

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 970 760**

51 Int. Cl.:

H02J 3/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.03.2012 PCT/EP2012/054591**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.09.2013 WO13135296**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.03.2012 E 12711378 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.11.2023 EP 2826120**

54 Título: **Método para gestionar el perfil de carga de una red eléctrica de baja o media tensión y sistema de control del mismo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.05.2024

73 Titular/es:
**ABB S.P.A. (100.0%)
Via Vittor Pisani 16
20124 Milano, IT**

72 Inventor/es:
**RAGAINI, ENRICO;
FIDIGATTI, ANTONIO;
SILVESTRO, FEDERICO;
MORINI, ANDREA y
DE DANIELI, ALESSANDRO**

74 Agente/Representante:
LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 970 760 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

Método para gestionar el perfil de carga de una red eléctrica de baja o media tensión y sistema de control del mismo

5 La presente invención se refiere a un método y a un sistema de control para gestionar el perfil de carga de una red eléctrica de baja o media tensión, por ejemplo, una red de distribución de energía eléctrica para edificios o plantas industriales, comerciales y residenciales.

10 Como es sabido, las grandes instalaciones eléctricas comprenden generalmente un gran número de cargas diferentes que, en su mayoría, funcionan de forma independiente unas de otras.

15 La experiencia ha demostrado que la falta de coordinación de la activación/desactivación de estas cargas eléctricas puede dar lugar a elevados picos de consumo de energía eléctrica, que pueden variar según la hora del día, el día de la semana, la semana del mes y el mes del año.

A modo de ejemplo, en un edificio residencial, se suelen alcanzar picos elevados de consumo de energía en los días más calurosos o más fríos del año.

20 El aumento incontrolado del consumo de energía puede conllevar el mal funcionamiento de la red eléctrica y/o la intervención de dispositivos de protección contra sobrecargas, con los posibles inconvenientes asociados para los usuarios.

25 Además, el aumento de la demanda de energía puede obligar a pagar cuantiosas penalizaciones al proveedor de energía eléctrica.

Los métodos actualmente disponibles para gestionar activamente el perfil de carga de las redes eléctricas extendidas no proporcionan rendimientos satisfactorios.

30 Por lo general, las soluciones disponibles se basan en el uso de esquemas de desconexión de carga predefinidos (por ejemplo, esquemas de apagones rotativos), que presentan una serie de desventajas.

35 En la mayoría de los casos, tales soluciones utilizan mediciones instantáneas de potencia como base para la desconexión de la carga, es decir, desconectan inmediatamente las cargas eléctricas cuando el consumo de energía supera un umbral fijado. Esto puede provocar desconexiones innecesarias de dichas cargas en caso de transitorios como, por ejemplo, el arranque de un motor.

El documento US5214640 divulga un ejemplo conocido de método para gestionar el perfil de carga de una red eléctrica.

40 En el mercado se sigue percibiendo, por tanto, la demanda de métodos y sistemas de control que sean capaces de proporcionar una gestión eficaz de la carga de redes eléctricas extendidas de baja o media tensión, que permitan mitigar los picos de demanda de energía eléctrica, evitar intervenciones de protección contra sobrecargas no deseadas y evitar la obligación de pagar penalizaciones por sobrecarga al proveedor de energía.

45 Para responder a esta necesidad, la presente invención proporciona un método para gestionar el perfil de carga de una red eléctrica de baja o media tensión, según la reivindicación 1 siguiente y las reivindicaciones dependientes relacionadas.

50 El método según la presente invención proporciona una gestión coordinada de la configuración de la red eléctrica con el fin de controlar el perfil de carga de esta última durante ventanas de tiempo predefinidas.

55 En particular, el método según la presente invención permite gestionar dinámicamente la conexión/desconexión de las cargas eléctricas de una red eléctrica con el fin de alcanzar un objetivo de consumo de energía óptimo (u objetivo de potencia media) durante un determinado periodo de tiempo.

El método según la invención adopta criterios de gestión de carga que pueden ser fácilmente sintonizados y adaptados en función de las condiciones operativas de la red eléctrica.

60 El método según la presente invención permite tener en cuenta la posible capacidad de la red eléctrica de generar energía eléctrica para alimentar algunas cargas eléctricas o ser suministrada a la fuente de energía eléctrica que normalmente alimenta la red eléctrica, por ejemplo, mediante medios alternativos de generación de energía eléctrica (centrales solares, centrales eólicas y similares).

65 De este modo, puede introducirse fácilmente un grado adicional de libertad en la gestión del perfil de carga de la red eléctrica.

En otro aspecto, la presente invención se refiere a un sistema de control para controlar el perfil de carga de una red

eléctrica de baja o media tensión, según la reivindicación 8 siguiente y las reivindicaciones dependientes relacionadas.

El sistema de control según la invención puede ser fácilmente puesto en práctica con arreglo a diversas arquitecturas de control. Esto permite una fácil instalación sobre el terreno, incluso en redes eléctricas ya operativas.

5 Otras características y ventajas de la presente invención resultarán más claramente de la descripción de realizaciones preferidas, aunque no exclusivas, del método y su sistema de control según la invención, ilustradas a título meramente ilustrativo, y no limitativo, en los dibujos adjuntos, en los que:

10 Las Figuras 1-6 son diagramas que ilustran esquemáticamente algunas arquitecturas de control del sistema de control según la invención;
Las Figuras 7-11 son diagramas que ilustran esquemáticamente algunas etapas del método según la invención.

15 Con referencia a las figuras mencionadas, en un primer aspecto, la presente invención se refiere a un método para gestionar el perfil de carga de una red eléctrica 10 de baja o media tensión.

En el marco de la presente invención, la expresión "baja tensión" se refiere a tensiones inferiores a 1 kV CA y 1,5 kV CC mientras que la expresión "media tensión" se refiere a tensiones inferiores a 72 kV CA y 100 kV CC.

20 Además, la expresión "perfil de carga" identifica las variaciones en el tiempo de la cantidad de energía eléctrica que es absorbida por una red eléctrica.

Preferiblemente, la red eléctrica 10 es una red eléctrica para edificios o plantas industriales, comerciales y residenciales relativamente grandes.

25 Preferiblemente, la red eléctrica 10 se caracteriza por un consumo medio de energía comprendido en el intervalo entre 0,5 MW y 1,5 MW.

30 La red eléctrica 10 es alimentada por una fuente de energía eléctrica 100, que puede ser la instalación de producción de energía eléctrica.

Realizaciones alternativas de la presente invención (no mostradas) pueden prever que la red eléctrica 10 sea alimentada simultáneamente por una pluralidad de fuentes de energía eléctrica.

35 La red eléctrica 10 comprende al menos una carga eléctrica, que puede conectarse/desconectarse a/de dicha fuente de energía eléctrica 100.

40 En el marco de la presente invención, la expresión "carga eléctrica" se refiere a cualquier dispositivo o grupo de dispositivos capaz de absorber energía eléctrica de la fuente de energía eléctrica 100.

La red eléctrica 10 comprende una pluralidad de cargas eléctricas L_1, \dots, L_K (donde K es un número entero mayor que 1) que pueden conectarse/desconectarse a/de la fuente de energía eléctrica 100.

45 Como se muestra en las figuras 1-5, las cargas eléctricas L_1, \dots, L_K pueden estar dispuestas en diferentes ramas, de acuerdo con una configuración multinivel.

Como se muestra en la figura 2, una o más ramas de la red eléctrica 10 pueden formar una carga eléctrica (véanse las cargas eléctricas L_{12}, L_{23}).

50 Obviamente, también toda la red eléctrica 10, vista desde los terminales de salida de la fuente de energía eléctrica 100, forma por sí misma una carga eléctrica.

55 Las cargas eléctricas L_1, \dots, L_K pueden disponerse conforme a configuraciones diferentes a la mostrada en las figuras 1-3, en función de las necesidades.

La red eléctrica 10 comprende al menos un dispositivo de conmutación controlable para conectar/desconectar dicha al menos una carga eléctrica a/de dicha fuente de energía eléctrica 100.

60 En el marco de la presente invención, la expresión "dispositivo de conmutación" se refiere a un disyuntor, un seccionador, un contactor u otro dispositivo similar.

La red eléctrica 10 comprende una pluralidad de dispositivos de conmutación controlables $B_{10}, B_{12}, B_{23}, B_1, \dots, B_K$ para conectar/desconectar las cargas eléctricas L_1, \dots, L_K a/de la fuente de energía eléctrica 100.

65 De manera ventajosa, como se muestra en las figuras 1-5, cada uno de los dispositivos de conmutación B_1, \dots, B_K está asociado de forma operativa con una carga eléctrica correspondiente L_1, \dots, L_K para conectar/desconectar esta última

a/de la fuente de energía eléctrica 100.

De manera ventajosa, el dispositivo de conmutación B_{12} está dispuesto para conectar/desconectar la carga eléctrica L_{12} formada por las ramas 10A, 10B de la red eléctrica 10 mientras que el dispositivo de conmutación B_{23} está dispuesto para conectar/desconectar la carga eléctrica L_{23} formada por la rama individual 10B.

El dispositivo de conmutación principal B_{10} está convenientemente dispuesto para conectar/desconectar toda la red eléctrica 10 a/de la fuente de energía eléctrica 100.

Los dispositivos de conmutación B_{10} , B_{12} , B_{23} , B_1 , ..., B_K pueden disponerse conforme a configuraciones diferentes a la mostrada en las figuras 1-3, en función de las necesidades.

Según algunas realizaciones de la presente invención, la red eléctrica puede comprender uno o más generadores eléctricos G_i, \dots, G_M .

En el marco de la presente invención, la expresión "generador eléctrico" se refiere a cualquier dispositivo o grupo de dispositivos capaz de proporcionar energía eléctrica a una serie de cargas eléctricas y/o a la fuente de energía eléctrica 100.

Los generadores eléctricos G_1, \dots, G_M pueden conectarse/desconectarse a/de la fuente de energía eléctrica 100.

A tal fin, dispositivos de conmutación adecuados pueden asociarse de forma operativa con los generadores eléctricos G_1, \dots, G_M (figura 6) para conectar/desconectar estos últimos a/de la fuente de energía eléctrica 100.

Como se muestra en la figura 6, los generadores eléctricos G_i, \dots, G_M pueden disponerse conforme a configuraciones multinivel. Otras configuraciones son posibles, en función de las necesidades.

El método según la invención prevé controlar el perfil de carga de la red eléctrica 10 a lo largo de ventanas de tiempo W_T de duración predefinida.

El método según la invención comprende así la etapa de medir una ventana de tiempo W_T a partir de un instante de referencia t_s .

De manera ventajosa, la ventana de tiempo W_T puede corresponder al periodo de facturación de energía (por ejemplo, 15 minutos) adoptado por el proveedor de energía eléctrica.

Obviamente, pueden emplearse ventanas de tiempo W_T de diferente duración, en función de las necesidades. El instante de referencia t_s , en el que comienza a medirse la ventana de tiempo W_T , se selecciona en función de las necesidades.

Preferiblemente, el instante de referencia t_s para una determinada ventana de tiempo W_T se selecciona de manera que coincida con el instante final t_e de la ventana de tiempo inmediatamente anterior.

Preferiblemente, el método según la invención comprende la etapa de sincronizar los instantes de referencia t_s con una señal de referencia que se recibe desde la fuente de energía eléctrica 100 de forma periódica, por ejemplo, una vez al día.

De acuerdo con la presente la presente invención, el método según la invención comprende una etapa determinar al menos un instante de comprobación t_c , que está comprendido en la ventana de tiempo W_T .

Preferiblemente, se determina una sucesión de instantes de comprobación t_c comprendidos en la ventana de tiempo W_T .

En cada instante de comprobación t_c , el método según la invención comprende la etapa de ejecutar un procedimiento de control del perfil de carga 90 para gestionar el perfil de carga de la red eléctrica 10.

El procedimiento de control 90 comprende una serie de etapas destinadas a sintonizar, en función del consumo de energía detectado o previsto en el instante de comprobación t_c , la configuración de la red eléctrica 10, de tal manera que el consumo global de energía de la red eléctrica 10 durante la ventana de tiempo W_T siga un perfil determinado que permita alcanzar un objetivo de consumo de energía predefinido establecido para dicha ventana de tiempo.

Dos instantes de comprobación t_c subsiguientes pueden estar separados por un periodo de unos pocos segundos (por ejemplo, 30 segundos) durante el cual se ejecuta el procedimiento de control 90 mencionado.

Pueden emplearse intervalos más largos o más cortos en función de las necesidades.

ES 2 970 760 T3

El procedimiento de control 90 se describe ahora en detalle (figuras 7-10).

El procedimiento de control 90 comprende la etapa obtener una primera información I_1 relativa al estado operativo de la red eléctrica 10 en el instante de comprobación t_c .

La primera información I_1 comprende al menos un primer conjunto de datos D_1 que comprende datos indicativos de un rango asignado a cada una de las cargas eléctricas de la red eléctrica 10 en el instante de comprobación t_c . Preferiblemente, el primer conjunto de datos D_1 se obtiene automáticamente de una tabla de prioridades, almacenada en una ubicación de memoria.

En dicha tabla de prioridades, cada carga eléctrica se enumera de acuerdo con su rango, que es un índice indicativo del orden que debe seguirse para desconectar las cargas de la red eléctrica 10 de la fuente de energía eléctrica 100.

Como ejemplo, se ordena que una carga con un rango $R=1$ se desconecte antes que una carga con un rango $R=2$, y así sucesivamente. El orden real de desconexión puede depender, además, de la disponibilidad de carga (a continuación, se describen más detalles).

El mismo índice (rango) puede ser indicativo del orden que debe seguirse para reconectar las cargas de la red eléctrica 10 que estaban previamente desconectadas de la fuente de energía eléctrica 100.

Obviamente, el orden real de reconexión de las cargas puede depender de su disponibilidad para la reconexión (a continuación, se describen más detalles).

La reconexión de dichas cargas eléctricas a la fuente de energía eléctrica 100 se produce en orden inverso con respecto al orden de desconexión.

Así, por ejemplo, se ordena que una carga con un rango $R=2$ se reconecte a la fuente de energía eléctrica 100 antes que una carga con un rango $R=1$, y así sucesivamente.

La tabla de prioridades mencionada puede ser de tipo estático o puede actualizarse dinámicamente de forma periódica, por ejemplo, una vez al día o al inicio de cada ventana de tiempo W_T .

En este último caso, el rango R de cada carga eléctrica puede variar de un instante de comprobación t_c a otro, durante la ventana de tiempo W_T .

De manera ventajosa, esta última solución permite tener en cuenta las posibles variaciones de las condiciones operativas de la red eléctrica 10.

La actualización de la tabla de prioridades puede realizarse basándose, por ejemplo, en datos actualizados recibidos de una interfaz hombre-máquina o de un dispositivo remoto.

La primera información I_1 comprende, además, un segundo conjunto de datos D_2 que comprende datos indicativos de un nivel de desconexión L_D asignado a la red eléctrica 10 en el instante de comprobación t_c .

El nivel de desconexión L_D de la red eléctrica 10 indica el valor del rango R hasta el cual las cargas de la red eléctrica 10 reciben la orden actual de desconectarse de la fuente de energía 100.

A modo de ejemplo, un nivel de desconexión $L_D=3$ de la red eléctrica 10 indica que todas las cargas (disponibles) con un rango $R \leq 3$ reciben la orden actual de desconexión de la fuente de energía 100.

De manera ventajosa, el procedimiento de control 90 prevé actualizar el nivel de desconexión L_D de la red eléctrica 10 en función del consumo de energía detectado o previsto de esta última. Así, el nivel de desconexión L_D de la red eléctrica 10 puede cambiar de un instante de comprobación t_c a otro durante la ventana de tiempo W_T .

La primera información I_1 comprende, además, un tercer conjunto de datos D_3 que comprende datos indicativos de un nivel máximo y un nivel mínimo de energía absorbida $E_{MÁX}$, $E_{MÍN}$ previstos para la red eléctrica 10 en el instante de comprobación t_c .

Los valores $E_{MÁX}$, $E_{MÍN}$ representan los niveles umbrales previstos para la energía absorbida por la red eléctrica 10 hasta el instante de comprobación t_c con el fin de mantener el consumo de energía de la red eléctrica 10 dentro de un intervalo que permita seguir un perfil de carga ideal calculado para alcanzar un objetivo de consumo ideal durante la ventana de tiempo W_T (figura 7).

Como se desprende de la figura 7, los niveles de energía absorbida $E_{MÁX}$, $E_{MÍN}$ normalmente varían de un instante de comprobación t_c a otro durante cada ventana de tiempo W_T .

Tales variaciones pueden expresarse como curvas o funciones (véanse las curvas R1, R2 de las figuras 7-9) del tiempo transcurrido y otros parámetros (por ejemplo, funciones polinómicas u otro tipo de funciones matemáticas). Estas funciones pueden utilizar coeficientes que pueden depender de otros parámetros tales como la temperatura, la hora/el día, el coste energético, etc.

5 De manera ventajosa, el mencionado conjunto de datos D_3 puede obtenerse automáticamente de una ubicación de memoria, donde puede haberse almacenado una sucesión de niveles de energía absorbida predefinidos $E_{MÁX}$, E_{MIN} en relación con los correspondientes instantes de comprobación t_c de la ventana de tiempo W_T . De lo contrario, el mencionado conjunto de datos D_3 puede calcularse en función del tiempo, los parámetros y las ecuaciones predefinidas. Otras realizaciones de la presente invención pueden prever que el tercer conjunto de datos D_3 se obtenga de una interfaz hombre-máquina o de un dispositivo remoto.

10 Preferiblemente, la primera información I_1 comprende un quinto conjunto de datos D_5 que comprende datos indicativos de la disponibilidad de las cargas de la red eléctrica 10 para ser conectadas/desconectadas a/de la fuente de energía eléctrica 100 en el instante de comprobación t_c .

20 El quinto conjunto de datos D_5 comprende valores lógicos asignados a las cargas de la red eléctrica 10. Cada valor lógico indica si la carga eléctrica correspondiente está disponible para ser conectada/desconectada a/de la fuente de energía eléctrica 100.

Una carga de la red eléctrica 10 puede ser considerada como "no disponible" porque aún no haya transcurrido un tiempo mínimo desde la última conexión/desconexión a/de la fuente de energía eléctrica 100, porque se encuentre en estado inactivo, porque esté afectada por un mal funcionamiento o porque se trate de una carga sobre la que no es posible intervenir.

25 De manera ventajosa, el quinto conjunto de datos D_5 se almacena en una ubicación de memoria y se obtiene automáticamente de esta última.

30 Preferiblemente, el procedimiento de control 90 comprende una etapa de actualizar dicho quinto conjunto de datos D_5 , si se ordena que una o más cargas eléctricas se conecten/desconecten a/de dicha fuente de energía eléctrica 100.

35 Por ejemplo, tan pronto como el procedimiento de control del perfil de carga 90 ordena conectar/desconectar una carga eléctrica, dicha carga eléctrica se marca como "no disponible" para intervenciones posteriores. Por otro lado, si ha transcurrido un determinado período de tiempo desde el instante en que ha estado en funcionamiento, la misma carga eléctrica se marca como "disponible" para intervenciones posteriores.

El quinto conjunto de datos D_5 puede actualizarse también en caso de que una o más cargas de la red eléctrica 10 estén en funcionamiento por otros motivos, por ejemplo, tras un disparo de protección.

40 El quinto conjunto de datos D_5 puede actualizarse automáticamente o ser actualizado por un usuario mediante una interfaz hombre-máquina.

45 Si la red eléctrica 10 comprende uno o más generadores eléctricos, la primera información I_1 comprende preferiblemente un sexto conjunto de datos D_6 que comprende datos indicativos del rango R asignado a cada uno de dichos generadores eléctricos en el instante de comprobación t_c .

La mencionada tabla de prioridades almacenada puede así comprender también los generadores eléctricos de la red eléctrica 10 que se enumeran según el rango asignado.

50 En este caso, el orden que debe seguirse para ordenar la conexión de cada generador eléctrico es el inverso al que se sigue para la desconexión de cargas eléctricas de la red eléctrica 10.

55 Como ejemplo, se ordena conectar un generador eléctrico con un rango $R=1$ después de un generador con un rango $R=2$, y así sucesivamente. El orden real de conexión puede depender de su disponibilidad para conectarse (a continuación, se describen más detalles).

De nuevo, el mismo índice puede ser indicativo del orden que debe seguirse para ordenar la desconexión de los generadores eléctricos que estaban previamente conectados a la fuente de energía eléctrica 100.

60 Obviamente, la desconexión de los generadores eléctricos se ordena en orden inverso a su conexión. El orden real de desconexión puede depender de su disponibilidad para ser desconectados (a continuación, se describen más detalles).

65 Así, por ejemplo, se ordena que se desconecte un generador con un rango $R=2$ después de un generador con un rango $R=1$, y así sucesivamente.

- Si la red eléctrica 10 comprende uno o más generadores eléctricos, la primera información I_1 preferiblemente comprende también un séptimo conjunto de datos D_7 que comprende datos indicativos de la disponibilidad de dichos generadores eléctricos para ser conectados/desconectados a/de la fuente de energía eléctrica 100 en el instante de comprobación t_c .
- 5 El séptimo conjunto de datos D_7 comprende valores lógicos, cada uno de los cuales es asignado a un generador eléctrico de la red eléctrica 10.
- Cada valor lógico indica si el generador eléctrico correspondiente está disponible para ser conectado/desconectado a/de la fuente de energía eléctrica 100, basándose en sus condiciones operativas reales.
- 10 Preferiblemente, el procedimiento de control 90 comprende la etapa de actualizar el séptimo conjunto de datos D_7 si se ordena que uno o más generadores eléctricos se conecten/desconecten a/de la fuente de energía eléctrica 100.
- 15 Por ejemplo, tan pronto como se ordena la conexión/desconexión de un generador eléctrico, dicho generador eléctrico se marca como "no disponible" para intervenciones posteriores.
- Por otro lado, si ha transcurrido un determinado periodo de tiempo desde el instante en que ha estado en funcionamiento, el mismo generador eléctrico se marca como "disponible" para intervenciones posteriores.
- 20 En cuanto al quinto conjunto de datos D_5 , el séptimo conjunto de datos D_7 puede actualizarse en caso de que uno o más generadores de la red eléctrica 10 estén en funcionamiento para otros fines.
- Además, el séptimo conjunto de datos D_7 puede actualizarse automáticamente o ser directamente actualizado por un usuario mediante una interfaz hombre-máquina.
- 25 El procedimiento de control 90 comprende, además, la etapa de obtener una segunda información I_2 respectivamente relativa al consumo de energía eléctrica de la red eléctrica 10 en el instante de comprobación t_c .
- 30 De manera ventajosa, la segunda información I_2 comprende un cuarto conjunto de datos D_4 que comprende datos indicativos de la energía eléctrica E_A que ha sido absorbida por la red eléctrica 10 durante la ventana de tiempo W_T hasta el instante de comprobación t_c .
- El cuarto conjunto de datos D_4 puede comprender los datos medidos por un contador de energía 50 asociado de forma operativa a la fuente de energía 100.
- 35 De manera ventajosa, si dos o más fuentes de energía eléctrica están presentes, el cuarto conjunto de datos D_4 comprende los datos medidos y obtenidos de cada uno de los contadores de energía asociados de forma operativa a dichas fuentes de energía eléctrica.
- 40 El cuarto conjunto de datos D_4 también puede ser proporcionado por el dispositivo de conmutación principal B_{10} de la red eléctrica 10.
- En este caso, la absorción de energía de la red eléctrica 10 puede medirse directamente mediante una unidad de control/protección T_{10} del dispositivo de conmutación B_{10} .
- 45 Según una realización alternativa de la presente invención, el cuarto conjunto de datos D_4 puede comprender los datos proporcionados por un algoritmo de predicción que se ejecuta en el instante de comprobación t_c . Otras realizaciones de la presente invención pueden prever que el conjunto de datos D_4 comprenda tanto datos calculados obtenidos mediante dicho algoritmo de predicción como datos medidos obtenidos del contador de energía 50 o del dispositivo de conmutación principal B_{10} .
- 50 En este caso, los datos obtenidos mediante dicho algoritmo de predicción se utilizan, de manera ventajosa, para integrar los datos medidos directamente sobre el terreno.
- 55 Después de haber ejecutado las etapas de cargar las informaciones primera y segunda I_1 , I_2 , el procedimiento de control 90 prevé el adecuado procesamiento de los datos así obtenidos (figura 10). El procedimiento de control 90 comprende la etapa de actualizar el segundo conjunto de datos D_2 si la energía E_A absorbida por la red eléctrica 10 no está comprendida dentro de los niveles de energía máximo y mínimo $E_{MÁX}$, $E_{MÍN}$.
- 60 La etapa de actualización del segundo conjunto de datos D_2 comprende la etapa de incrementar el nivel de desconexión L_D asignado a la red eléctrica 10 si la energía E_A absorbida por la red eléctrica 10 es superior al nivel máximo de energía $E_{MÁX}$ (figura 9).
- 65 La etapa de actualización del segundo conjunto de datos D_2 comprende también la etapa disminuir el nivel de desconexión L_D asignado a la red eléctrica 10 si la energía E_A absorbida por la red eléctrica 10 es inferior al nivel

mínimo de energía E_{MIN} (figura 8).

Si la energía E_A absorbida por la red eléctrica 10 está comprendida en el intervalo de energía previsto [$E_{\text{MÁX}}$, $E_{\text{MÍN}}$], el procedimiento de control no contempla la actualización del conjunto de datos D_2 obtenidos, en particular, del nivel de desconexión L_D de la red eléctrica 10 (figura 7).

En este punto, el procedimiento de control 90 prevé modificar la configuración (y, por consiguiente, el perfil de carga) de la red eléctrica 10 en función del nivel de desconexión L_D (actualizado o sin modificar) en ese momento asignado a la misma (figura 10).

El procedimiento de control 90 comprende así la etapa de ordenar la desconexión de la fuente de energía eléctrica 100 de las cargas eléctricas disponibles para la desconexión y que tienen asignado un rango R inferior o igual al nivel de desconexión L_D en ese momento asignado a la red eléctrica 10.

El procedimiento de control 90 comprende, además, la etapa de ordenar la conexión a la fuente de energía eléctrica 100 de las cargas eléctricas disponibles para la conexión y que tienen asignado un rango R superior al nivel de desconexión L_D en ese momento asignado a la red eléctrica 10.

El procedimiento de control 90 prevé gestionar la conexión/desconexión a/de la fuente de energía eléctrica 100 de dos o más cargas eléctricas de la red eléctrica 10 con el mismo rango R de forma cronológica.

Si dos o más cargas eléctricas con el mismo rango R necesitan ser desconectadas de la fuente de energía eléctrica 100, la desconexión de dichas cargas se ordena basándose en el tiempo de conexión durante el cual dichas cargas eléctricas han permanecido conectadas a la fuente de energía eléctrica 100.

En particular, la desconexión de dichas cargas eléctricas se ordena comenzando por la carga con mayor tiempo de conexión hasta la carga con menor tiempo de conexión.

Si dos o más cargas eléctricas con el mismo rango R necesitan ser reconectadas a la fuente de energía eléctrica 100, la conexión de dichas cargas se ordena basándose en el tiempo de desconexión durante el cual dichas cargas eléctricas han permanecido desconectadas de la fuente de energía eléctrica 100.

En particular, la conexión de dichas cargas eléctricas se ordena comenzando por la carga con mayor tiempo de desconexión hasta la carga con menor tiempo de desconexión.

El procedimiento de control 90 comprende la etapa de conectar las cargas previamente desconectadas de la red eléctrica 10 que han permanecido desconectadas de la fuente de energía 100 durante un periodo de tiempo de desconexión superior a un valor umbral máximo. Esta intervención se efectúa con independencia del rango R de estas cargas eléctricas.

Una solución de este tipo es muy ventajosa, ya que evita el llamado fenómeno de "carga subalimentada", es decir, el hecho de que las cargas eléctricas permanezcan desconectadas durante demasiado tiempo o de que no reciban la potencia media necesaria para realizar su función.

Si la red eléctrica 10 comprende uno o más generadores eléctricos, el procedimiento de control 90 prevé ordenar la conexión/desconexión de estos últimos en función de condiciones de intervención simétricas con respecto a las que acaban de describirse anteriormente en relación con las cargas de la red eléctrica 10.

El procedimiento de control 90 comprende así, preferiblemente, la etapa de ordenar la desconexión de la fuente de energía eléctrica 100 de los generadores eléctricos disponibles para la desconexión y que tienen asignado un rango R superior al nivel de desconexión L_D en ese momento asignado a la red eléctrica 10.

Preferiblemente, el procedimiento de control 90 comprende, además, la etapa de ordenar la conexión a la fuente de energía eléctrica 100 de los generadores eléctricos disponibles para la conexión y que tienen asignado un rango R superior o igual al nivel de desconexión L_D en ese momento asignado a la red eléctrica 10.

En cuanto a las cargas eléctricas, el procedimiento de control 90 prevé, preferiblemente, gestionar la conexión/desconexión a/de la fuente de energía eléctrica 100 de dos o más generadores eléctricos de la red eléctrica 10 con el mismo rango R de forma cronológica.

Como se ha mencionado anteriormente, las etapas del procedimiento de control 90 descrito se ejecutan en cada instante de comprobación t_c de la ventana de tiempo W_T .

El método según la invención permite así gestionar activamente la configuración de la red eléctrica 10 durante toda la duración de la ventana de tiempo W_T .

De este modo, durante cada ventana de tiempo W_T , es posible variar la configuración de la red eléctrica 10 para

alcanzar el objetivo de consumo de energía ideal establecido para dicha ventana de tiempo.

Una vez transcurrida la ventana de tiempo W_T (instante t_E), el método según la invención prevé determinar un nuevo instante de referencia t_S y repetir el ciclo de etapas descrito para gestionar el perfil de carga de la red eléctrica 10 en relación con una nueva ventana de tiempo W_T que se mide a partir de dicho nuevo instante de referencia T_S .

También en este caso, el perfil de carga de la red eléctrica 10 se gestiona con el objetivo de alcanzar un nuevo objetivo de consumo de energía establecido para dicha nueva ventana de tiempo.

El método según la invención permite así mantener continuamente bajo control el perfil de carga de la red eléctrica 10.

En otro aspecto, la presente invención se refiere a un sistema de control 1 para implementar el método según la invención.

El sistema de control 1 puede disponerse con arreglo a diversas arquitecturas de control.

Según una realización de la presente invención (figuras 2-3), el sistema de control 1 se dispone con arreglo a una arquitectura de control centralizada.

En este caso, el sistema de control 1 comprende un controlador maestro 1M provisto de medios informatizados para ejecutar el método según la invención.

En el marco de la presente invención, la expresión "medios informatizados" se refiere a programas de software, módulos, rutinas y/o instrucciones almacenados o cargados y ejecutados por uno o más dispositivos de procesamiento, tales como, por ejemplo, microcontroladores u otros dispositivos de procesamiento digital.

De manera ventajosa, el controlador maestro 1M y los dispositivos de conmutación B_{10} , B_{12} , B_{23} , B_1, \dots , B_K asociados de forma operativa a las cargas L_{10} , L_{12} , L_{23} , L_1, \dots , L_K están conectados eléctricamente.

El controlador maestro 1M está configurado para enviar señales de mando C_{10} , C_{12} , C_{23} , C_1, \dots , C_K a los medios de accionamiento (por ejemplo, bobinas de accionamiento o motores) de los dispositivos de conmutación B_{10} , B_{12} , B_{23} , B_1, \dots , B_K , para ordenar la conexión/desconexión de las cargas L_{10} , L_{12} , L_{23} , L_1, \dots , L_K (y/o posibles generadores) a/de la fuente de energía eléctrica 100 (figura 2).

El controlador maestro 1M puede ser un dispositivo autónomo, estar integrado en el dispositivo de conmutación principal B_{10} de la red eléctrica 10 o estar constituido por la unidad de control/protección T_{10} del dispositivo de conmutación principal B_{10} .

Como alternativa (figura 3), el controlador maestro 1M está dispuesto para poder comunicarse con las unidades de control/protección T_{10} , T_{12} , T_{23} , T_1, \dots , T_K de los dispositivos de conmutación B_{10} , B_{12} , B_{23} , B_1, \dots , B_K mediante un bus de comunicación.

En este caso, las señales de mando C_{10} , C_{12} , C_{23} , C_1, \dots , C_K se envían a las unidades de control/protección T_{10} , T_{12} , T_{23} , T_1, \dots , T_K de los dispositivos de conmutación B_{10} , B_{12} , B_{23} , B_1, \dots , B_K , que, a su vez, activan los medios de accionamiento de dichos dispositivos de conmutación B_{10} , B_{12} , B_{23} , B_1, \dots , B_K , para conectar/desconectar las cargas L_{10} , L_{12} , L_{23} , L_1, \dots , L_K (y/o posibles generadores) a/de la fuente de energía eléctrica 100.

Según otras realizaciones de la presente invención (figuras 4-5), el sistema de control 1 comprende un controlador principal M_A y uno o más controladores secundarios M_B , M_C .

Cada uno de los controladores M_A , M_B , M_C está configurado para ordenar la conexión/desconexión a/de la fuente de energía eléctrica 100 de un grupo predefinido de cargas (y/o posibles generadores) de la red eléctrica 10.

Como ejemplo, los controladores M_B , M_C pueden estar respectivamente configurados para controlar las cargas eléctricas (y/o posibles generadores) de las ramas 10A, 10B de la red eléctrica 10 mientras que el controlador M_A puede estar configurado para controlar una o más cargas (y/o posibles generadores) del nivel raíz de la red eléctrica 10.

Cada uno de los controladores M_A , M_B , M_C puede ser un dispositivo autónomo, estar integrado en un dispositivo de conmutación de la red eléctrica 10 o estar formado por la unidad de control/protección de un dispositivo de conmutación de la red eléctrica 10.

Los controladores M_A , M_B , M_C pueden estar conectados con los dispositivos de conmutación asociados de forma operativa a las cargas (y/o posibles generadores) bajo su control directo o ser capaces de comunicarse a través de un bus de comunicación con las unidades de control/protección de los dispositivos de conmutación asociados de forma

operativa a las cargas (y/o posibles generadores) bajo su control directo.

Preferiblemente, los controladores M_A , M_B , M_C son capaces de comunicarse entre sí mediante un bus de comunicación.

5 Según una realización de la presente invención (figura 4), el sistema de control 1 está dispuesto con arreglo a una arquitectura de control multinivel.

En este caso, solo el controlador principal M_A está provisto de medios informatizados para ejecutar las etapas del método según la invención.

10 El controlador principal M_A está configurado para generar señales de mando destinadas a ordenar la conexión/desconexión a/de la fuente de energía eléctrica 100 de las cargas (y/o posibles generadores) bajo su control directo.

15 Para ordenar la conexión/desconexión de las cargas eléctricas (y/o posibles generadores) bajo el control de los controladores M_B , M_C , el controlador principal M_A proporciona a los controladores M_B , M_C una señal S_1 indicativa del nivel de desconexión L_D asignado a la red eléctrica 10.

20 Basándose en las señales S_1 , los controladores M_B , M_C generan señales de mando destinadas a ordenar la conexión/desconexión de las cargas eléctricas (y/o posibles generadores) bajo su control directo.

Según otra realización de la presente invención (figura 5), el sistema de control 1 está dispuesto con arreglo a una arquitectura de control distribuida.

25 En este caso, cada uno de los controladores M_A , M_B , M_C está provisto de medios informatizados para ejecutar las etapas del método según la invención.

30 Cada uno de los controladores M_A , M_B , M_C está configurado para generar señales de mando destinadas a ordenar la conexión/desconexión a/de la fuente de energía eléctrica 100 de las cargas (y/o posibles generadores) bajo su control directo.

35 Para permitir que los controladores M_B , M_C ejecuten de forma independiente las etapas del método según la invención, el controlador principal M_A proporciona a los controladores M_B , M_C señales S_2 indicativas de la primera y segunda información I_1 , I_2 que debe obtenerse en cada instante de comprobación t_c en relación con la parte de la red eléctrica 10 bajo su control directo. Preferiblemente, los controladores secundarios M_B , M_C están sincronizados con el controlador principal M_A . De manera ventajosa, el controlador principal M_A proporciona también a los controladores M_B , M_C señales de sincronización S_3 .

40 Posibles realizaciones de la presente invención pueden contemplar que cada uno de los controladores secundarios M_B , M_C siga su propia temporización mientras mide la ventana de tiempo W_T y determina los instantes de comprobación t_c .

45 El sistema de control 1 puede implementarse con arreglo a arquitecturas de control diferentes de las descritas anteriormente. Tales posibles variantes se consideran dentro de las competencias del experto en la materia.

El método y el sistema de control según la presente invención han demostrado ser realmente eficaces para gestionar el perfil de carga de una red eléctrica.

50 El método y el sistema de control según la presente invención resultan muy eficaces para reducir la probabilidad de picos de demanda de energía.

55 El método y el sistema de control según la invención permiten controlar el perfil de carga de una red eléctrica teniendo en cuenta las condiciones operativas reales de la propia red eléctrica, en particular de sus cargas eléctricas (y/o generadores).

El perfil de carga de una red eléctrica puede controlarse de acuerdo con curvas de carga que pueden sintonizarse o programarse fácilmente para tener en cuenta el tiempo de funcionamiento en ese momento (por ejemplo, la hora del día) de la red eléctrica, los costes energéticos, la disponibilidad de fuentes de energía menos costosas, y similares.

60 El método y el sistema de control según la invención ofrecen, por tanto, más flexibilidad a los transitorios de potencia en comparación con los métodos que emplean la energía o corriente instantáneas como base para la desconexión.

65 El sistema de control según la invención puede adoptar diversas arquitecturas de control en función de las necesidades, por ejemplo, arquitecturas de control centralizadas, multinivel o distribuidas.

De manera ventajosa, el sistema de control según la invención puede ser puesto en práctica utilizando los recursos

de hardware/software ya presentes en la red eléctrica.

5 Así, el sistema de control según la invención comprende, preferiblemente, una o más unidades de control/protección operativas, asociadas a uno o más dispositivos de conmutación de la red eléctrica o montadas de forma integrada en dichos dispositivos de conmutación.

10 El sistema de control según la invención puede adoptar sistemas de comunicación de uso común, en particular buses de comunicación maestro-esclavo o *peer-to-peer* dispuestos entre las unidades de control/protección de los dispositivos de conmutación de la red eléctrica, por ejemplo, protocolos de comunicación como MODBUS o protocolos según IEC61850.

El método y el sistema de control según la invención están así particularmente adaptados para ser empleados en redes de distribución de energía digitalizadas (redes eléctricas inteligentes).

15 El método y el sistema de control según la invención relativamente fáciles y rentables de realizar a escala industrial y pueden ponerse en práctica sobre el terreno.

REIVINDICACIONES

1. Un método (1) para gestionar el perfil de carga de una red eléctrica (10) de baja o media tensión, estando dicha red eléctrica alimentada por al menos una fuente de energía eléctrica (100) y comprendiendo una o más cargas eléctricas (L₁₀, L₁₂, L₂₃, L₁, ..., L_K), que pueden conectarse/desconectarse a/de dicha fuente de energía eléctrica, y uno o más dispositivos de conmutación controlables (B₁₀, B₁₂, B₂₃, B₁, ..., B_K) para conectar/desconectar dichas cargas eléctricas a/de dicha fuente de energía eléctrica, en donde dicho método comprende las etapas de:
- medir una ventana de tiempo (W_T) a partir de un instante de referencia (t_s);
 - determinar al menos un instante de comprobación (t_c) comprendido en dicha ventana de tiempo (W_T);
- en donde dicho método comprende la etapa de ejecutar un procedimiento de control del perfil de carga (90) en dicho instante de comprobación, comprendiendo dicho procedimiento de control las etapas de:
- obtener una primera información (I₁) relativa al estado operativo de dicha red eléctrica (10), comprendiendo dicha primera información un primer conjunto de datos (D₁) que comprende datos indicativos de un rango (R) asignado a cada una de dichas cargas eléctricas en dicho instante de comprobación (t_c), un segundo conjunto de datos (D₂) que comprende datos indicativos de un nivel de desconexión (L_D) asignado a dicha red eléctrica en dicho instante de comprobación (t_c), indicando dicho nivel de desconexión el valor de dicho rango (R), hasta el cual las cargas de dicha red eléctrica reciben la orden de desconectarse de dicha fuente de energía 100, un tercer conjunto de datos (D₃) que comprende datos indicativos de un nivel máximo y un nivel mínimo de energía absorbida (E_{MÁX}, E_{MÍN}) previstos para dicha red eléctrica en dicho instante de comprobación (t_c);
 - obtener una segunda información (I₂) relativa al consumo de energía eléctrica de dicha red eléctrica (10), comprendiendo dicha segunda información un cuarto conjunto de datos (D₄) que comprende datos indicativos de la energía (E_A) que ha sido absorbida por dicha red eléctrica hasta dicho instante de comprobación (t_c);
 - actualizar dicho segundo conjunto de datos (D₂), si la energía absorbida por dicha red eléctrica no está comprendida dentro de dichos niveles de energía máximo y mínimo, comprendiendo la actualización de dicho segundo conjunto de datos (D₂):
 - incrementar el nivel de desconexión (L_D) asignado a dicha red eléctrica (10) si la energía absorbida por dicha red eléctrica es superior a dicho nivel máximo de energía (E_{MÁX});
 - disminuir el nivel de desconexión (L_D) asignado a dicha red eléctrica (10) si la energía absorbida por dicha red eléctrica es inferior a dicho nivel mínimo de energía (E_{MÍN}); - ordenar la desconexión de dicha fuente de energía eléctrica de las cargas eléctricas disponibles para la desconexión y que tienen asignado un rango (R) inferior o igual al nivel de desconexión asignado a dicha red eléctrica;
- en donde la desconexión de dicha fuente de energía eléctrica (100) de cargas eléctricas con el mismo rango (R) se ordena en función del tiempo de conexión durante el cual dichas cargas eléctricas han permanecido conectadas a dicha fuente de energía eléctrica, ordenándose la desconexión de dichas cargas eléctricas comenzando por la carga con mayor tiempo de conexión hasta la carga con menor tiempo de conexión;
- ordenar la conexión a dicha fuente de energía eléctrica de las cargas eléctricas previamente desconectadas disponibles para la conexión y que tienen asignado un rango (R) superior al nivel de desconexión asignado a dicha red eléctrica;
- en donde la conexión a dicha fuente de energía eléctrica (100) de cargas eléctricas previamente desconectadas con el mismo rango (R) se ordena en función del tiempo de desconexión durante el cual dichas cargas eléctricas han permanecido desconectadas de dicha fuente de energía eléctrica, ordenándose la conexión de dichas cargas eléctricas previamente desconectadas comenzando por la carga con mayor tiempo de desconexión hasta la carga con menor tiempo de desconexión;
- ordenar la conexión a dicha fuente de energía eléctrica (100) de las cargas eléctricas previamente desconectadas que han permanecido desconectadas de dicha fuente de energía eléctrica durante un periodo de tiempo predeterminado superior a un valor umbral máximo, con independencia del rango (R) asignado a dichas cargas eléctricas previamente desconectadas.
2. El método según la reivindicación 1, **caracterizado por que** dicha primera información (I₁) comprende un quinto conjunto de datos (D₅) que comprende datos indicativos de la disponibilidad de dichas cargas eléctricas para ser conectadas/desconectadas a/de dicha fuente de energía eléctrica en dicho instante de comprobación (t_c).
3. El método según la reivindicación 2, **caracterizado por que** dicho procedimiento de control (90) comprende la etapa de actualizar dicho quinto conjunto de datos (D₅) si se ordena que una o más cargas eléctricas se conecten/desconecten a/de dicha fuente de energía eléctrica (100).
4. El método según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** dicha red eléctrica (10) comprende uno o más generadores eléctricos (G₁, ..., G_M), que pueden conectarse/desconectarse a/de dicha fuente de energía eléctrica, comprendiendo dicha primera información un sexto conjunto de datos (D₆) que comprende datos indicativos de un rango (R) asignado a cada uno de dichos generadores eléctricos en dicho instante de comprobación

(tc), comprendiendo dicho procedimiento de control (90) las etapas de:

- 5 - ordenar la desconexión de dicha fuente de energía eléctrica (100) de los generadores eléctricos disponibles para la desconexión y que tienen asignado un rango (R) superior al nivel de desconexión asignado a dicha red eléctrica (10);
- 5 - ordenar la conexión a dicha fuente de energía eléctrica (100) de los generadores eléctricos previamente desconectados disponibles para la conexión y que tienen asignado un rango (R) igual o inferior al nivel de desconexión asignado a dicha red eléctrica (10).
- 10 5. El método según la reivindicación 4, **caracterizado por que** dicha primera información (I₁) comprende un séptimo conjunto de datos (D₇) que comprende datos indicativos de la disponibilidad de dichos generadores eléctricos para ser conectados/desconectados a/de dicha fuente de energía eléctrica (100) en dicho instante de comprobación (tc).
- 15 6. El método según la reivindicación 5, **caracterizado por que** dicho procedimiento de control (90) comprende la etapa de actualizar dicho séptimo conjunto de datos (D₇) si uno o más generadores eléctricos están conectados/desconectados a/de dicha fuente de energía eléctrica.
- 20 7. El método según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** dicha segunda información (I₂) se obtiene de un contador de energía (50) asociado de forma operativa a dicha fuente de energía eléctrica (100).
- 20 8. Un sistema de control (1) para implementar el método según una o más de las reivindicaciones anteriores.
- 25 9. El sistema de control según la reivindicación 8, **caracterizado por que** comprende una o más unidades de control/protección (T₁₀, T₁₂, T₂₃, T₁,..., T_K) asociadas de forma operativa o montadas de forma integrada en uno o más dispositivos de conmutación de la red eléctrica.
- 25 10. Una red eléctrica (10) que comprende el sistema de control (1) según una o más de las reivindicaciones 8 a 9.

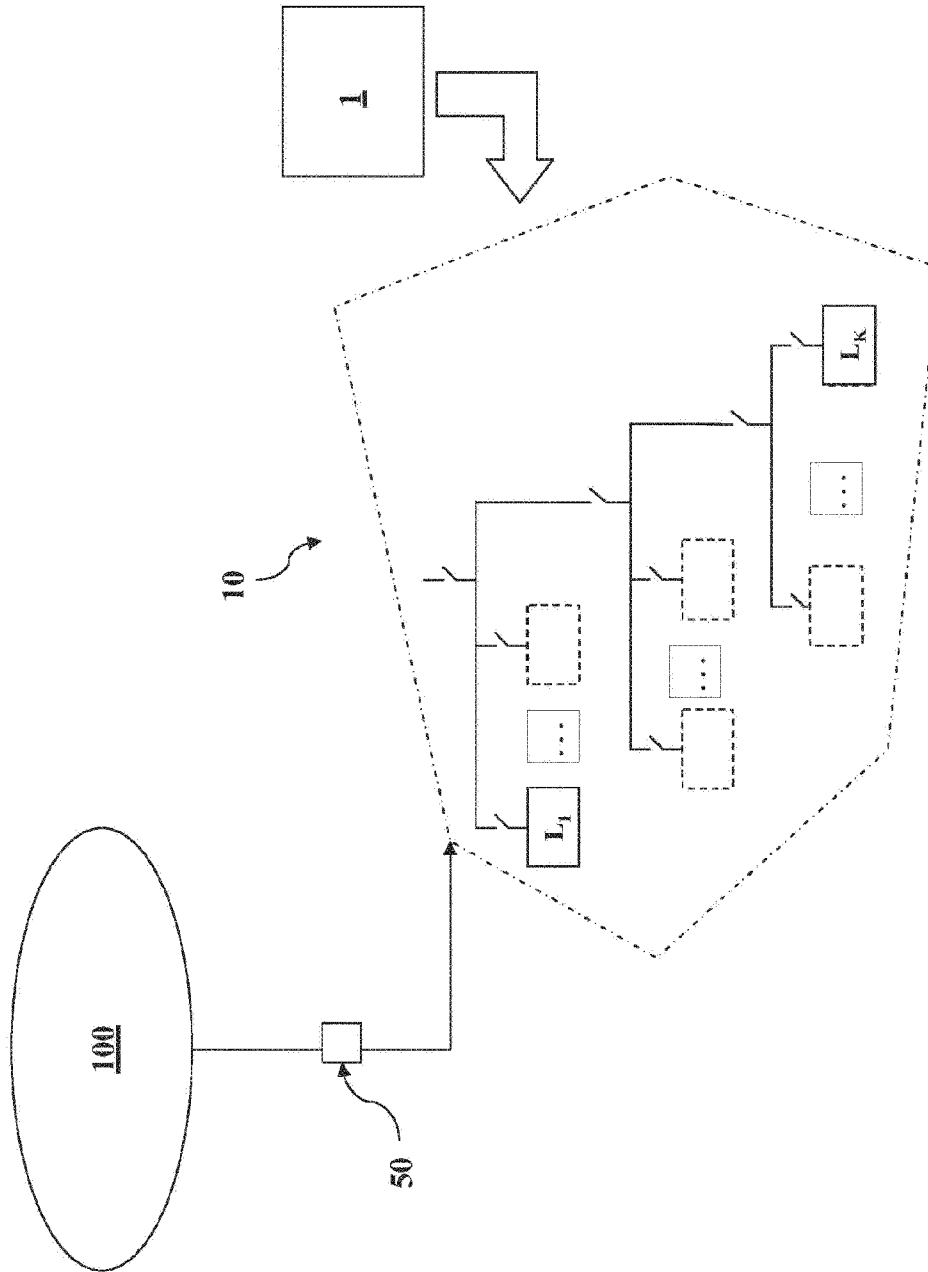


FIG. 1

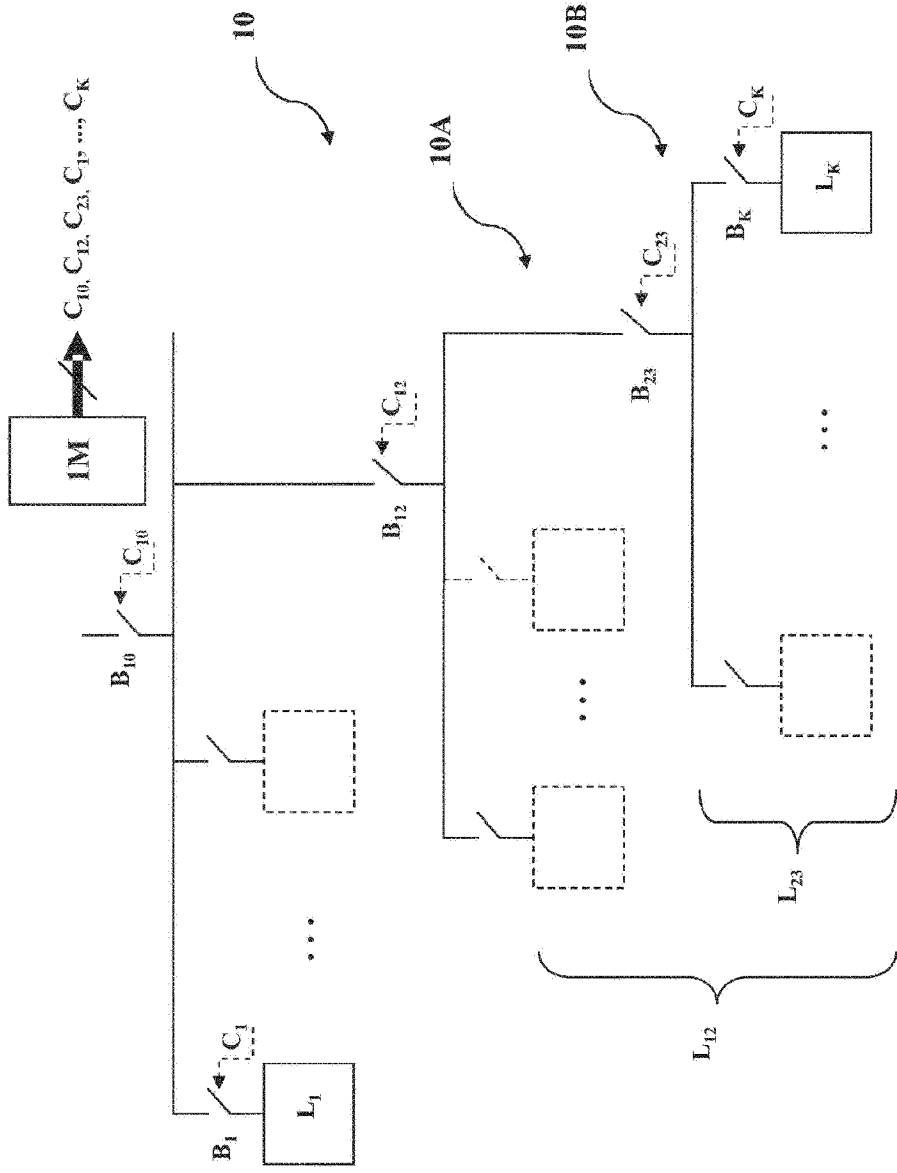


FIG. 2

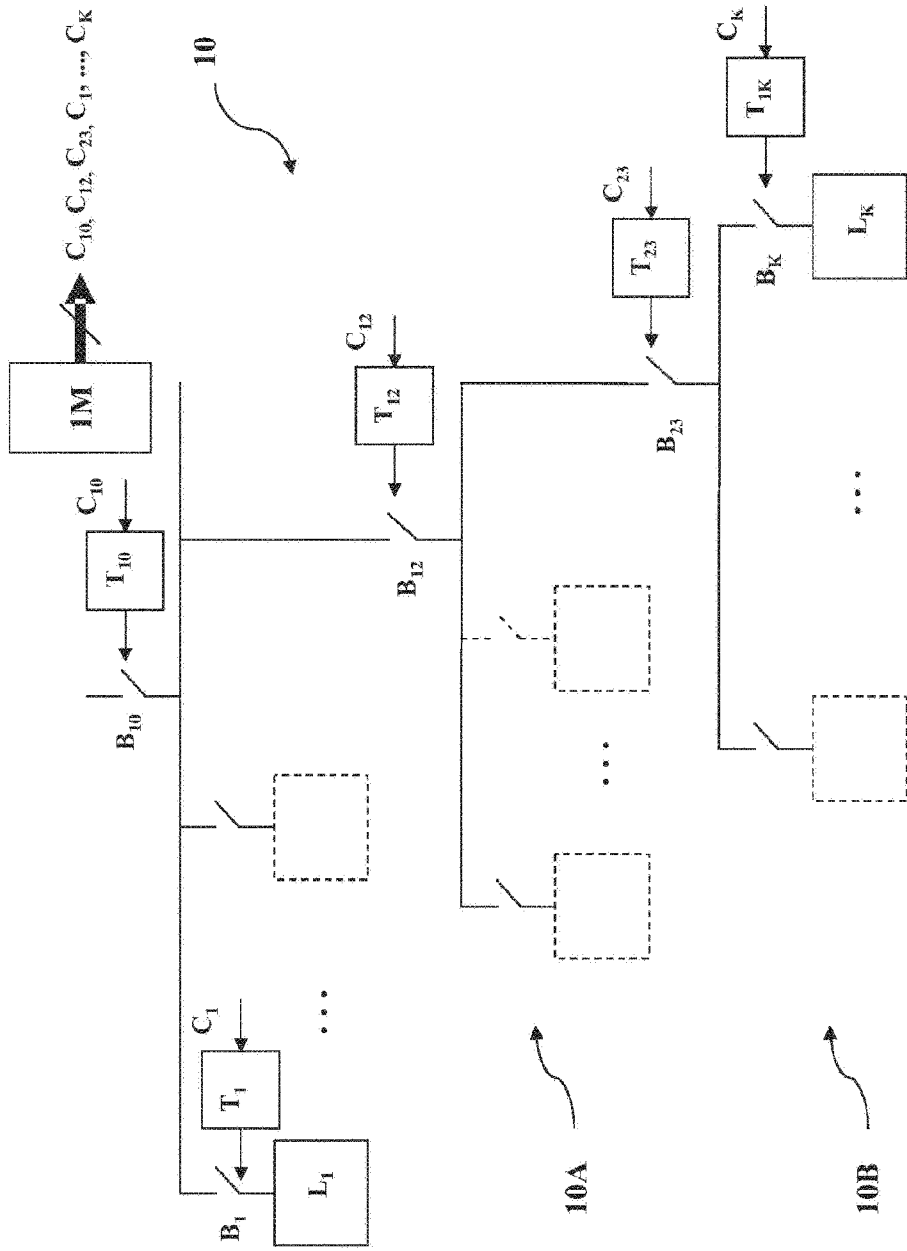


FIG. 3

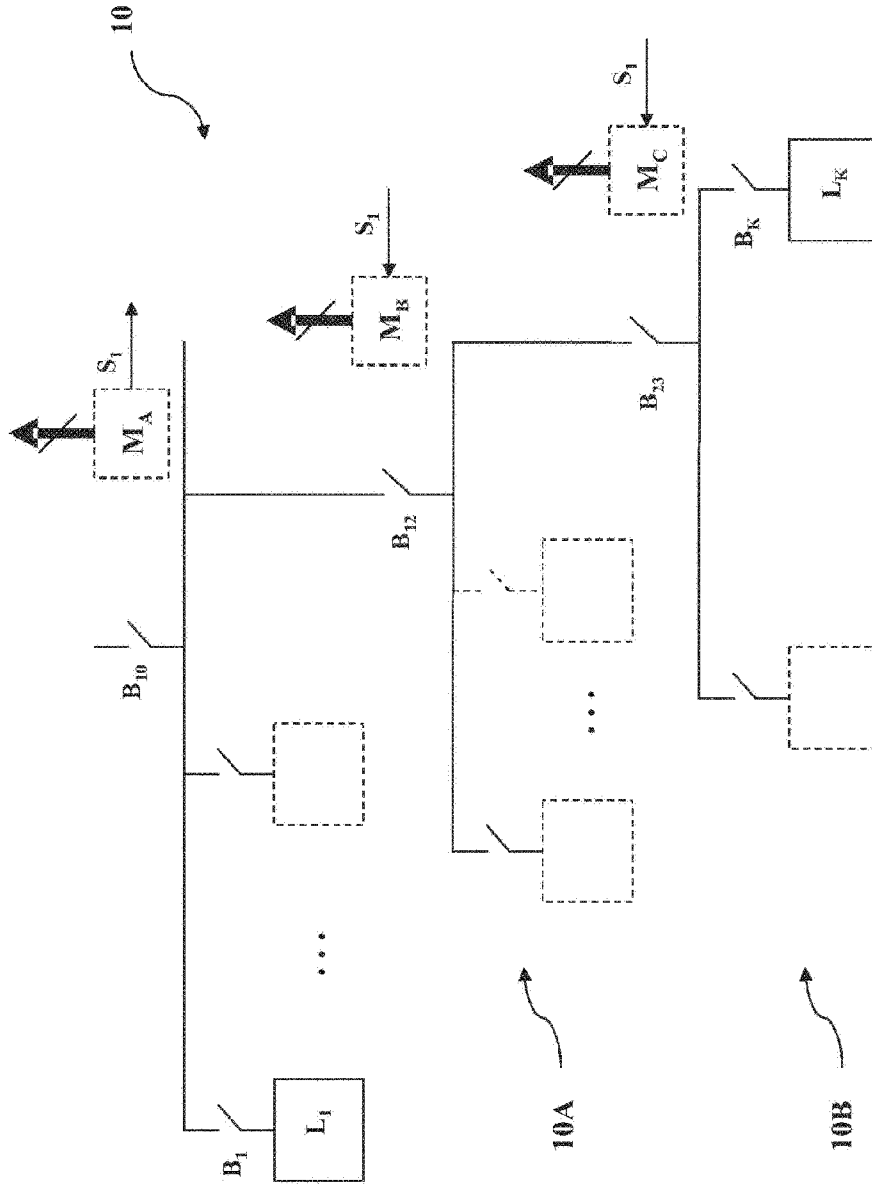


FIG. 4

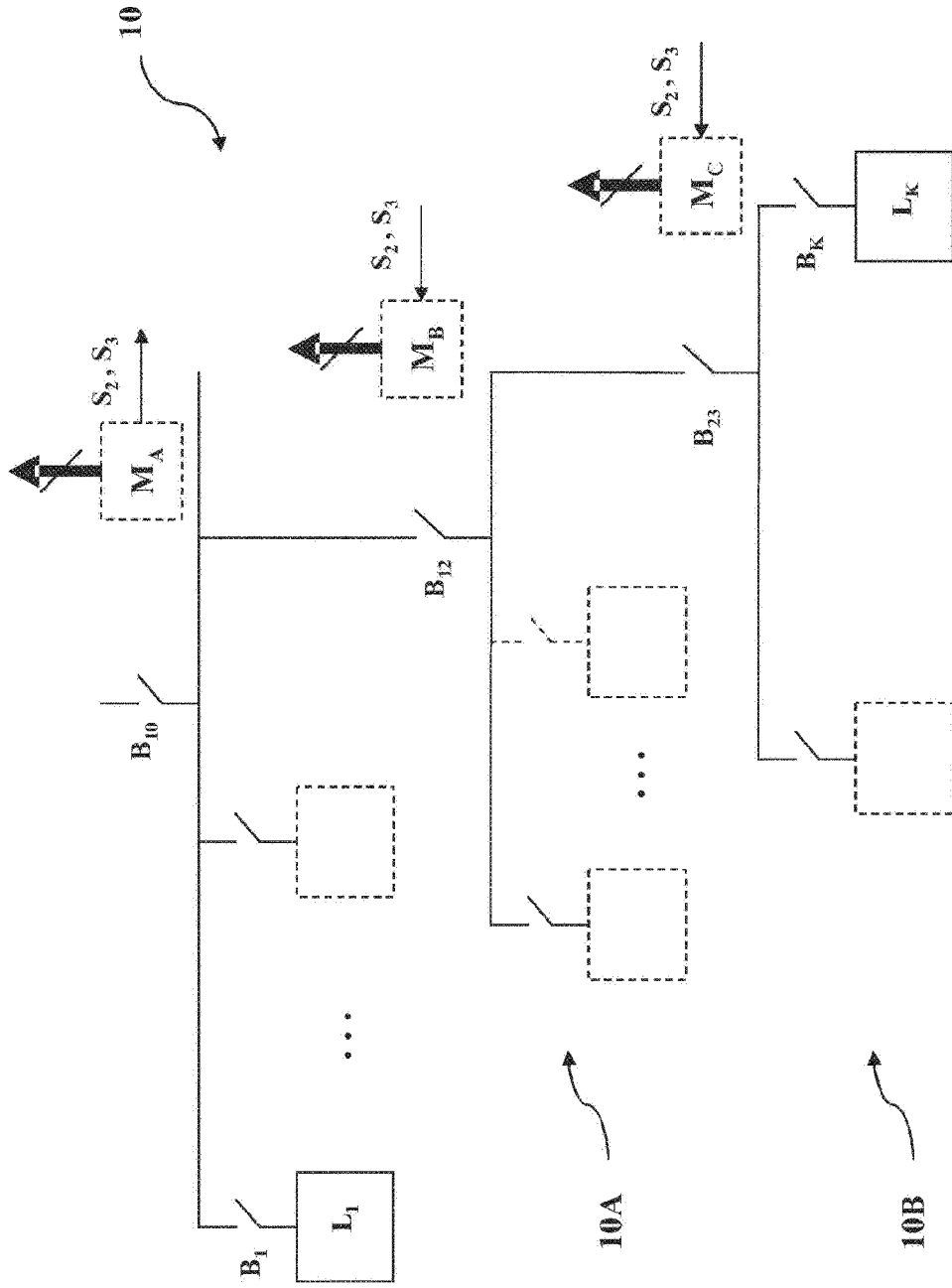


FIG. 5

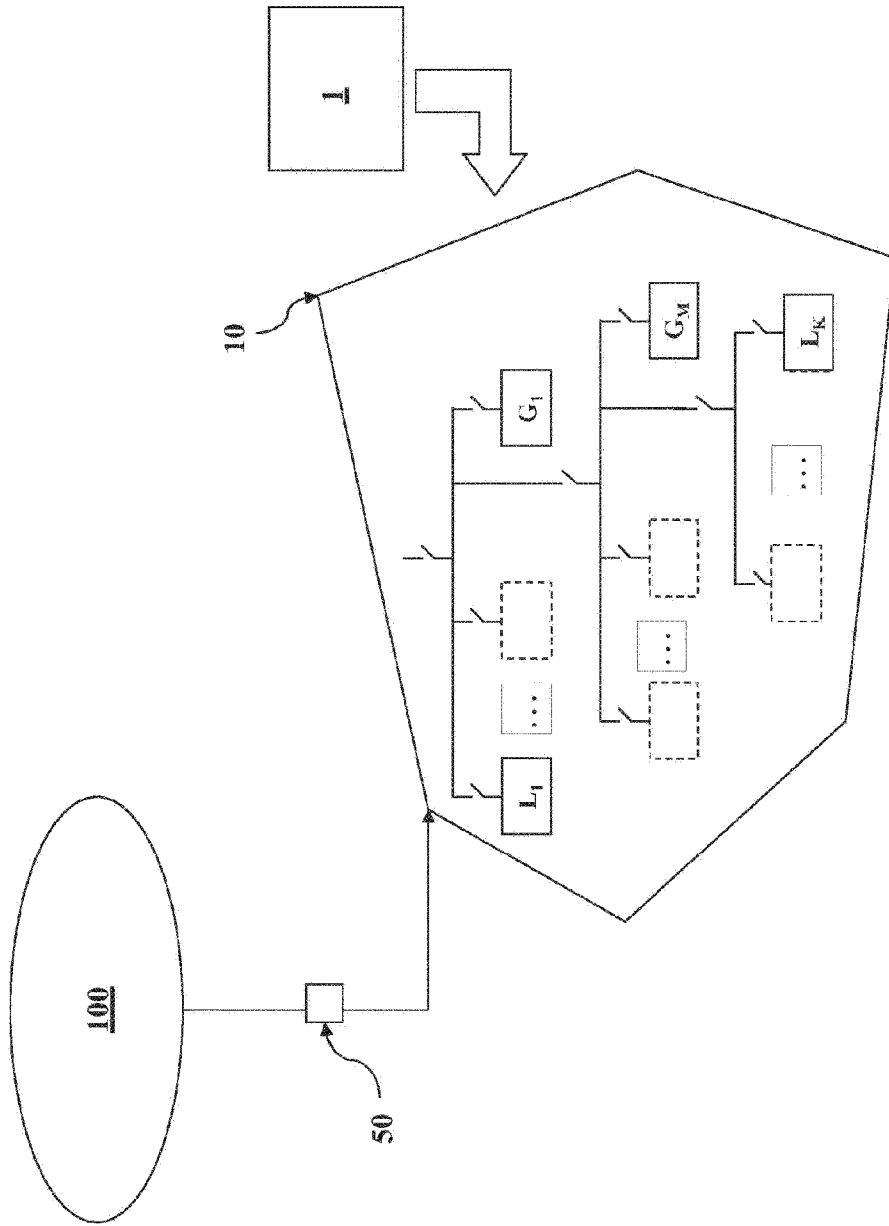


FIG. 6

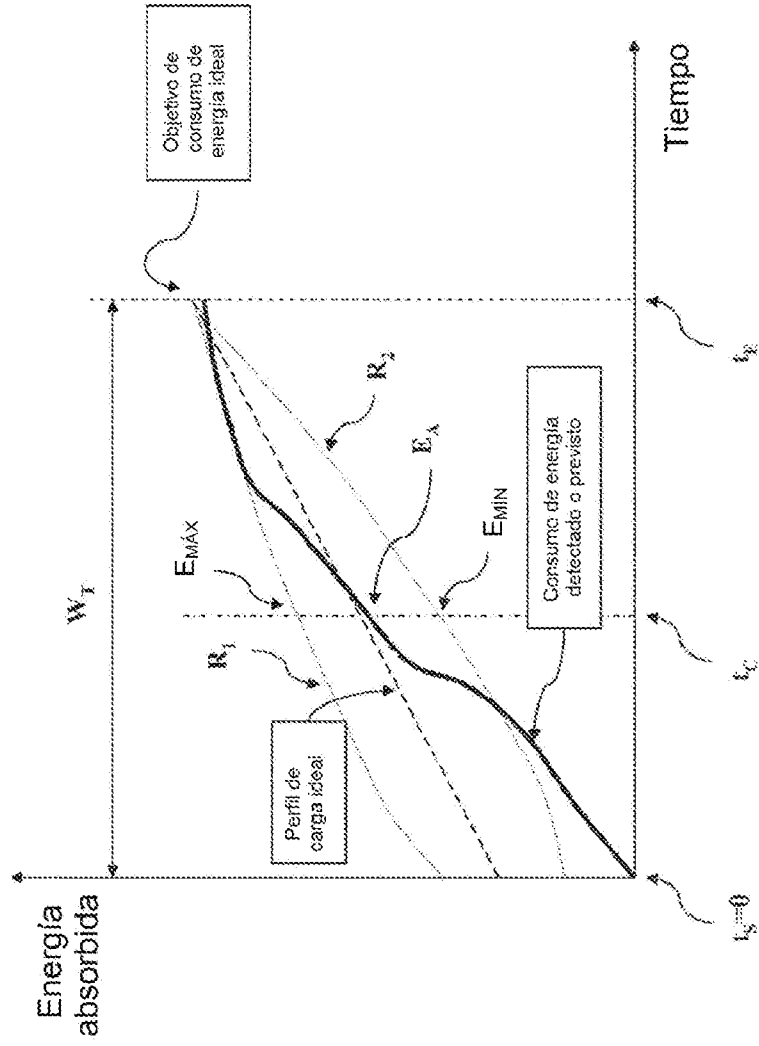


FIG. 7

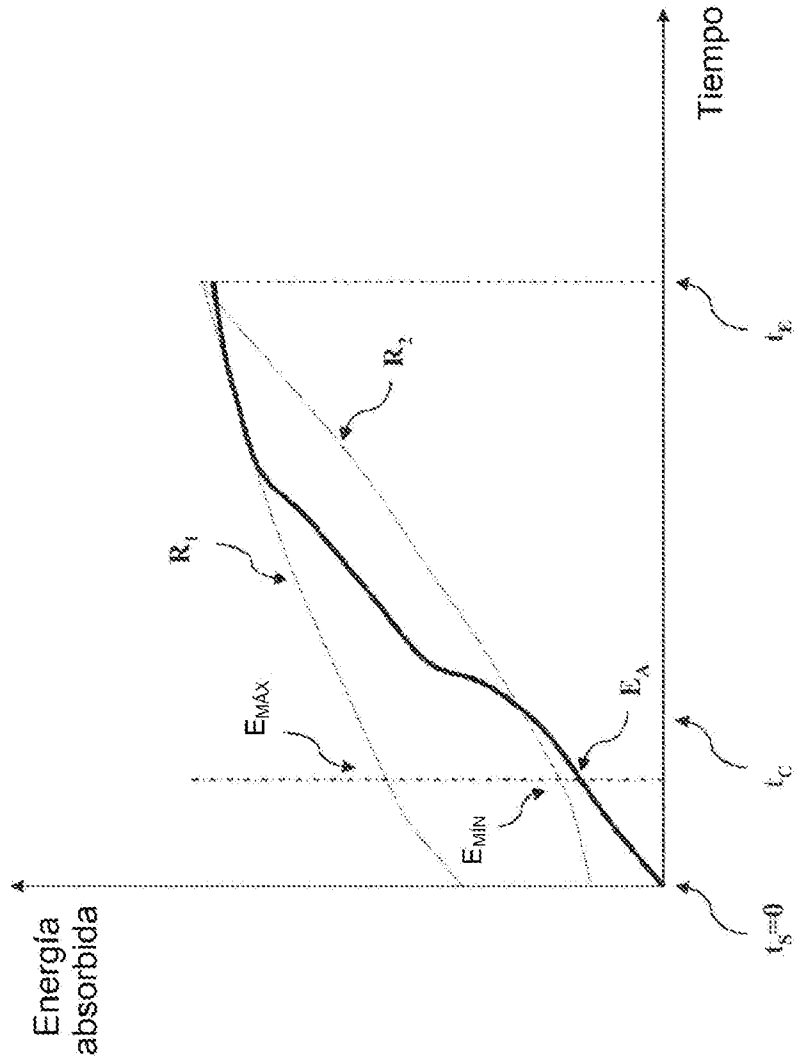


FIG. 8

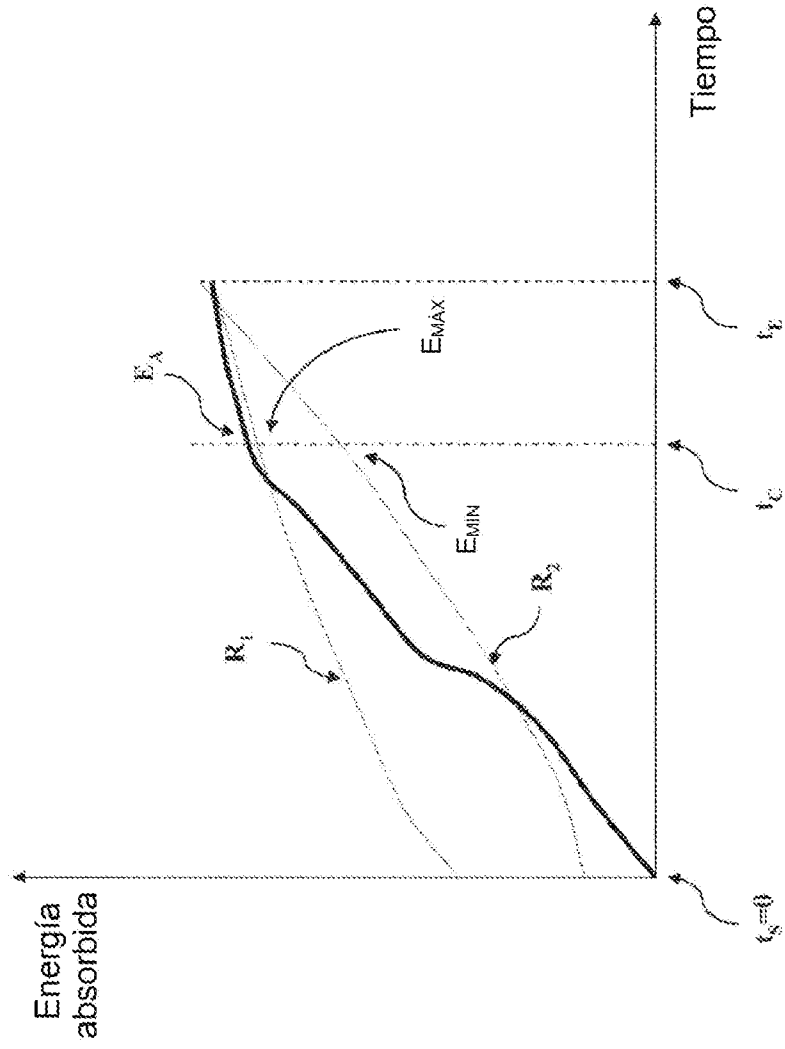


FIG. 9

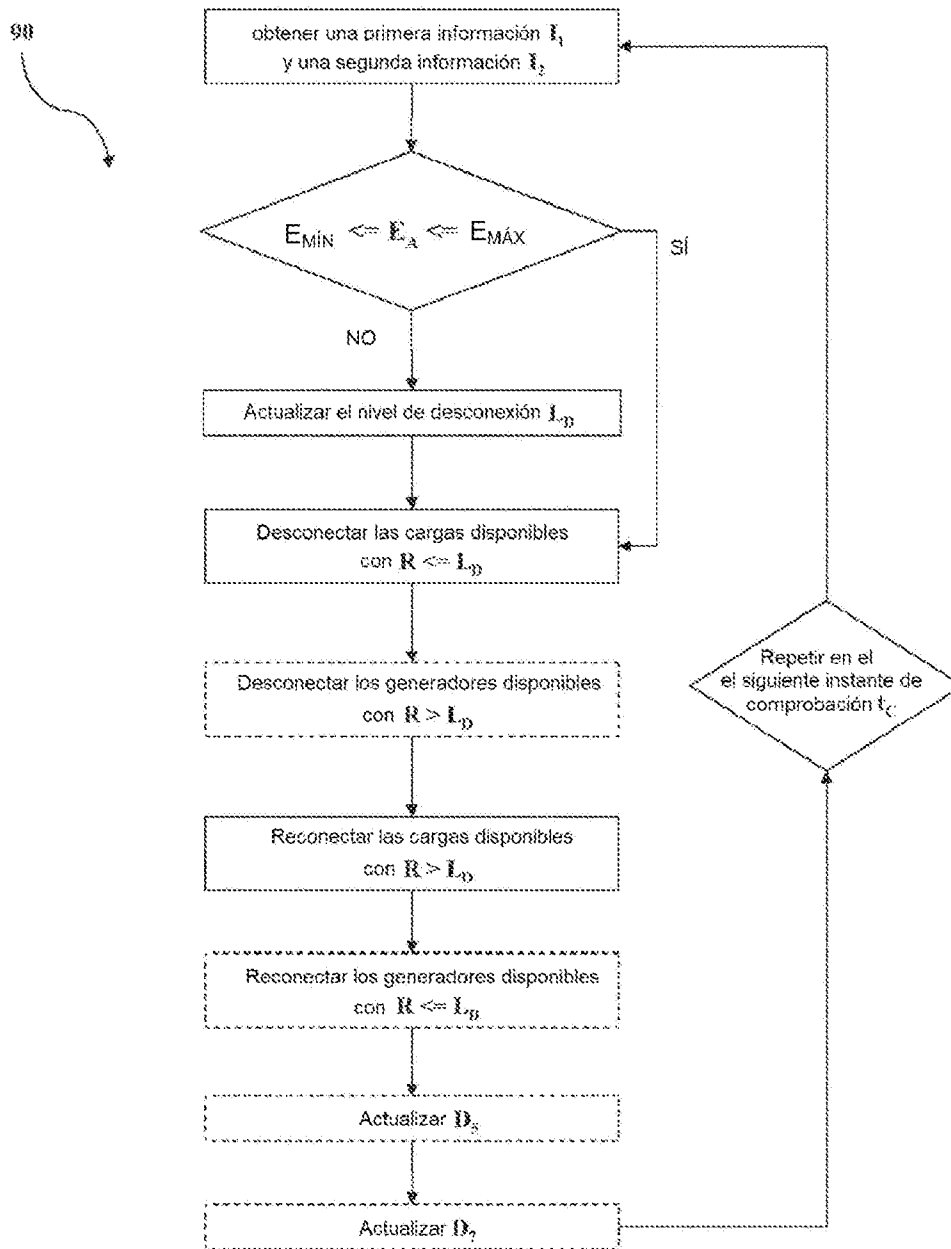


FIG. 10

| | |
|----------------------|--|
| CONJUNTO DE DATOS | |
| D₁ | Datos indicativos del rango asignado a cada carga eléctrica |
| D₂ | Datos indicativos del nivel de desconexión asignado a la red eléctrica |
| D₃ | Datos indicativos del nivel máximo y mínimo de energía eléctrica absorbida |
| D₅ | Datos indicativos de la disponibilidad de las cargas eléctricas para ser conectadas/desconectadas |
| D₆ | Datos indicativos del rango asignado a cada generador eléctrico |
| D₇ | Datos indicativos de la disponibilidad de los generadores eléctricos para ser conectados/desconectados |

I₁

| | |
|----------------------|---|
| CONJUNTO DE DATOS | |
| D₄ | Datos indicativos de la energía eléctrica realmente absorbida |

I₂

FIG. 11