

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 369 418**

51 Int. Cl.:
H02J 3/38

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07018624 .2**

96 Fecha de presentación: **21.09.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **1903656**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **26.03.2008**

54 Título: **PROCEDIMIENTO DE REGULACIÓN PRIMARIA PARA UNA RED ELÉCTRICA INTERCONECTADA.**

30 Prioridad:
22.09.2006 DE 102006044921

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
30.11.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
30.11.2011

73 Titular/es:
**E.ON WASSERKRAFT GMBH
LUITPOLDSTRASSE 27
84034 LANDSHUT, DE**

72 Inventor/es:
Keil, Stefan

74 Agente: **Lehmann Novo, Isabel**

ES 2 369 418 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 regulación primaria para una red eléctrica interconectada

La invención se refiere a un procedimiento según el preámbulo de la primera reivindicación.

5 Para la operación sin perturbaciones de una red eléctrica interconectada, hay que plantear determinados requisitos a las centrales eléctricas conectadas a la red. En caso de un desequilibrio entre la potencia generada y la potencia consumida en la red, por ejemplo por caída de potencia al desconectarse una central eléctrica grande y producirse la caída de frecuencia asociada a ello, para el restablecimiento de la operación normal las centrales eléctricas que forman parte de la red deben activar inmediatamente reservas de potencia y suministrarlas a la red o respectivamente reducir la potencia suministrada.

10 Para ello sirve la denominada regulación primaria. De acuerdo con ella, un operador de central eléctrica que suministra a la red, para unidades de generación de más de 100 MW de potencia, tiene que activar adicionalmente al menos un 2%, frecuentemente también un 10%, de su potencia nominal para la regulación primaria en un periodo de tiempo de como máximo 30 segundos. Estos incrementos de potencia deben ser puestos a disposición linealmente y mantenidos durante como máximo 15 minutos. Tras ello, la regulación secundaria asume la puesta a
15 disposición de potencia.

Las condiciones para operadores de centrales eléctricas en el suministro de potencia eléctrica a redes de transmisión y con ello también la condición para la puesta a disposición de potencia de regulación primaria están descritas en el Código de Transmisión (*TransmissionCode*) 2003 "Netz- und Systemregeln der deutschen Übertragungsnetzbetreiber" ("Reglas de redes y sistemas de los operadores alemanes de redes de transmisión"),
20 agosto de 2003, así como en su Anexo D1 "Unterlagen zur Präqualifikation für die Primärregelleistung für die ÜNB" ("Bases para la precalificación para la potencia de regulación primaria para los operadores de redes de transmisión") (versión de agosto de 2003).

Con ello se solicita que para la precisión de regulación necesaria en la regulación primaria se generen ya a partir de una variación de frecuencia de 10 mHz ajustes de potencia reproducibles. Este ajuste se calcula a partir de la potencia de regulación primaria acordada para poner como máximo a disposición y a partir de todo el intervalo de
25 frecuencias a considerar.

Hasta ahora, esta regulación primaria se ponía fundamentalmente a disposición mediante centrales térmicas. Esta puesta a disposición provoca en parte costes de producción muy altos.

30 Alternativamente pueden emplearse centrales de almacenamiento y bombeo para la puesta a disposición de la regulación primaria. En este caso hay que asumir sin embargo pérdidas elevadas para la puesta a disposición (rendimiento, pérdidas y daños por cavitación en la operación en vacío de las turbinas, la energía ya no está disponible para la regulación secundaria).

El documento DE 102 60 409 B3 describe un procedimiento de regulación primaria para una red para centrales térmicas. Para mantener bajas las pérdidas de rendimiento, se propone agrupar varios bloques de centrales de una compañía como unidad para la compensación de desviaciones cuasi-estacionarias de frecuencia de +/-200 mHz para la red. A pesar de ello se producen aquí pérdidas no despreciables.
35

Sería económicamente interesante recurrir a centrales de agua fluyente para la regulación primaria, ya que aquí no se originan costes de puesta a disposición en forma de energía de accionamiento reservada para las turbinas.

40 Frecuentemente, las turbinas en centrales hidroeléctricas están equipadas aún con reguladores de turbina mecánicos o respectivamente analógico-electrónicos. Una variación de potencia reproducible de generadores accionados por turbinas con reguladores de este tipo requiere una duración mínima de las órdenes de ajuste para el ajuste de los reguladores. Esto se denomina en lo que sigue ajuste mínimo. Estas órdenes de ajuste generan una variación de potencia demasiado grande, que corresponde a una variación de frecuencia mayor que la requerida de 10 mHz.

45 A menudo, estos reguladores de turbina mecánicos o respectivamente analógico-electrónicos tienen también una tolerancia mecánica mayor, de forma que no alcanzan tampoco por este motivo el ajuste mínimo reproducible necesario y con ello la calidad de regulación necesaria.

50 Por ello no puede recurrirse a turbinas en centrales de agua fluyente para la regulación primaria, ya que sus reguladores de turbina no permiten un ajuste mínimo, que corresponde a una variación de frecuencia de 10 mHz, salvo que sean equipadas con reguladores de turbina digitales de alto valor; como se describe extensamente en Draxler, A. et al: "Qualitätsregelung im Bereich der Stromerzeugung", Elektrotechnik und Informationstechnik, Springer Verlag, Viena, Austria, Volumen 112, Número 10, 1 de octubre de 1995, páginas 531 a 538.

La conversión provoca sin embargo costes muy elevados y adicionalmente es costosa en tiempo. Además de ello, con un número alto de órdenes de ajuste hay que contar con un desgaste alto en los órganos de ajuste hidráulicos de las turbinas así como en los apoyos de los órganos de ajuste y regulación.

5 En el documento DE-B 9 02 824 del año 1951 se habla a saber de reguladores primarios, pero exclusivamente en relación con una potencia de transferencia desde un agrupamiento de red. Este estado de la técnica se ocupa de un método económico para la reducción de las oscilaciones de red, que se producen en la prestación de una potencia de transferencia variable. Para ello se propone una solución mixta o combinación de turbinas reguladas por número de revoluciones y por potencia. Una indicación de cómo puede conseguirse de forma económica una regulación primaria de centrales de agua fluyente no es deducible de este documento.

10 Constituye por ello la tarea de la presente invención mostrar un procedimiento con el que pueda recurrirse para la regulación primaria a turbinas en centrales hidroeléctricas, en particular en centrales de agua fluyente con reguladores de turbina mecánicos o respectivamente analógico-electrónicos.

Esta tarea es resuelta conforme a la invención mediante las características de la primera reivindicación.

15 La invención se basa en el reconocimiento de que mediante la conexión conjunta de varias centrales hidroeléctricas formando un grupo de generación también puede conseguirse la sensibilidad de respuesta requerida de 10 mHz de al menos una turbina de este grupo de generación, referida a todo el grupo.

20 La ventaja de la invención hay que verla en que ahora puede recurrirse para la regulación primaria a turbinas en centrales hidroeléctricas sin ningún tipo de modificaciones mecánicas en las turbinas o en sus órganos de regulación existentes. Esta regulación primaria puede ponerse a disposición de forma muy económica, ya que no se originan "costes de combustible" como en otras centrales eléctricas. Es necesaria simplemente una regulación local (es decir por cada central eléctrica) así como una regulación de orden superior, que puede realizarse sobre la base de ordenadores.

25 Otra ventaja de la invención estriba en que – independientemente del equipamiento en cuanto a técnica mecánica y técnica de regulación puede recurrirse para la regulación primaria a todos los tipos de centrales hidroeléctricas. Para ello son conectadas conjuntamente de forma preferente varias centrales hidroeléctricas de al menos un río como grupo de generación en lo relativo a la entrega de potencia, en que la mayoría de las turbinas o respectivamente de las centrales hidroeléctricas del grupo de generación operan con una regulación gruesa y sólo una o unas pocas turbinas o respectivamente centrales hidroeléctricas funcionan con una regulación fina. Las turbinas/centrales hidroeléctricas que funcionan con la regulación gruesa operan según sus líneas características normales e
30 intervienen sólo en pasos controlables con seguridad, que corresponden por ejemplo a una variación de frecuencia de 50 mHz.

Mediante el recurso de que sólo una turbina o unas pocas turbinas funcionan con regulación fina, se minimiza de modo ventajoso el desgaste en los órganos de ajuste hidráulicos debido a las órdenes de ajuste frecuentes – referidas a todas las turbinas del grupo de generación -, ya que sólo se produce en estas pocas turbinas. Éstas
35 llevan a cabo en representación de todas las turbinas del grupo de generación variaciones de potencia, que son necesarias para una variación en pasos de 10 mHz, y recorren por ello caminos de ajuste más largos. El desgaste se reduce sin embargo por el pequeño número de procesos de arranque y parada del movimiento de ajuste. Además de ello resulta la ventaja de que pueden seleccionarse de forma dedicada turbinas para la regulación fina, que debido a su construcción (por ejemplo debido a un mejor apoyo o mejores instalaciones hidráulicas) pueden operar
40 con menor desgaste.

La idea básica de la invención consiste por lo tanto en que una gran parte de las turbinas/centrales hidroeléctricas implicadas en la regulación primaria pueden seguir operando sin ningún tipo de modificación en sus reguladores de turbina, ya que dentro de la regulación primaria sólo se requieren de ellas variaciones de potencia y con ello
45 variaciones de frecuencia de red que los reguladores de turbina analógico-electrónicos existentes controlan de forma segura. Se trata por regla general de variaciones de frecuencia en pasos de 50 mHz, o respectivamente cada paso significa conforme a la invención un paso/salto en un porcentaje de toda la potencia de regulación primaria puesta a disposición por el grupo de generación.

Las centrales hidroeléctricas o respectivamente sus turbinas, seleccionadas para la regulación fina, ponen durante la regulación primaria una potencia a disposición que con relación a la potencia de regulación primaria sólo
50 corresponde a un porcentaje pequeño y está seleccionada en su cuantía de tal modo que es al menos igual o mayor que la entrega de potencia correspondiente para un ajuste mínimo de las turbinas/centrales hidroeléctricas implicadas. Esta entrega de potencia es variada en varios pasos/etapas, en que cada etapa significa una variación de potencia necesaria para una variación de frecuencia de 10 mHz, referida a toda la potencia de regulación primaria puesta a disposición.

55 La selección de las turbinas/centrales eléctricas que funcionan con regulación fina y con regulación gruesa, depende de la cuantía de la potencia de regulación primaria puesta a disposición en el intervalo de frecuencias cuasi-estacionario y de la variación de potencia para un ajuste mínimo de los reguladores de turbina implicados.

Una gran parte de las turbinas/centrales eléctricas que generan potencia de regulación primaria en el grupo de generación opera con regulación gruesa y aportará por ello variaciones de potencia escalonadamente con órdenes de ajuste controlables con seguridad para los reguladores de turbina, que generan una variación de frecuencia claramente superior a los 10 mHz requeridos. Los pasos intermedios necesarios entre las variaciones de potencia
 5 escalonadas de las turbinas/centrales eléctricas que funcionan con regulación gruesa en el grupo de generación son aportados por las turbinas/centrales eléctricas que funcionan con regulación fina.

Es decisivo para la selección de las turbinas/centrales hidroeléctricas que funcionan con regulación fina por lo tanto que las variaciones de potencia, que son necesarias para los pasos de frecuencia requeridos de 10 mHz, son
 10 aportadas por turbinas/centrales eléctricas cuya potencia de ajuste mínimo es menor que las variaciones de potencia necesarias correspondientemente a los pasos de frecuencia requeridos de 10 mHz.

Ciertamente, el documento DE-C 3 78 599 del año 1921 describe una regulación gruesa y una regulación fina para turbinas de una central hidroeléctrica. Por ello hay que entender sin embargo en ese documento que algunas turbinas son equipadas con órganos de regulación costosos y por ello caros, por ejemplo álabes directores móviles, que con ello pueden ser reguladas en intervalos amplios. Para ello se emplea el término "regulación fina". Las
 15 restantes turbinas de la central eléctrica son sólo conectadas o desconectadas, es decir no reguladas, para lo que se emplea el término "regulación gruesa" en este estado de la técnica. Esto no corresponde sin embargo al significado en la presente invención, ya que hoy en día se supone que todas las turbinas están equipadas de forma estándar con órganos de regulación.

Las reivindicaciones subordinadas describen estructuraciones ventajosas de la invención.

20 Los perfeccionamientos según las reivindicaciones 2 hasta 9 describen una división muy ventajosa de las turbinas para la regulación fina y la regulación gruesa, en que se asegura que las variaciones de frecuencia son rápidamente compensadas de nuevo.

La reivindicación 10 describe una estructuración ventajosa para la regulación del grupo de generación.

25 El perfeccionamiento según la reivindicación 11 y 12 describe una posibilidad sencilla de selección y control de las centrales eléctricas previstas para la regulación primaria en el grupo de generación.

Según el caso de aplicación, puede ser conveniente el perfeccionamiento de la invención según la reivindicación 13.

En lo que sigue se describe más detalladamente la invención con ayuda de un ejemplo seleccionado. Representan:

la figura 1: una línea característica idealizada para la potencia de regulación primaria para una central eléctrica;

30 la figura 2: una línea característica requerida para la regulación primaria para una central eléctrica;

la figura 3: una línea característica realizable para una central eléctrica para la regulación primaria;

la figura 4: una representación gráfica de los pasos de regulación con ayuda de líneas características conforme a la invención;

la figura 5: un diagrama de bloques esquematizado de un distribuidor de valores deseados.

35 Las figuras 1 hasta 3 describen el estado de la técnica, en que las figuras 1 y 2 representan la relación conocida en general entre desviación de frecuencia y potencia de regulación primaria, que debe ser satisfecha por operadores de red al participar en la regulación primaria. La figura 3 muestra las consecuencias derivables de las figuras 1 y 2 para centrales de agua fluyente.

40 La figura 1 muestra para una central de agua fluyente arbitraria de un río una línea característica idealizada para la regulación primaria.

En las abscisas está representada la frecuencia en hercios, partiendo de una frecuencia normal de 50 Hz como punto de cero. El intervalo representado comprende el intervalo de las desviaciones cuasi-estacionarias de frecuencia de +/- 200 mHz respecto a esta frecuencia normal.

45 Las ordenadas representan la posible potencia de regulación primaria en MW, que esta central de agua fluyente a modo de ejemplo puede poner a disposición para la regulación primaria. En este ejemplo son 1,2 MW.

En el caso ideal, la potencia debería aumentar o respectivamente disminuir de forma continua, para compensar nuevamente de forma continua una desviación de frecuencia surgida respecto a la frecuencia normal de 50 Hz.

En la práctica, esta línea característica idealizada no puede ser generada.

Es por ello suficiente para las turbinas/centrales eléctricas implicadas en la regulación primaria aportar la variación de potencia de forma escalonada, en que la variación de frecuencia generada con ello debe evolucionar en pasos de 10 mHz.

5 Una línea característica escalonada o por etapas se representa en la figura 2 para la central eléctrica a modo de ejemplo de la figura 1.

Se reconoce a partir de aquí que para una potencia de regulación primaria de 1,2 MW puesta a disposición como máximo para una desviación de frecuencia de +/- 200 mHz respecto a la frecuencia normal de 50 Hz, una compensación de la desviación de frecuencia en pasos de 10 mHz requiere una variación de potencia de las turbinas de la central eléctrica en pasos de 0,06 MW.

10 Pero como los reguladores de turbina reales demandan una duración mínima de sus órdenes de ajuste, para generar una variación de potencia constante y reproducible de los generadores accionados, las variaciones de potencia requeridas de 0,06 MW no pueden ofrecerse. Antes bien, una orden de ajuste produce una variación de potencia demasiado grande, que en la central eléctrica a modo de ejemplo genera una variación de potencia de 0,3 MW, como se representa en la figura 3. Una variación de potencia de 0,3 MW significa sin embargo un paso correspondiente a una variación de frecuencia de 50 mHz. Esto no está permitido sin embargo según las condiciones de precualificación citadas al principio. No puede recurrirse entonces a la central eléctrica para la regulación primaria. Tampoco una agrupación de varias centrales eléctricas varía nada a este respecto.

Aquí, la presente invención pone remedio de modo sencillo.

20 En la figura 4 está representado esquemáticamente un diagrama con las líneas características, conseguibles conforme a la invención, de un grupo de generación:

En las abscisas está representada nuevamente como en las figuras anteriores la frecuencia en hercios, partiendo de una frecuencia normal de 50 Hz como punto de cero. El intervalo representado comprende el intervalo de las desviaciones cuasi-estacionarias de frecuencia de +/- 200 mHz respecto a esta frecuencia normal.

25 Las ordenadas representan igualmente como en las figuras 1 hasta 3 la potencia de regulación primaria en megavatios puesta a disposición por el grupo de generación. En este ejemplo se supone que como potencia de regulación primaria pueden ponerse a disposición +/- 12 MW por el grupo de generación. Esta potencia debe ser al menos el 2% de la potencia declarada por todo el grupo de generación en la red eléctrica interconectada. En el ejemplo presente, se parte del 10% de la potencia total de 120 MW, que puede suministrar el grupo de generación a la red.

30 Una línea característica 1, que representa el incremento de potencia/reducción de potencia requerido de las turbinas a las que se recurre para la regulación primaria en función de las variaciones de frecuencia en la red (línea característica deseada), discurre prácticamente como recta con pendiente constante en el intervalo de variación de frecuencia cuasi-estacionario de +/- 200 mHz. En realidad, la línea característica 1 discurre escalonadamente en etapas de 10 mHz (véase también la figura 2). Por motivos de sencillez, se habla sin embargo en lo que sigue de una recta.

La línea característica 1 puede constar también de dos ramas con diferente pendiente en caso de una potencia de regulación primaria diferente para el incremento de potencia y la reducción de potencia.

Para el ejemplo presente se supone que el ajuste mínimo más pequeño regulable con seguridad con las turbinas existentes en el grupo de generación y seleccionadas para la regulación primaria tiene un valor de 0,5 MW.

40 A partir del diagrama en la figura 4 puede deducirse que una variación de frecuencia de 10 mHz requiere una variación de potencia de 0,6 MW.

Como las turbinas seleccionadas para la regulación fina en este ejemplo pueden poner a disposición 0,5 MW de variación de potencia para un ajuste mínimo, puede recurrirse a ellas conforme a la invención para la regulación primaria.

45 Conforme a la presente invención, la potencia de regulación primaria de 12 MW a poner a disposición se divide en un número mayor de turbinas/centrales de agua fluyente que funcionan con regulación gruesa y en un número menor de las que funcionan con regulación fina.

50 En el ejemplo presente se asume una división en una proporción de 75% de turbinas/centrales de agua fluyente que funcionan con regulación gruesa y de 25% de las que funcionan con regulación fina, para compensar lo más rápidamente posible las variaciones de frecuencia.

Esto significa en este ejemplo con otras palabras que todas las turbinas/centrales de agua fluyente que funcionan con regulación gruesa deben aportar 9 MW de potencia de regulación primaria y los restantes 3 MW deben ser aportados por las turbinas que funcionan con regulación fina. Además, las turbinas/centrales de agua fluyente que funcionan con regulación gruesa deben aportar con ello dentro del intervalo de variación de frecuencia cuasi-

ES 2 369 418 T3

estacionario de +/- 200 mHz en tres etapas de regulación de 50 mHz sus 9 MW de potencia de regulación primaria total. Deben poder poner a disposición por lo tanto respectivamente una variación de 3 MW por cada etapa de regulación.

5 En la práctica, esta división depende de las turbinas/centrales eléctricas disponibles para la regulación primaria en el grupo de generación y de sus órganos de regulación, es decir debe asegurarse que tanto para las turbinas/centrales eléctricas que funcionan con regulación gruesa como para las turbinas/centrales eléctricas que funcionan con regulación fina se demandan siempre variaciones de potencia que son mayores o iguales que la variación de potencia que puede ser entregada para su ajuste mínimo.

10 El objetivo es dejar funcionar el mayor número posible de turbinas/centrales eléctricas con regulación gruesa y recurrir sólo al menor número posible de turbinas/centrales eléctricas para la regulación fina.

Con ello, en este ejemplo son necesarias 6 turbinas para la regulación gruesa. La línea característica de estas turbinas está designada por 2 en la figura 4.

15 Conforme a la invención, la regulación fina debe aportar en este ejemplo 3 MW. Estos 3 MW deben aportarse en 5 pasos o etapas de regulación, para que se cumpla el requisito de variaciones de frecuencia en pasos de 10 mHz, con relación a toda la potencia de regulación primaria a aportar por el grupo de generación. Con ello, en cada etapa de regulación deben ponerse a disposición exactamente 0,6 MW de potencia de regulación. Esto puede venir de 2 turbinas con una potencia de ajuste mínimo controlable con seguridad de 0,25 MW o 1 turbina con una potencia de ajuste mínimo controlable con seguridad de 0,5 MW. Algo análogo es válido al considerar grupos de turbinas, por ejemplo toda una central eléctrica.

20 En el ejemplo presente, se parte de una turbina con una potencia de ajuste mínimo de 0,5 MW. En el ejemplo concreto, por cada paso de regulación controlable con seguridad la turbina ofrece una variación de potencia de 0,6 MW.

25 La línea característica 3 describe la variación de potencia de la turbina con regulación fina. La línea característica 3 discurre en escalones paralelamente a la línea característica 1. Ambas líneas características tienen por lo tanto la misma pendiente.

Con ello, en este ejemplo son necesarias como máximo 7 turbinas con una potencia de regulación mínima de 0,5 MW, para poner a disposición una potencia de regulación primaria de 12 MW en pasos de 10 mHz.

A continuación se describe el caso de una variación de frecuencia lenta, como puede producirse por ejemplo por variaciones en el comportamiento de consumo de los consumidores conectados a la red eléctrica interconectada.

30 Todas las turbinas implicadas en la regulación primaria están en el grupo de generación en la red, pero no con su potencia total, sino que pueden aportar en suma la potencia de regulación demandada en la regulación primaria de nuevamente por ejemplo +/- 12 MW. La frecuencia de la red interconectada es vigilada de modo en sí conocido constantemente de forma separada en cada central eléctrica.

35 Si baja lentamente, por ejemplo partiendo de 50,0 Hz en 40 mHz, debe ponerse a disposición conforme a la línea característica 1 una potencia de regulación primaria de 2,4 MW. Esto se consigue sólo mediante un aumento en 2,4 MW de la entrega de potencia de la turbina que funciona con regulación fina. A continuación, para una frecuencia que crece nuevamente, este aumento de potencia es retirado en 4 pasos de 10 mHz en etapas de potencia de respectivamente 0,6 MW.

40 Si la frecuencia de la red interconectada baja partiendo de 50,0 Hz por ejemplo en 60 mHz, esto corresponde conforme a la línea característica 1 a una demanda de potencia adicional de 3,6 MW. Esto se consigue mediante elevación en una etapa de regulación de las 6 turbinas que funcionan con regulación gruesa, es decir en total en 3 MW y mediante elevación en 1 etapa de regulación a 0,6 MW de la turbina que funciona con regulación fina. La frecuencia variada de 60 mHz corresponde por lo tanto a una etapa de regulación de las turbinas que funcionan con regulación gruesa y a una de la turbina que funciona con regulación fina.

45 Para satisfacer ahora para una frecuencia nuevamente creciente la línea característica de regulación primaria, la entrega de potencia de todas las turbinas que funcionan con regulación gruesa debe retirarse en un paso de regulación llegando a 0 MW de potencia de regulación primaria (es decir a su potencia de partida) y al mismo tiempo la entrega de potencia de la turbina que funciona con regulación fina debe ser aumentada a 3 MW, para ser reducida nuevamente hasta su potencia inicial a continuación en 5 pasos en respectivamente 0,6 MW para una elevación de la frecuencia.

50 En lo que sigue se supone un caso de fallo en la red interconectada, por ejemplo por caída de una central eléctrica grande. Con ello se produce en la red interconectada un déficit de oferta de potencia y la frecuencia cae súbitamente de 50 Hz a por ejemplo 49,80 Hz.

Conforme a la línea característica 1, toda la potencia de regulación primaria de 12 MW debe ponerse entonces a disposición. Esto se consigue mediante el recurso de que todas las turbinas con regulación gruesa entregan conjuntamente 9 MW de potencia de regulación primaria y la(s) turbina(s) con regulación fina entrega(n) 3 MW.

5 Al volver a aumentar la frecuencia, la turbina con regulación fina es retraída en su entrega de potencia en 5 pasos (etapas) correspondientes a 10 mHz en respectivamente 0,6 MW.

10 Si la frecuencia supera nuevamente el valor de 49,85 Hz, todas las turbinas que funcionan con regulación gruesa pueden ser retraídas en respectivamente 1 etapa de regulación de su potencia de regulación primaria, es decir en suma en 3 MW, mientras que simultáneamente la turbina con regulación fina es elevada nuevamente a su potencia de regulación primaria de 3 MW. Para una frecuencia de 49,85 Hz se necesita y se pone a disposición con ello una potencia de regulación primaria de 9 MW (6 MW por turbinas con regulación gruesa y 3 MW por la turbina con regulación fina).

A continuación, la turbina con regulación fina es retraída nuevamente en 5 etapas de regulación en su potencia de regulación primaria y luego las turbinas con regulación gruesa en un paso adicional al tiempo que aumenta la potencia de la turbina con regulación fina.

15 A continuación de la regulación primaria, en caso de una desviación de frecuencia de mayor duración, se activa el suministro de potencia aumentado de las restantes centrales eléctricas que quedan en la red interconectada (regulación secundaria), de modo que éstas asumen entonces la puesta a disposición de la potencia demandada para la adaptación de la frecuencia al valor deseado de 50 Hz y con ello las turbinas seleccionadas para la regulación primaria están nuevamente a disposición para la compensación de nuevas desviaciones de frecuencia.

20 Algo análogo es válido, cuando la frecuencia aumenta, por ejemplo debido a un gran consumidor que es retirado de repente de la red. Entonces, mediante la regulación primaria en el modo anteriormente descrito debe deshacerse el aumento de frecuencia de forma escalonada en pasos de 10 mHz llegando a la frecuencia deseada mediante división de las turbinas con regulación gruesa y regulación fina.

25 En la figura 5 está representado un diagrama de bloques del distribuidor de valores deseados (maestro PR, del alemán "PrimärRegelung", regulación primaria) necesario para la regulación conforme a la invención. Éste es instalado en la sala de control central como software específico para el usuario en los ordenadores ya existentes de la sala de control. Tiene la tarea de calcular un balance total de potencia, para determinar qué potencia de regulación primaria puede ofrecerse en la situación de operación instantánea. Con ello, el distribuidor de valores deseados puede seleccionar las turbinas disponibles para la regulación primaria, que entonces – conforme a la invención – son divididas en regulación gruesa y regulación fina. Asegura con ello que la suma de la potencia de las turbinas con regulación gruesa y fina siempre dé como resultado la potencia de regulación primaria total necesaria correspondientemente a la desviación de frecuencia. Igualmente, debe hacer balance continuamente de la relación de pasos de regulación gruesos a finos de las turbinas implicadas y dado el caso indicar al personal de la sala de control que hay que conectar o desconectar turbinas adicionales con regulación gruesa o fina.

35 El mensaje central de la presente invención puede resumirse como sigue.

Son reunidas varias turbinas/centrales hidroeléctricas formando un grupo de generación para la regulación primaria. Este grupo de generación pone a disposición una determinada potencia para la regulación primaria.

40 El porcentaje mayoritario de la potencia de regulación primaria es puesto a disposición por las turbinas/centrales eléctricas que funcionan con regulación gruesa, es decir cuya entrega de potencia es variada en 3 etapas de potencia lo más grandes que sea posible, en que la altura de cada etapa depende de la variación de potencia puesta a disposición de las turbinas implicadas, que es al menos igual o mayor que la variación mínima de potencia controlable con seguridad por la regulación de turbina de cada turbina implicada.

45 Como la variación de potencia generada por etapa por las turbinas/centrales eléctricas que funcionan con regulación gruesa siempre genera una variación de frecuencia mayor de 10 mHz, cada una de estas etapas debe ser fraccionada en etapas de 10 mHz por las turbinas/centrales eléctricas que funcionan con regulación fina.

50 Para ello son seleccionadas por el distribuidor de valores deseados turbinas/centrales eléctricas correspondientes del grupo de generación. Estas turbinas/centrales eléctricas que funcionan con regulación fina en el grupo de generación generan la variación de potencia de una etapa de las turbinas/centrales eléctricas que funcionan con regulación gruesa en pasos de 10 mHz, en que la variación de potencia mínima puesta a disposición por cada paso de 10 mHz debe ser siempre igual o mayor que la potencia entregable por esta turbina/central eléctrica para el ajuste mínimo de las turbinas implicadas.

55 La potencia máxima puesta a disposición para la regulación primaria es retirada o respectivamente aplicada en varios pasos/etapas, en que en cada paso la turbina que funciona con regulación fina/la central eléctrica que funciona con regulación fina es regulada en tantas etapas como sea necesario para dividir las variaciones de potencia y con ello los pasos de potencia de las turbinas/centrales eléctricas que funcionan con regulación gruesa en los pasos de 10 mHz requeridos.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la regulación primaria para una red eléctrica interconectada con empleo de centrales hidroeléctricas, en particular de centrales de almacenamiento y bombeo, de almacenamiento o de agua fluyente con turbinas, que son ajustadas mediante reguladores de turbina, cuyo ajuste mínimo genera una variación de frecuencia mayor de 10 mHz,
- 5 caracterizado porque
- varias turbinas de una central hidroeléctrica o de varias centrales hidroeléctricas son operadas como un grupo de generación de forma coordinada por tecnología de la información en lo que respecta a la entrega de potencia,
- 10 se asocia al grupo de generación una línea característica que representa el incremento de potencia/reducción de potencia requerido de las turbinas del grupo de generación, a las que se recurre para la regulación primaria, en función de la variación de frecuencia en la red,
- con el grupo de generación puede conseguirse la sensibilidad de respuesta de 10 mHz necesaria referida a todo el grupo de generación mediante el recurso de que
- 15 una parte de las turbinas del grupo de generación funciona con regulación fina y éstas aportan una potencia de regulación primaria, que por un lado es al menos igual o mayor que la entrega de potencia correspondiente para un ajuste mínimo de las turbinas o centrales eléctricas implicadas en la regulación fina y por otro lado corresponde como máximo a la potencia de regulación primaria que es necesaria para una variación de frecuencia de 10 mHz, referida a todo la potencia de regulación primaria puesta a disposición por el grupo de generación, así como
- 20 las restantes turbinas o respectivamente centrales eléctricas operan con regulación gruesa y aportarán variaciones de potencia que son claramente mayores que las variaciones de potencia requeridas para una variación de frecuencia de 10 mHz.
2. Procedimiento según la reivindicación 1,
- caracterizado porque los pasos intermedios, necesarios para variaciones de potencia mayores, entre las variaciones de potencia escalonadas de las turbinas o respectivamente centrales eléctricas que funcionan con regulación gruesa
- 25 en el grupo de generación son aportados por las turbinas o respectivamente centrales eléctricas que funcionan con regulación fina.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2,
- caracterizado porque la potencia de regulación primaria total puesta a disposición del grupo de generación es la suma de la potencia deseada a entregar de todas las turbinas que funcionan con regulación gruesa y con regulación
- 30 fina, en que la(s) turbina(s) que funciona(n) con regulación gruesa generan un porcentaje mayoritario y la(s) turbina(s) que funciona(n) con regulación fina el porcentaje menor restante de la potencia de regulación primaria total.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,
- caracterizado porque la(s) turbina(s) que funciona(n) con regulación gruesa varía(n) su entrega de potencia en
- 35 etapas de potencia lo más grandes que sea posible.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la(s) turbina(s) que funciona(n) con regulación fina del grupo de generación genera(n) una variación de potencia que en la cuantía corresponde a la variación de potencia de una etapa de la(s) turbina(s) que funciona(n) con regulación gruesa, en que esta variación de potencia se produce en pasos de 10 mHz.
- 40 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,
- caracterizado porque la(s) turbina(s) que funciona(n) con regulación fina es (son) ajustada(s) en 5 etapas.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,
- caracterizado porque la potencia deseada a entregar de la(s) turbina(s) que funciona(n) con regulación fina se calcula según la siguiente fórmula:
- 45
$$P_{\text{deseada fina}} = N \times P_{\text{ajuste}} \times 5$$
- en que:
- $P_{\text{deseada fina}}$ = potencia deseada de regulación fina a entregar
- N = número de turbinas que funcionan con regulación fina

ES 2 369 418 T3

P_{ajuste} = potencia de ajuste de cada turbina, que es mayor o igual que su potencia de ajuste mínimo.

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,

caracterizado porque la potencia deseada a entregar de todas las turbinas que funcionan con regulación gruesa se calcula según la siguiente fórmula:

$$5 \quad P_{\text{deseada gruesa}} = N \times P_{\text{ajuste}} \times 3$$

en que:

$P_{\text{deseada gruesa}}$ = potencia deseada de regulación gruesa a entregar

N = número de turbinas que funcionan con regulación gruesa

P_{ajuste} = potencia de ajuste de cada turbina, que es mayor o igual que su potencia de ajuste mínimo.

10 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,

caracterizado porque el desgaste causado por la regulación primaria en los órganos de ajuste de las turbinas, referido a todas las turbinas implicadas del grupo de generación, se minimiza mediante la división en regulación gruesa y fina.

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,

15 caracterizado porque el cálculo de la distribución de los valores deseados para las turbinas que funcionan con regulación gruesa y fina está diseñado para valores de ajuste mínimos diferentes.

11. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,

20 caracterizado porque está previsto un distribuidor de valores deseados para el grupo de generación, que según la cuantía de la potencia de regulación primaria a poner a disposición y teniendo en cuenta las entregas de potencia posibles actualmente de las distintas turbinas del grupo de generación selecciona las turbinas que pueden operar con regulación gruesa y las que pueden operar con regulación fina.

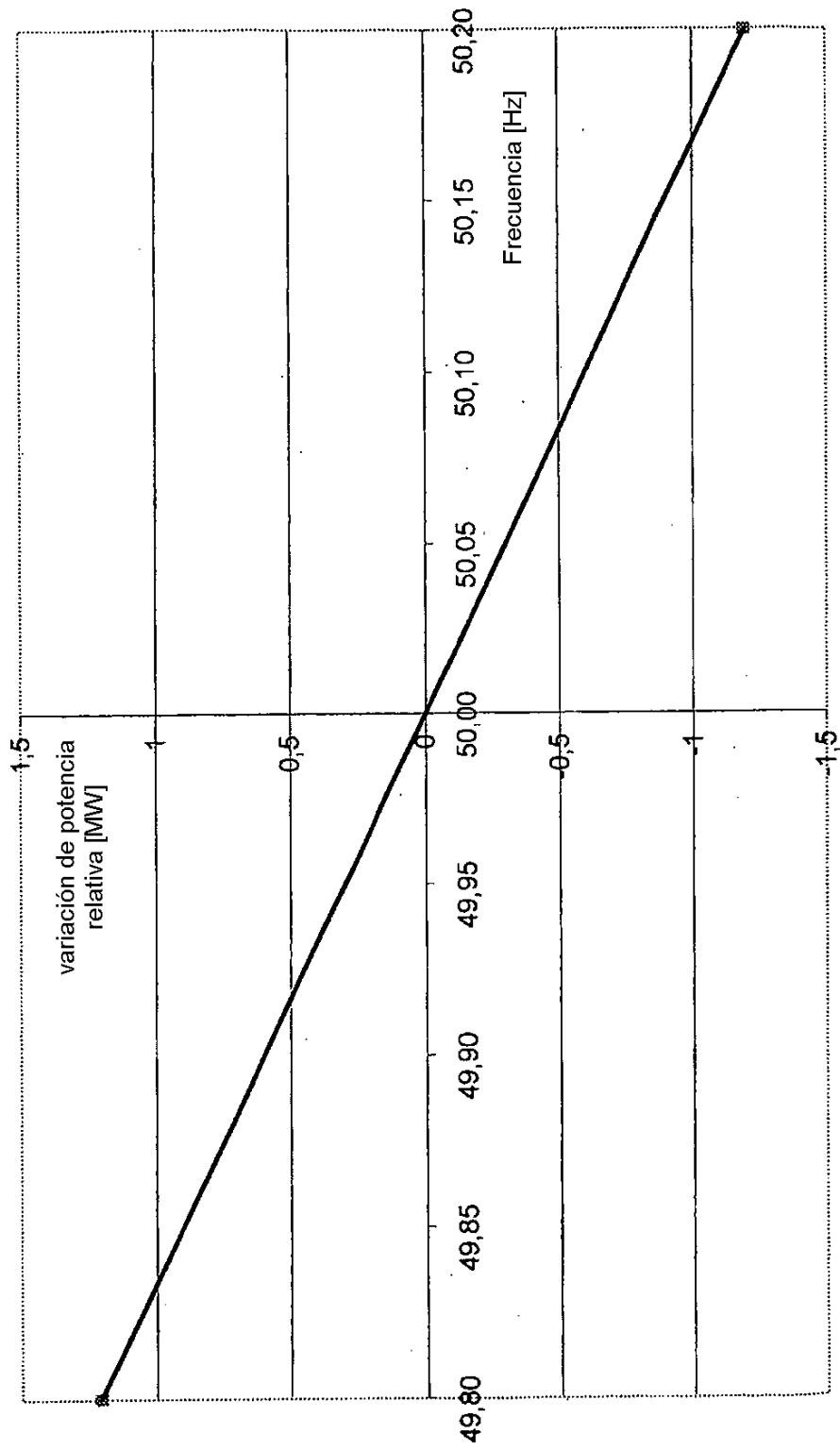
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,

caracterizado porque el distribuidor de valores deseados comprueba continuamente si la potencia de regulación primaria declarada puede ser satisfecha.

25 13. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,

caracterizado porque el distribuidor de valores deseados, en el intervalo de desviaciones de frecuencia cuasi-estacionarias, prefija para el caso de que no se llega a la frecuencia deseada una cuantía diferente de la potencia de regulación primaria a poner a disposición que para el caso en que se supera la frecuencia deseada.

Fig. 1



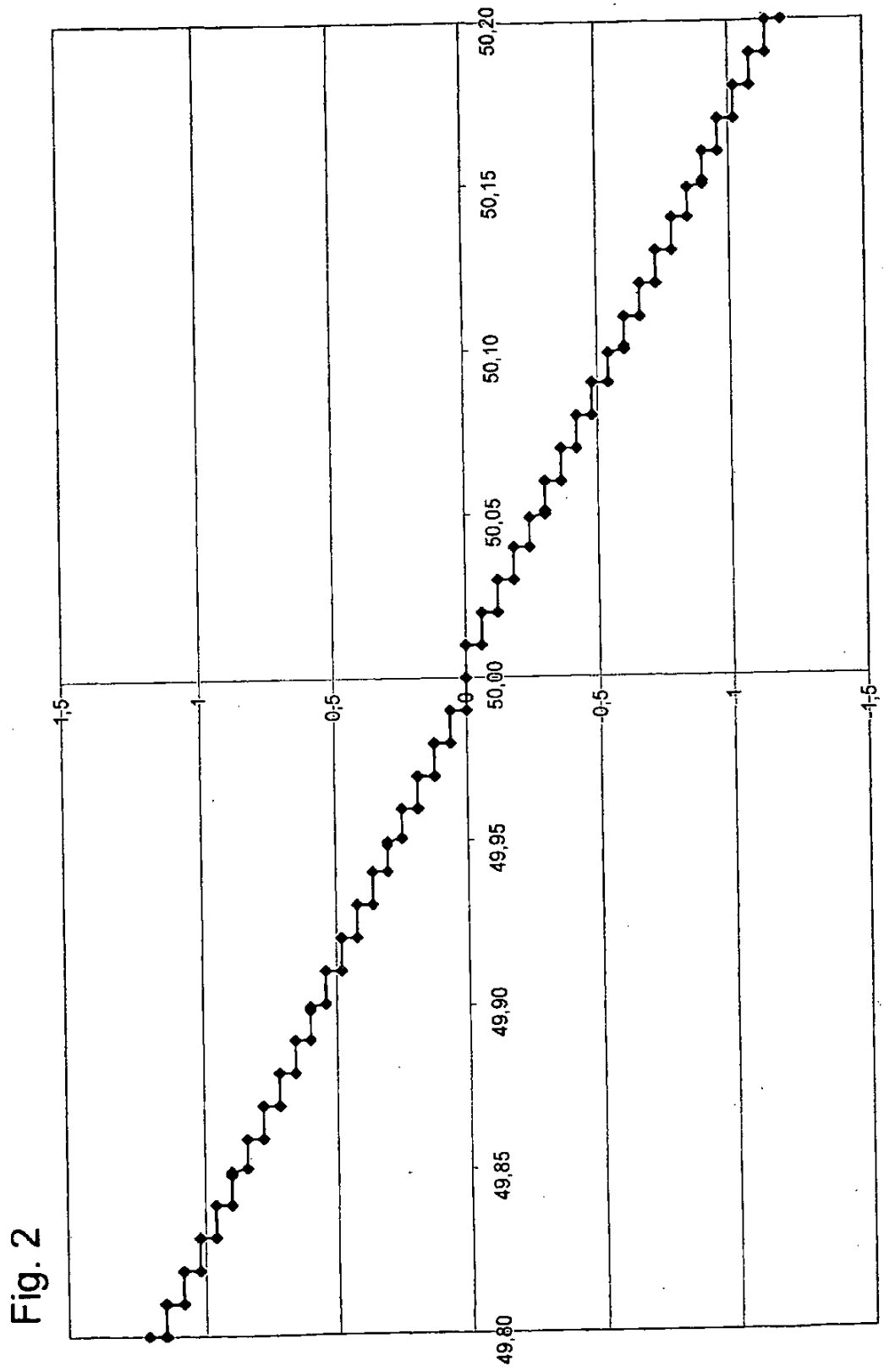
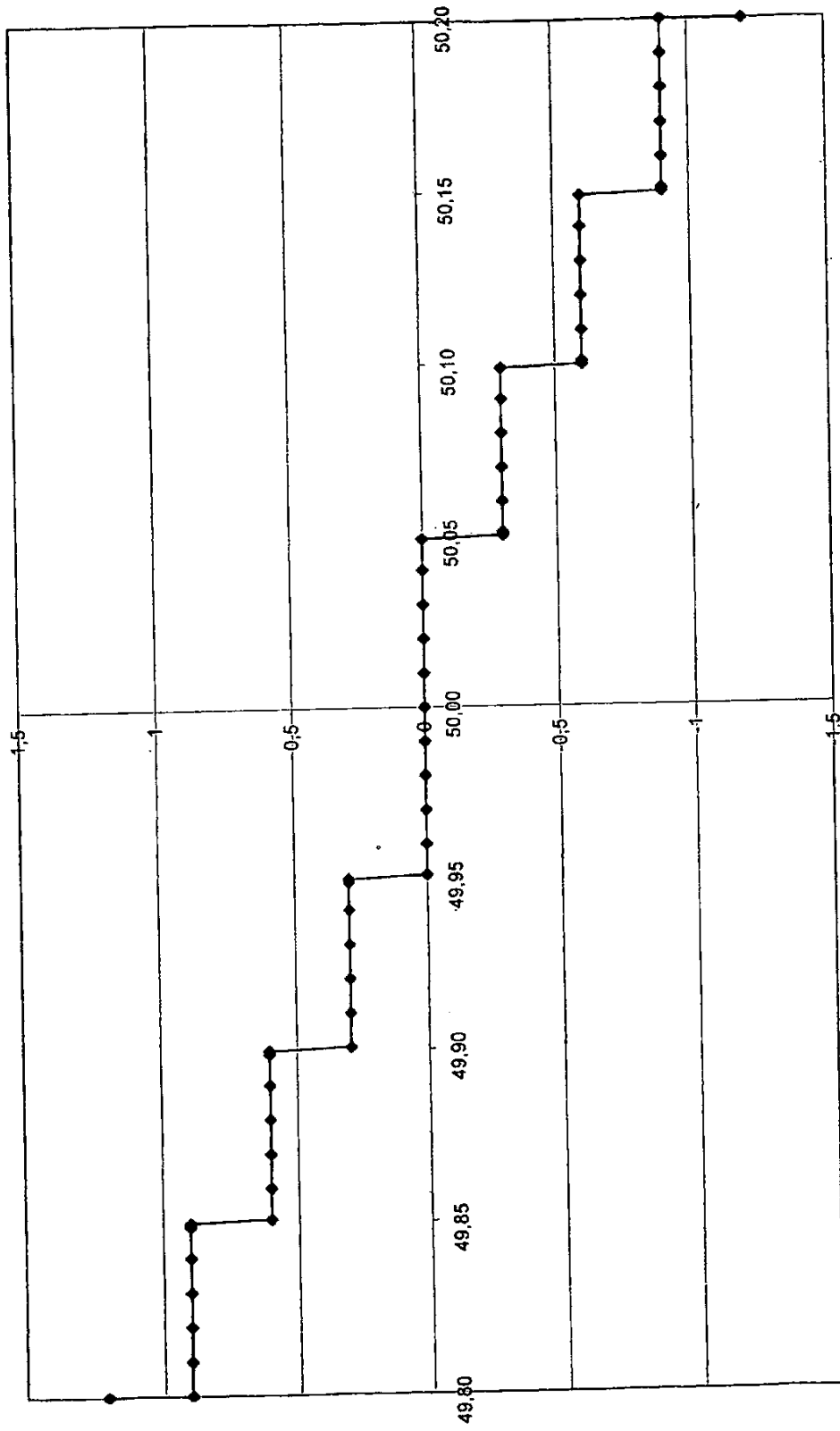


Fig. 3



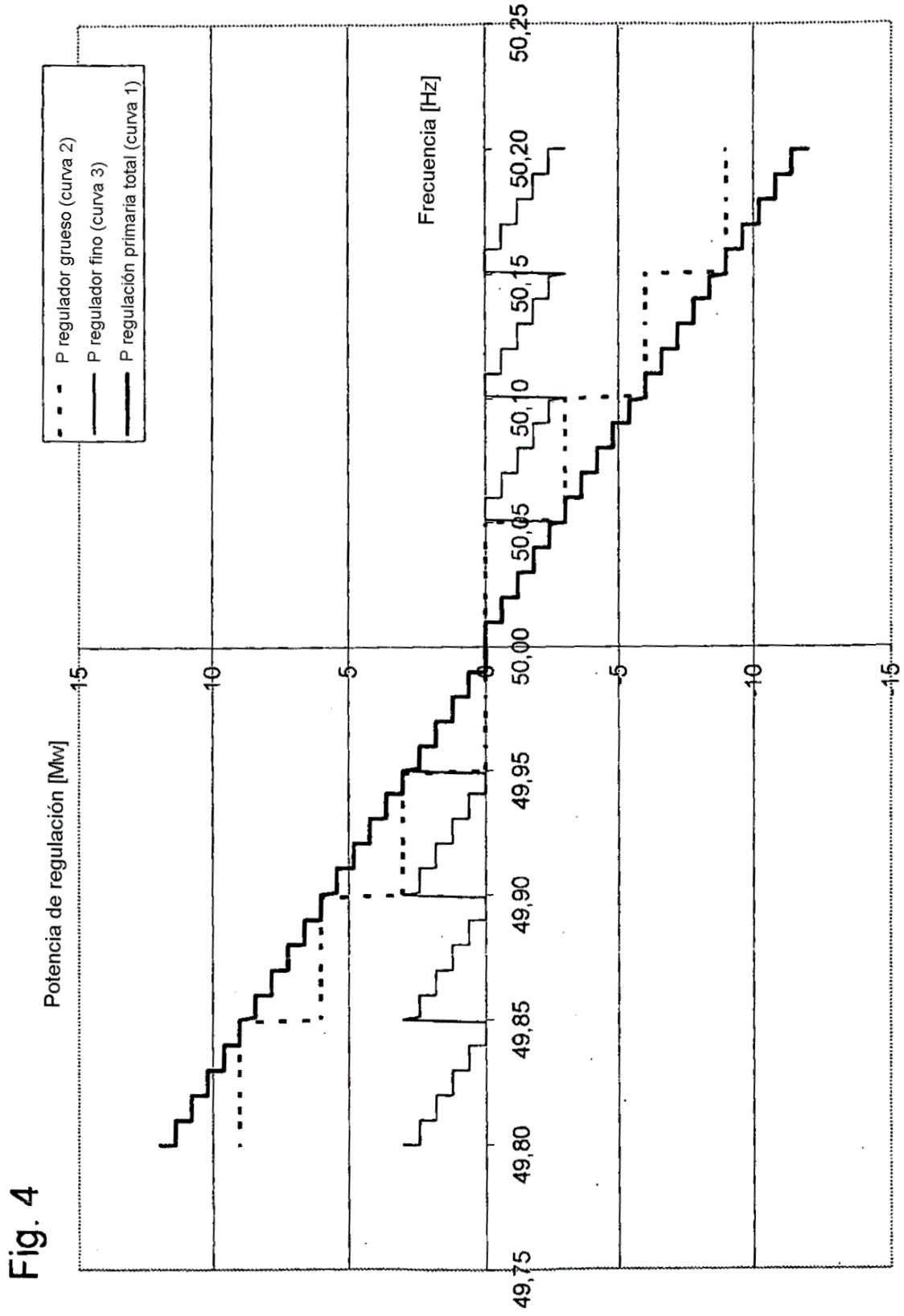


Fig 5

