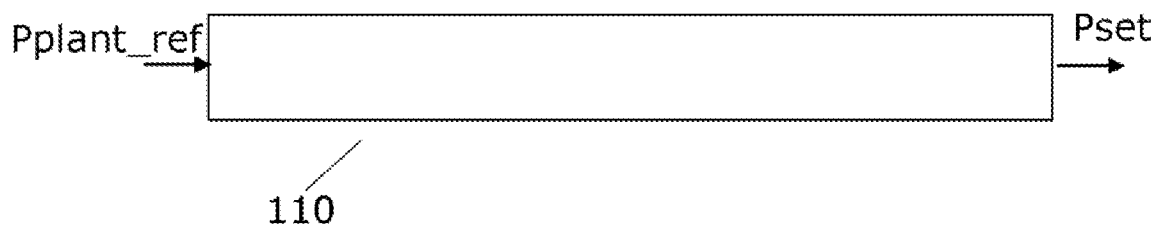
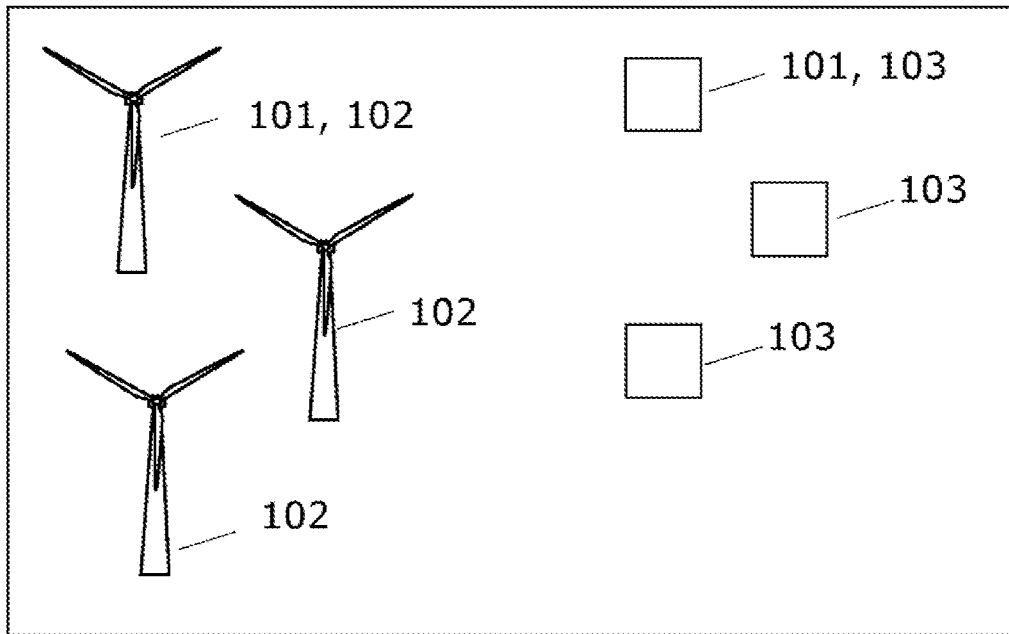


Fig. 1

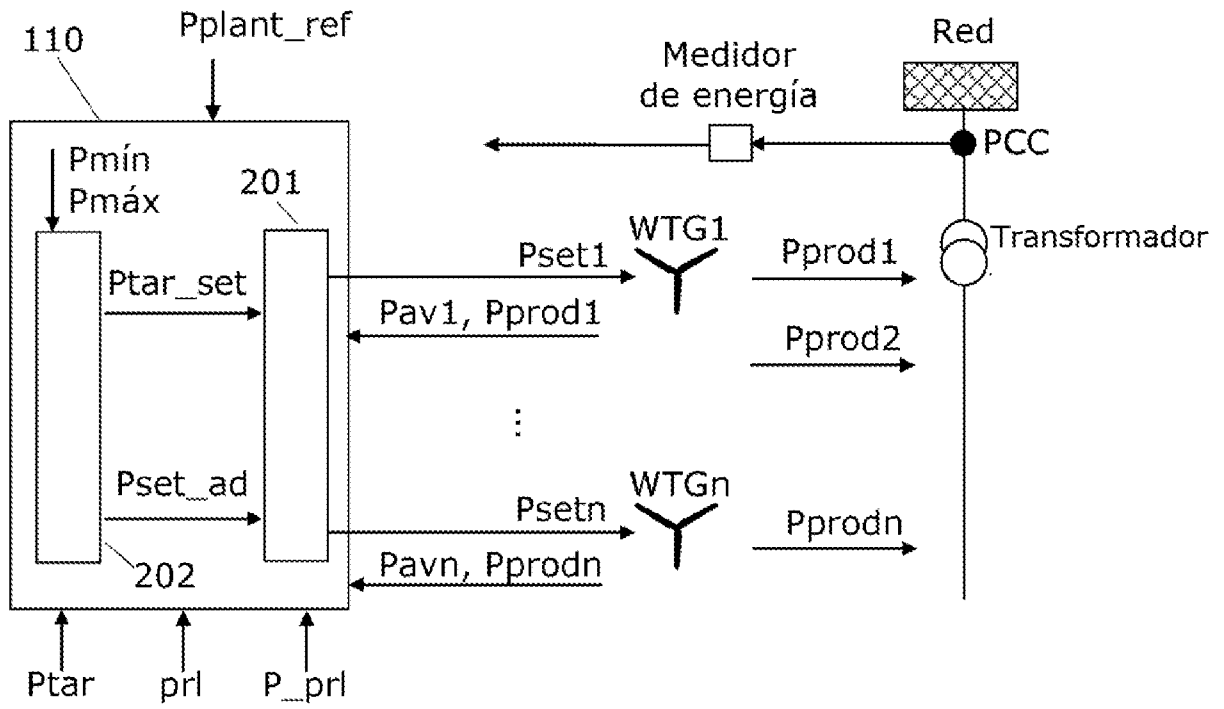


Fig. 2

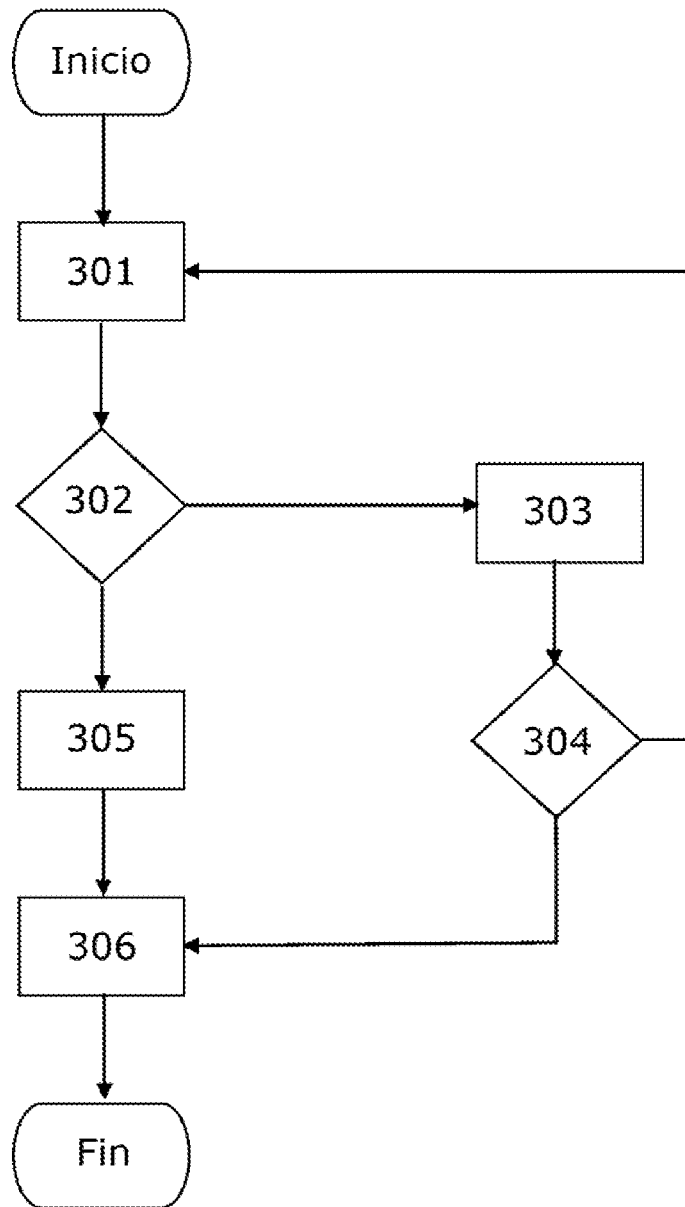


Fig. 3

Unidad	Ptar	prl	Pset
0	2000	2	2000
1	3000	1	3000
2	2000	3	1500
3	-	-	500

Tab. 1

Unidad	Ptar	prl	Pset
0	3000	1	2500
1	2000	1	1500
2	2000	3	500
3	-	-	500

Tab. 2

Unidad	Ptar	prl	Pset
0	1500	2	1500
1	1000	1	1000
2	2000	3	2500
3	-	-	3000

Tab. 3

Unidad	Ptar	prl	Pset
0	2500	2	2000
1	3000	1	3000
2	2000	3	PAUSA
3	-	-	PAUSA

Tab. 4

Fig. 4