

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 777 873**

51 Int. Cl.:

H02J 3/14 (2006.01)

G06Q 50/06 (2012.01)

G06Q 10/06 (2012.01)

H02J 3/38 (2006.01)

H02J 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.07.2018 E 18185556 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.01.2020 EP 3454142**

54 Título: **Procedimiento de vigilancia y de control de una red eléctrica**

30 Prioridad:

12.09.2017 FR 1758419

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

06.08.2020

73 Titular/es:

**SCHNEIDER ELECTRIC INDUSTRIES SAS
(100.0%)**

**35, rue Joseph Monier
92500 Rueil-Malmaison, FR**

72 Inventor/es:

**VINOT, BENOÎT;
GAST, NICOLAS;
CADOUX, FLORENT y
HELIOT, RODOLPHE**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 777 873 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 vigilancia y de control de una red eléctrica

Campo técnico de la invención

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de vigilancia y de control de una red eléctrica que comprende al menos una subestación de transformación entre una subred de media tensión y una subred de baja tensión.

La invención se refiere igualmente al sistema de vigilancia y de control que permite implementar dicho procedimiento.

Estado de la técnica

10 Existen hoy en día muchas soluciones que permiten vigilar y controlar una red eléctrica, en particular para asegurar la una cierta flexibilidad. Hoy en día, se trata de hecho de tener en cuenta además del consumo eléctrico de cada entidad de la red eléctrica, sino también de la producción eléctrica posible de diferentes entidades de la Red (a través de paneles solares por ejemplo) y de restricciones físicas de la Red (de tipo sobretensión, subtensión, sobreintensidad...). Según estas restricciones, de hecho será a veces necesario actuar sobre la producción y/o el consumo de una o varias entidades de la red.

15 Tradicionalmente, para realizar dicho control de una red eléctrica, un centro de control se basa por ejemplo en el plano de la red eléctrica y utiliza métodos de tipo "load flow" o de tipo "optimal power flow" que permiten determinar flujos de potencia en las diferentes ramas de la red eléctrica para posiblemente actuar sobre las entidades de la red.

20 Sin embargo, el plano de la red no está siempre disponible o puede ser erróneo, llevando por tanto forzosamente a errores de control. Además, las soluciones anteriores no están siempre adaptadas a todas las situaciones de funcionamiento encontradas. Pueden por tanto actuar sobre la red de manera inadaptada, incluso contraproduktiva. Ejemplos concretos serán presentados en particular al final de la descripción.

El documento titulado "Efficient Computation of Sensitivity Coefficients of Node Voltages and Line Currents in Unbalanced Radial Electrical Distribution Networks" - Konstantina Christakou, Jean-Yves Le Boudec, Mario Paolone, Dan-Cristian Tomozei", describe un principio de control de red optimizada, basado en la creación de matrices de influencia para cada punto de funcionamiento, a partir de un plano de la red.

25 Esta solución anterior resulta sin embargo poco fiable, debido al hecho de que se basa en un plano de la red para construir las matrices y difícil de implementar ya que necesita una matriz distinta para cada punto de funcionamiento.

El documento US 2013/204451 A1 describe una solución que permite equilibrar una red eléctrica entre la potencia eléctrica generada por las entidades de producción (por ejemplo un panel PV) y la potencia eléctrica consumida por las entidades de consumo (aparatos eléctricos) basándose en datos de previsión meteorológica.

30 El objetivo de la invención es por tanto proponer un procedimiento de vigilancia y de control de una red eléctrica, que sea fiable, eficaz de implementar al nivel de las entidades de la red eléctrica acciones adaptadas a las restricciones de la red eléctrica y que no necesite el uso de un plano de la red eléctrica para funcionar, evitando por tanto un funcionamiento inadaptado en caso de error en un plano de la red.

Descripción de la invención

35 Este objetivo se alcanza por un procedimiento de vigilancia y de control de una red eléctrica que comprende al menos una subestación de transformación que delimita una subred de media tensión y una subred de baja tensión y varias entidades de subred de baja tensión, siendo cada entidad consumidora y/o productora de electricidad en la subred de baja tensión, estando implementado dicho procedimiento por un sistema de vigilancia y de control que comprende al menos una unidad de tratamiento, dicho procedimiento comprende:

- 40 - Una etapa de adquisición de una potencia eléctrica consumida y/o producida por cada entidad de la subred de baja tensión en pasos de tiempo sucesivos.
- Una etapa de determinación de cada nuevo paso de tiempo de una cuota de producción y/o de consumo a atribuir a cada entidad,
- 45 - Una etapa de determinación de un valor mínimo y de un valor máximo de cuota de producción y/o de consumo a respetar por cada entidad teniendo en cuenta la potencia eléctrica consumida y/o producida en un paso de tiempo que precede a dicho nuevo paso de tiempo,
- Una etapa de determinación de una potencia eléctrica consumida y/o producida provisional para cada entidad, basada en dicha potencia eléctrica consumida y/o producida adquirida en un paso de tiempo que precede a dicho paso de tiempo,
- 50 - Teniendo en cuenta dicha cuota de producción y/o de consumo que es una solución a un problema de optimización:

- Al menos un modelo de datos único adquirido por aprendizaje, aplicado a cada nuevo paso de tiempo y que comprende datos representativos de una influencia de la potencia eléctrica consumida y/o producida por cada entidad sobre al menos una magnitud eléctrica vigilada,
 - Restricciones técnicas a respetar por dicha al menos una magnitud vigilada,
- 5
- Dicho valor mínimo y valor máximo de cuota de producción y/o de consumo determinado,
 - Dicha potencia eléctrica consumida y/o producida provisional determinada para cada entidad,
 - Una función de optimización elegida para asignar las cuotas de producción y/o de consumo a las entidades,
- Una etapa de determinación de datos de control de producción y/o de consumo eléctrico a aplicar a una o varias entidades de la subred de baja tensión teniendo en cuenta cada cuota de producción y/o de consumo determinada.
- 10 Según un aspecto particular de la invención, dicha al menos una magnitud eléctrica vigilada corresponde a la norma de la tensión de cada entidad en su punto de conexión.
- Según otro aspecto particular de la invención, dichas restricciones a respetar por dicha al menos una magnitud eléctrica vigilada corresponden a un valor mínimo de tensión y un valor máximo de tensión para cada entidad.
- 15 Según otro aspecto de la invención, dicha al menos una magnitud eléctrica vigilada corresponde a la potencia eléctrica que transita al nivel de la subestación de transformación.
- Según otro aspecto de la invención, dichas restricciones a respetar para dicha al menos una magnitud eléctrica vigilada corresponden a un valor mínimo de potencia que transita en el transformador y un valor máximo de potencia que transita al nivel de la subestación (P) de transformación.
- 20 Según otro aspecto de la invención, dicha al menos una magnitud eléctrica vigilada corresponde a la norma de la intensidad que transita por un cable.
- Según otro aspecto de la invención, dicha función de optimización es elegida de entre:
- Maximizar la suma de cuotas de producción y/o de consumo atribuidas a las entidades,
 - Maximizar la equidad de restricciones de consumo entre las entidades, o
 - Maximizar el logaritmo de la potencia atribuida a cada entidad (Ei).
- 25 Según otro aspecto de la invención, la etapa de determinación de un valor mínimo y de un valor máximo de cuota de producción y/o de consumo a respetar por cada entidad se realiza teniendo en cuenta datos técnicos relativos a cada entidad, elegidos de entre uno o varios de los datos siguientes:
- Un nivel de potencia atribuido a cada entidad según un acuerdo de aprovisionamiento,
 - Datos relativos a la solución de producción eléctrica instalada en cada entidad productora,
- 30
- Una cantidad máxima de energía o de potencia recortable por entidad,
 - Datos relativos a la capacidad de almacenamiento de la entidad si la misma es productora.
- Según otro aspecto de la invención, el procedimiento comprende una etapa de determinación del número de nuevos datos eléctricos de la red eléctrica y una etapa de actualización de dicho al menos un modelo de datos de la red eléctrica cuando están disponibles suficientes datos eléctricos adquiridos.
- 35 La invención se refiere igualmente a un sistema de vigilancia y de control de una red eléctrica que comprende al menos una subestación de transformación que delimita una subred de media tensión y una subred de baja tensión y varias entidades de la subred de baja tensión, siendo consumidora y/o productora de electricidad cada entidad en la subred de baja tensión, dicho sistema que comprende:
- 40
- Un módulo de adquisición de una potencia eléctrica consumida y/o producida por cada entidad de subred de baja tensión en pasos de tiempo sucesivos,
 - Un módulo de control configurado para:
 - Determinar en cada nuevo paso de tiempo una cuota de producción y/o de consumo a atribuir a cada entidad,
 - Determinar un valor mínimo y un valor máximo de cuota de producción y/o de consumo a respetar para cada entidad teniendo en cuenta la potencia eléctrica consumida y/o producida en un paso de tiempo que precede a dicho nuevo paso de tiempo,
- 45

- Determinar una potencia eléctrica consumida y/o producida provisional para cada entidad, basada en dicha potencia eléctrica consumida y/o producida adquirida en un paso de tiempo que precede a dicho nuevo paso de tiempo,
- 5 - Teniendo en cuenta dicha cuota (q) de producción y/o de consumo que es una solución un problema de optimización:
 - Al menos un modelo de datos único adquiridos por aprendizaje, aplicado a cada nuevo paso de tiempo y que comprende datos representativos de una influencia de la potencia eléctrica consumida y/o producida por cada entidad en al menos una magnitud eléctrica vigilada,
 - Restricciones técnicas a respetar para dicha al menos una magnitud vigilada,
- 10 - Dicho valor mínimo y valor máximo de cuota de producción y/o de consumo determinado,
 - Dicha potencia eléctrica consumida y/o producida provisional determinada para cada entidad,
 - Una función de optimización elegida para asignar las cuotas de producción y/o de consumo a las entidades,
- Determinar datos de control de producción y/o de consumo eléctrico a aplicar a una o varias entidades de la subred de baja tensión teniendo en cuenta cada cuota de producción y/o de consumo determinada.
- 15 Según una particularidad del sistema, dicha al menos una magnitud eléctrica vigilada corresponde a la norma de tensión de cada entidad en su punto de conexión.

Según otra particularidad del sistema, dichas restricciones a respetar para dicha al menos una magnitud eléctrica vigilada corresponden a un valor mínimo de tensión y un valor máximo de tensión para cada entidad.
- 20 Según otra particularidad del sistema, dicha al menos una magnitud eléctrica vigilada corresponde a la potencia eléctrica que transita al nivel de la subestación de transformación.

Según otra particularidad del sistema, dichas restricciones a respetar por dicha al menos una magnitud eléctrica vigilada corresponden a un valor mínimo de potencia que transita en el transformador y un valor máximo de potencia que transita al nivel de la subestación de transformación.
- 25 Según otra particularidad del sistema, dicha al menos una magnitud eléctrica vigilada corresponde a la norma de la intensidad que transita por un cable.

Según otra particularidad del sistema, dicha función de optimización es elegida de entre:

 - Maximizar la suma de cuotas de producción y/o de consumo atribuidas a las entidades,
 - Maximizar la equidad de restricciones de consumo entre las entidades, o
 - Maximizar el logaritmo de la potencia atribuida a cada entidad.
- 30 Según otra particularidad del sistema, el módulo de control está configurado para determinar un valor mínimo y un valor máximo de cuota de producción y/o de consumo a respetar por cada entidad teniendo en cuenta datos técnicos relativos a cada entidad, elegidos de entre uno o varios de los datos siguientes:
 - Un nivel de potencia atribuido a cada entidad según un acuerdo de aprovisionamiento,
 - Datos relativos a la solución de producción eléctrica instalada en cada entidad productora,
- 35 - Una cantidad máxima de energía o de potencia "recortable" por entidad,
 - Datos relativos a la capacidad de almacenamiento de la entidad si la misma es productora.
- Según otra particularidad del sistema, el mismo comprende un módulo de aprendizaje para determinar un número de nuevos datos eléctricos de la red eléctrica y una actualización de dicho al menos un modelo de datos de la red eléctrica cuando están disponibles suficientes datos eléctricos adquiridos.
- 40 **Breve descripción de las figuras**

Otras características y ventajas van a aparecer en la descripción detallada siguiente realizada con respecto a los dibujos adjuntos en los cuales:

 - La figura 1 representa de manera esquemática una red eléctrica simplificada a la cual se puede aplicar el procedimiento de vigilancia y de control y el sistema de vigilancia y de control de la invención empleado para vigilar dicha red eléctrica.
- 45

- La figura 2 representa de manera esquemática el sistema de vigilancia y de control de la invención y su principio de funcionamiento.
- Las figuras 3 y 4 representan diferentes casos de funcionamiento a los cuales se aplica el procedimiento de la invención.

5 Descripción detallada de al menos un modo de realización

Con referencia la figura 1, la invención se aplica a una red eléctrica que comprende al menos una subestación P de transformación del tipo MT/BT que delimita por tanto una subred BT de baja tensión y una subred MT de media tensión.

La subred de baja tensión comprende varias entidades E_i (de rango i , con i siendo de 1 a n y superior o igual a 2), que serán cada una de tipo consumidor y/o de tipo productor de una potencia eléctrica.

- 10 Por entidad E_i , de manera no limitativa, hace falta comprender, por ejemplo, una vivienda, un grupo de viviendas, al menos una fábrica, al menos una central de producción de electricidad por ejemplo de tipo fotovoltaico, eólico o una combinación de estas diferentes entidades, por ejemplo una vivienda dotada de paneles fotovoltaicos para producir electricidad. Cada entidad E_i comprenderá o estará asociada a una unidad de control encargada de poner en marcha acciones apropiadas teniendo en cuenta los datos de control recibidos, por ejemplo las acciones de recorte de producción y de consumo. Una acción de recorte consistirá por tanto en una limitación de producción y de consumo de una entidad.

A título de ejemplo, la red eléctrica representada en la figura 1 comprende por tanto n entidades E_i .

- 20 De manera no limitativa, la red representada en la figura comprende n entidades E_i conectadas a la subestación P de transformación a través de una rama de red. Hace falta comprender que la subred de baja tensión puede comprender varias ramas y que cada rama de red es monofásica o multifásica.

En la subred de baja tensión, cada entidad E_i está caracterizada por las informaciones siguientes:

- Productor y/o consumidor de una potencia eléctrica;
- Identidad de la fase de conexión de la entidad en la subred de baja tensión;

La figura 2 representa un sistema de vigilancia y de control de dicha red eléctrica.

- 25 Este sistema de vigilancia y de control comprende una unidad UC de tratamiento y de comando encargada de implementar las funciones siguientes:

- Ejecución de un módulo D1 de adquisición de datos de medida;
- Ejecución de un módulo M1 de aprendizaje para construir y actualizar un modelo MD de datos;
- Ejecución de un módulo M2 de control para determinar un control adaptado de la red eléctrica;

- 30 - Ejecución de un módulo de registro de datos diversos relacionados con cada entidad E_i y en la subestación P de transformación de la red eléctrica;

Los módulos son módulos de software configurados para ser ejecutados por la unidad UC de tratamiento y de comando. Se memorizan sobre cualquier soporte informático conocido y ejecutable.

- 35 La unidad UC de tratamiento y de comando comprende típicamente un microprocesador y medios de memorización. Comprende, de forma ventajosa, varias entradas destinadas a ser conectadas a medios de medida, tales como sensores y salidas destinadas a ser conectadas a unidades de comando dedicadas cada una al comando de una entidad E_i distinta. Por supuesto, podrán conectarse otros dispositivos a las entradas/salidas de la unidad UC de tratamiento y de comando.

Los datos diversos registrados gracias al módulo de registro podrán ser en particular:

- 40 - Datos D10 técnicos fijados a la red eléctrica o
- Datos D20 relativos a cada entidad de subred de baja tensión.

Los datos D10 técnicos pueden ser valores límites aceptables para el subestación P de transformación y/o tensiones máximas y mínimas aceptables de la red eléctrica.

- 45 Los datos D20 relativos a cada entidad pueden ser el nivel de potencia atribuida a cada entidad según un acuerdo de aprovisionamiento, datos relativos a la solución de producción eléctrica instalada en cada entidad productora (por ejemplo la superficie de paneles solares,...), la cantidad máxima de energía o de potencia recortable por la entidad y/o datos relativos a la capacidad de almacenamiento de la entidad E_i si la misma es productora...

El sistema de vigilancia y de control puede comprender una interfaz IHM hombre-máquina para parametrizar el sistema y en particular la entrada para el registro de datos D10, D20 relacionados con cada entidad Ei de la subred de baja tensión.

5 El sistema de vigilancia y de control puede comprender medios de medida de una o varias magnitudes eléctricas al nivel de cada entidad de subred de baja tensión. Estos medios de medida están conectados a dicho módulo de adquisición de datos.

10 Estos medios de medida son de forma ventajosa sensores de corriente (para determinar cada corriente Ii) y de tensión (determinar la tensión Vi) situados de manera adaptada, en particular sobre el circuito principal de alimentación de cada entidad Ei y en el punto de conexión de cada entidad Ei sobre la subred de baja tensión. Se podrá emplear cualquier otro sensor, tal como sensores de energía que permiten hacer circular la energía eléctrica consumida por la entidad y enviar la con destino a una unidad central dedicada (un servidor de recogida de datos) o directamente hacia la unidad UC de tratamiento y de comando.

La ejecución del módulo M2 de control está configurada para implementar al menos una parte del procedimiento de vigilancia y de control de la invención.

15 Según un aspecto particular de la invención, el procedimiento de vigilancia y de control de la invención consiste por tanto en vigilar la red eléctrica con el fin de determinar principalmente los datos de control y de consumo y/o de producción a enviar con destino a una o varias entidades Ei de la subred de baja tensión. Otros datos de control podrán ser enviados tales como por ejemplo los datos:

- 20
- De control para un almacenamiento de energía con destino a una entidad productora que dispone de una capacidad de almacenamiento que está libre,
 - De control para una liberación de energía con destino a una o varias entidades productoras de la red, si el aprovisionamiento por la red estuviera cortado o limitado antes de la subestación P de transformación,
 - De control para una modificación del umbral de desconexión en el consumo y/o en la producción.

25 Para funcionar, el módulo M2 de control se basa en al menos un modelo MD1 y/o MD2 de datos obtenido al completar un aprendizaje y que se puede actualizar regularmente cuando se hacen disponibles suficientes datos nuevos adquiridos (por ejemplo por medio de medidas).

El aprendizaje se implementa por el módulo M1 de aprendizaje ejecutado por la unidad UC de tratamiento y de comando.

Al final del aprendizaje, cada modelo MD1, MD2 de datos es único para un conjunto de puntos de funcionamiento.

30 Para crear el modelo MD1, MD2 de datos, el módulo M1 de aprendizaje se apoya en los datos adquiridos por la unidad UC de tratamiento y de comando.

Estos datos pueden ser:

- 35
- Datos D2 obtenidos de un histórico de medidas de sensores al nivel de la subestación P de transformación;
 - Datos D3 obtenidos de un histórico de medidas de sensores al nivel de las entidades Ei de la red;
 - Datos D4 obtenidos de un histórico de medidas de sensores diversos, por ejemplo en diferentes ramas de la red;
 - Los datos D1 obtenidos de las últimas medidas efectuadas para todos los sensores de la red al nivel de las diferentes ramas de la red, al nivel de cada entidad Ei de la red y/o al nivel de la subestación de transformación.

40 En caso de ausencia de histórico de datos, los datos son adquiridos por medida, gracias a los medios de medida descritos anteriormente, a lo largo de una duración de aprendizaje más o menos largas según el tamaño de la red eléctrica a vigilar y según el periodo de muestreo. Esta duración puede por ejemplo ser de 24h, varios días o incluso varios meses. El periodo de muestreo de adquisición de medidas puede ser regulable.

Para construir el modelo MD1, MD2 de datos, los datos utilizados por la unidad UC de tratamiento y de comando (obtenidos de un histórico y/o medidos a lo largo de la duración de aprendizaje) son al menos los siguientes:

- 45
- La potencia activa consumida y o producida por cada entidad Ei de la subred de baja tensión;
 - La norma de la tensión de cada entidad Ei;
 - La potencia eléctrica que transita a través de la subestación P de transformación de la red;

Estos datos son adquiridos en el tiempo, definiendo por tanto varios puntos de funcionamiento sucesivos.

De manera ventajosa, los datos que son adquiridos son sincronizados entre sí de manera que forman dichos puntos de funcionamiento.

A título de ejemplo y de manera no limitativa, los datos adquiridos son datos de tipo RMS (“*Root Mean Square*” - datos eficaces).

- 5 A título de ejemplo, la primera tabla a continuación representa un histórico de datos medidos en la subred de baja tensión, correspondiendo cada cliente a una entidad E_i distinta:

Fecha	No. cliente	No. bus eléctrico	Fase	Potencia (W)	Tensión (V)
...
2017-01-01 08:00:00	1	1	a	1005	231,2
2017-01-01 08:00:00	2	1	b	2223	235,6
2017-01-01 08:00:00	3	2	a	-856	245,9
2017-01-01 08:00:00	4	17	c	8569	212,4
...
2017-01-01 08:00:00	1	1	a	875	228,4
2017-01-01 08:00:00	2	1	b	1850	232,4
2017-01-01 08:00:00	3	2	a	-654	229,8
2017-01-01 08:00:00	4	17	c	7506	212,4
...

En esta tabla, se puede ver la potencia consumida o producida (si es negativa) para cada entidad así como la tensión en su punto de conexión (fase) en diferentes instantes, definiendo cada instante por tanto un punto de funcionamiento distinto.

- 10 A título de ejemplo, la segunda tabla a continuación representa un histórico de datos medidos al nivel de la subestación de transformación:

Fecha	Fase	Intensidad (A)	Tensión (V)
...
2017-01-01 08:00:00	a	43,5	231,2
2017-01-01 08:00:00	b	56,1	234,2
2017-01-01 08:00:00	c	-10,3	228,4
2017-01-01 08:00:00	a	57,2	228,2
2017-01-01 08:00:00	b	59,9	230,1
2017-01-01 08:00:00	c	-5,3	230,8
...

- 15 Esta segunda tabla muestra la tensión por fase en el secundario (lado BT) de la subestación de transformación, así como la intensidad que atraviesa la subestación de transformación (medida igualmente en el secundario) en los mismos instantes que los definidos anteriormente, esta intensidad puede ser negativa en caso de producción eléctrica de una o varias entidades de subred de baja tensión.

Una vez que sean adquiridos suficientes datos, el módulo M1 de aprendizaje aplica un algoritmo de aprendizaje en un par de datos, siendo elegido este par en función de restricciones técnicas a respetar.

- 20 A título de ejemplo, se puede tratar de uno de los pares de datos siguientes:
- Potencia activa consumida y/o producida por entidad/norma de la tensión de cada entidad. Esto permite por tanto controlar la tensión en el punto de conexión de cada entidad.
 - Potencia activa consumida o producida por entidad/potencia que transita al nivel de la subestación de transformación. Esto permite asegurar que la potencia que transita al transformador es correcta.
- 25 - Potencia activa consumida o producida por cada entidad/norma de la intensidad que transita por un cable. Esto permite asegurar que la norma de la intensidad que transita por este cable es correcta.

Para el tratamiento de datos adquiridos, el módulo de aprendizaje puede implementar un algoritmo de aprendizaje en forma de una regresión lineal. Se podría emplear cualquier algoritmo adaptado (por ejemplo: una red de neuronas,...).

5 Para todos los puntos de funcionamiento, el módulo M1 de aprendizaje construye un solo modelo de datos, un punto de funcionamiento correspondiente al conjunto de medidas tomadas en un instante dado (correspondiente a la columna fecha en la tabla anterior).

Se obtiene por tanto para el par de datos en cuestión, un modelo de datos único que se presenta en forma de una matriz. Según el control efectuado, se emplea entonces una sola matriz para el control de este par de datos, sea cual sea el punto de funcionamiento.

10 De manera más general, para el primer par de datos mencionado anteriormente, el módulo M1 de aprendizaje genera por tanto un modelo MD1 de datos que comprende:

- Datos representativos de la influencia de la potencia consumida y/o producida por cada entidad sobre la norma de tensión de otras entidades de la subred de baja tensión.

Para el segundo par de datos mencionado anteriormente, el módulo M1 de aprendizaje genera por tanto un modelo MD2 de datos que comprende:

- 15
- Datos representativos de la influencia de la potencia consumida y/o producida por cada entidad sobre la potencia que transita a través de la subestación de transformación;

Cada modelo de datos nos muestra la influencia de la potencia consumida o producida por las entidades sobre el otro parámetro de par de datos.

20 En el modelo MD1 de datos, la matriz (designada A_u) comprende por tanto varias columnas, estando dedicada cada columna x a una entidad E_i distinta de la subred de baja tensión, y varias líneas, estando igualmente cada línea dedicada a una entidad E_i distinta de la subred de baja tensión. Las columnas y las líneas de la matriz son completadas por coeficientes. En cada columna, los coeficientes C_{xy} representan la influencia de la potencia consumida o producida por una entidad de la subred de baja tensión referenciada a una columna sobre el valor de vigilancia de cada una de las otras entidades de la subred de baja tensión identificadas sobre cada línea.

25 A título de ejemplo, dicha matriz, representada en forma de una tabla, es la siguiente:

	E1	E2	E3	Ei	En
E1	C11	C21	C31	Ci1	Cn1
E2	C12	C22	C32	Ci2	Cn2
E3	C13	C23	C33	Ci3	Cn3
Ei	C1i	C2i	C3i	Cii	Cni
En	C1n	C2n	C3n	Cin	Cnn

30 Por ejemplo, en el caso de un aprendizaje lineal, una columna x de la matriz A_u representa la influencia del consumo neto de una entidad E_x de subred de baja tensión sobre la norma de la tensión de todas las otras entidades de la misma red presentada sobre cada línea. Por tanto, un coeficiente -0,5 en posición (x; y) en esta matriz indica que si la entidad E_x aumenta su consumo 1kW, la tensión de otra entidad E_y de la subred disminuye 0,5V.

Gracias al modelo de datos, es por tanto posible asegurar que el aumento de una cuota de producción (o de consumo) de una identidad no causará que la tensión de otra entidad exceda los terminales autorizados.

35 El mismo funcionamiento se aplica al modelo MD2 de datos (representado por una matriz A_p) en la cual cada columna representa la influencia de la producción o consumo de una entidad de la subred de baja tensión sobre la potencia que transmite a la subestación P de transformación.

Por supuesto, se podrían adquirir igualmente otros datos de los definidos anteriormente (por medida o de otra forma) para enriquecer el modelo de datos. De manera no limitativa, se podrá tratar de medidas de intensidad en una línea particular de la red eléctrica, de medidas fijadas a otra subestación de transformación incluida en la red eléctrica.

40 Durante la implementación del procedimiento de vigilancia y de control, el módulo M2 de control está configurado para determinar los datos de control a enviar a las entidades E_i a partir de los últimos datos D1 adquiridos, recibidos en la entrada, y los datos que dispone ya la unidad UC de tratamiento y de comando.

Para ello, el módulo M2 de control determina la cuota $q_{prod,i}$ de producción y/o la cuota $q_{cons,i}$ de consumo a asignar a cada entidad de la red eléctrica. Establece un principio de optimización. El principio de optimización permite determinar

las mejores cuotas a enviar a las entidades E_i de la red. Dicho de otra manera, se tratará de encontrar una solución que pueda satisfacer el principio de optimización en cuestión, y por tanto determinar todas las cuotas que permiten cumplir un objetivo de optimización. Este objetivo es definido por una función f de objetivo. Se trata por ejemplo de determinar la cuota $q_{prod,i}$ de producción y la cuota $q_{cons,i}$ de consumo a asignar a cada entidad E_i que permite:

- 5
- Maximizar la suma de las cuotas atribuidas a las entidades,
 - Maximizar la equidad de las restricciones de consumo entre las entidades, o
 - Maximizar la suma del logaritmo de la potencia atribuida a cada entidad.

Según el o los pares de datos vigilados, el módulo M2 de control se apoya en uno o varios de los valores medidos siguientes en el transcurso del tiempo:

- 10
- Potencia (activa, posiblemente reactiva) eléctrica consumida y/o producida (ya sean las dos medidas de forma independiente o que sólo la suma sea efectivamente reportada) para una o varias entidades de la red;
 - Potencia eléctrica que transita en una rama de la red eléctrica, en una entidad E_i y/o al nivel de la subestación P de transformación;
 - Norma de la tensión V_i de una o varias entidades de la subred de baja tensión en su punto de conexión;
- 15
- Tensión detallada (parte real + parte imaginaria) para una o varias entidades en su punto de conexión;
 - Norma de la intensidad que circula en una o varias ramas de la red;
 - Intensidad detallada (parte real + parte imaginaria) en una o varias ramas de la red;

El módulo M2 de control funciona por pasos de tiempo sucesivos, preferiblemente todo de una duración idéntica. Para cada nuevo paso del tiempo, el módulo M2 de control está encargado de determinar la cuota $q_{prod,i}$ de producción y la cuota $q_{cons,i}$ de consumo a asignar a cada entidad E_i . El módulo M2 de control determina de forma separada la cuota de producción y la cuota de consumo a asignar a cada entidad. Por supuesto, si ninguna entidad de la red vigilada es productora, determinar las cuotas de producción será inútil y de forma inversa.

Para determinar la cuota $q_{prod,i}$ de producción a asignar a cada entidad E_i , el módulo M2 de control implementa las etapas siguientes:

- 25
- Adquiere datos $D1$ de medida de la potencia consumida y/o producida por cada entidad E_i de la red; estos datos son medidos por pasos de tiempo sucesivos (por ejemplo cada 10 minutos) por los medios de medida;
 - Determina, para cada entidad E_i , el valor $q^{min}(t)$ mínimo y el valor $q^{max}(t)$ máximo de cuota de producción que puede atribuir a la entidad E_i ; para fijar estos valores límites, en particular se puede basar en los datos de producción medidos con el paso de tiempo preferente para esta entidad E_i ;
- 30
- Determina para cada entidad E_i una previsión de la potencia $\widetilde{p_{cons}(t)}$ consumida por cada entidad E_i para este nuevo paso del tiempo; esta previsión se efectúa por ejemplo teniendo en cuenta datos de potencia medidos en uno o varios pasos de tiempo precedentes;
 - Inserta estos datos en un problema de optimización teniendo en cuenta las diferentes restricciones fijadas en las etapas precedentes;
- 35
- La resolución del problema de optimización le permite obtener la cuota $q_{prod,i}$ de producción a asignar a cada entidad E_i de la red;
 - De manera opcional, se puede corregir la cuota obtenida para cada entidad E_i ;

Estas diferentes etapas son implementadas de manera idéntica para determinar la cuota $q_{cons,i}$ de consumo a asignar a cada entidad E_i , siendo reemplazada la previsión de potencia $\widetilde{p_{cons}(t)}$ consumida por una previsión de la potencia $\widetilde{p_{prod}(t)}$ producida.

En el problema de optimización, el módulo de control se apoya en al menos un modelo (MD1 o MD2) de datos aprendido durante la fase de aprendizaje, correspondiente al par de datos vigilado.

- 45
- A continuación, se describirá el problema de optimización gestionado por el módulo M2 de control durante la determinación de las cuotas de producción y después de las cuotas de consumo a asignar a las n entidades E_i de la red. De manera no limitativa, estos problemas de optimización son establecidos basándose en dos modelos MD1 y MD2 de datos tomados en combinación, pero hace falta comprender que podrían establecerse basándose en uno de los dos modelos únicamente si es vigilado un solo par de datos. A la inversa, otros modelos de datos correspondientes

a otros pares de datos vigilados podrán ser igualmente integrados. El razonamiento se efectúa para las n entidades Ei.

- Cuota de producción

Para la producción, el problema de optimización a resolver es el siguiente:

$$\begin{cases} \max_{q \in \mathbb{R}^n} f(q) \\ u^{\min} \leq A_u(\widetilde{p_{cons}}(t) - q) + b_u \leq u^{\max} \\ p_{trans}^{\min} \leq A_p(\widetilde{p_{cons}}(t) - q) + b_p \leq p_{trans}^{\max} \\ q^{\min}(t) \leq q \leq q^{\max}(t) \end{cases} \quad (1)$$

Con:

- q la cuota de producción a asignar con el paso t de tiempo para las n entidades de la red (q que comprende varias cuotas q_{prod_i});
- f la función objetivo que depende de la cuota que es asignada a cada entidad;
- 10 - $P_{cons}(t-1)$ y $P_{prod}(t-1)$ que son las medidas de potencia de consumo y de producción en el paso (t-1) precedente;
- $\widetilde{p_{cons}}(t)$ que es la previsión del consumo de las entidades de la red para el paso (t) de tiempo siguiente. Esta predicción puede depender de otros valores medidos (en particular $P_{cons}(t-1)$ y $P_{prod}(t-1)$);
- u^{\min} y u^{\max} el valor mínimo y el valor máximo de tensión aceptable para cada entidad de la red, correspondiente a los datos D10 mencionados anteriormente
- 15 - p_{trans}^{\min} y p_{trans}^{\max} el valor mínimo y el valor máximo de potencia aceptable al nivel del transformador, correspondiente a los datos D10 mencionados anteriormente;
- $q^{\min}(t)$ y $q^{\max}(t)$ que corresponden al valor mínimo y al valor máximo de las cuotas atribuibles a cada entidad. Las mismas dependen del tiempo y se ajustan antes de la resolución de la ecuación (1) anterior. Pueden elegirse en función de medidas efectuadas con el paso de tiempo precedente ($P_{cons}(t-1)$ y $P_{prod}(t-1)$), pero igualmente las
- 20 - informaciones (datos D20) diversas sobre las entidades y sus instalaciones eléctricas (potencia pico de las instalaciones solares, potencia aceptable para su disyuntor...) o bien datos contractuales.
- (A_p, b_p) y (A_u, b_u) que son las matrices de los modelos MD1, MD2 de datos tomados durante la fase de aprendizaje.
- Cuota de consumo

Para el consumo, el problema de utilización a resolver es el siguiente:

$$\begin{cases} \max_{q \in \mathbb{R}^n} f(q) \\ u^{\min} \leq A_u(q - \widetilde{p_{prod}}(t)) + b_u \leq u^{\max} \\ p_{trans}^{\min} \leq A_p(q - \widetilde{p_{prod}}(t)) + b_p \leq p_{trans}^{\max} \\ q^{\min}(t) \leq q \leq q^{\max}(t) \end{cases} \quad (2)$$

Con:

- q la cuota de consumo a asignar con el paso t de tiempo para las n entidades de la Red (q que comprende varias cuotas q_{cons_i});
- f la función objetivo que depende de la cuota que es asignada a cada entidad; la misma puede ser diferente de la
- 30 - función f de la ecuación (1);
- $\widetilde{p_{prod}}(t)$ que es la previsión del consumo de las entidades de la red para el paso (t) de tiempo siguiente. Esta predicción puede depender de otros valores medidos (en particular $P_{cons}(t-1)$ y $P_{prod}(t-1)$);
- u^{\min} y u^{\max} el valor mínimo y el valor máximo de tensión aceptable para cada entidad de la red, correspondiente a los datos D10 mencionados anteriormente
- 35 - p_{trans}^{\min} y p_{trans}^{\max} el valor mínimo y el valor máximo de potencia aceptable al nivel del transformador, correspondiente a los datos D10 mencionados anteriormente;

- $q^{min}(t)$ y $q^{max}(t)$ que corresponden al valor mínimo y al valor máximo de las cuotas atribuibles a cada entidad. Las mismas son diferentes a las definidas para la producción pero dependen de los mismos factores. Pueden elegirse en función de medidas efectuadas en el paso de tiempo precedente ($P_{cons}(t - 1)$ y $P_{prod}(t - 1)$), pero igualmente las informaciones (datos D20) diversas sobre las entidades y sus instalaciones eléctricas (potencia pico de las instalaciones solares, potencia aceptable para su disyuntor...) o bien datos contractuales.
- (A_p, b_p) y (A_u, b_u) que son las matrices de los modelos MD1, MD2 de datos tomados durante la fase de aprendizaje.

De manera no limitativa, la función "objetivo" consiste por ejemplo en optimizar los criterios electrónicos como la reducción de pérdidas, en minimizar la suma de la potencia producida por las entidades, en maximizar la cuota mínima acordada entre las entidades E_i , en maximizar el logaritmo de la potencia acordada en cada entidad...

- 10 El módulo M2 de control determina a continuación los datos D_x de control a enviar con destino a una o varias de las entidades en función de la cuota de producción y/o de consumo (q_{prod_i} , q_{cons_i}), determinada por cada entidad de la red gracias a los razonamientos descritos anteriormente. A partir de los datos de control recibidos, la unidad de comando asociada a cada entidad E_i será capaz de llevar a cabo acciones apropiadas (recortado, descongestión...).

Con referencia las figuras 3 y 4, se detallan a continuación varios ejemplos de controles implementados.

15 **Primer caso de funcionamiento - Figura 3**

Se considera la red simplificada de la figura 3. Está constituida de al menos las cuatro entidades E1-E4 designadas, conectadas a una sola rama de la red. Las tres primeras entidades son consumidoras y productoras y la entidad E4 sólo es consumidora.

La entidad E1 está conectada a la fase (a) de la subred de baja tensión;

- 20 La entidad E2 está conectada a la fase (b) de la subred de baja tensión;

La entidad E3 está conectada a la fase (c) de la subred de baja tensión;

La entidad E4 está conectada a la fase (a) de la subred de baja tensión;

- 25 Un día de mucho sol, los paneles solares de las entidades E1, E2, E3 inyectan mucha potencia a la red y por consiguiente la tensión a lo largo de la línea principal aumenta para alcanzar su máximo en la fase (a) al nivel de la entidad E4.

En este caso de funcionamiento, el modelo MD1 de datos, representado en forma de la matriz A_u , será el siguiente:

Cliente (fase)	1(a)	2(b)	3(c)	4(a)
1(a)	-0,5	0,05	0,08	-0,2
2(b)	0,08	-0,55	0,05	0,04
3(c)	0,09	0,05	-0,6	0,03
4(a)	-0,3	0,04	0,01	-0,4

- 30 Una estrategia actual consistiría en recortar la entidad productora más próxima a la entidad E4, es decir la entidad E3. Pero la entidad E3 está conectada a la fase (c). Un recorte de su producción conlleva por tanto un aumento (ligero) de la tensión en la fase (a) en lugar de disminuirla.

Se constata de hecho que en la cuarta columna de la matriz A_u , el aumento de un vatio en el consumo de la entidad E4:

- reduce la tensión de la entidad E1 0,2V,
- 35 • aumenta la tensión de la entidad E2 0,04V,
- aumenta la tensión de la entidad E3 0,03V,
- reduce la tensión de la entidad E4 0,4V.

- 40 Para reducir la tensión de la entidad E4, hace falta por tanto actuar preferiblemente sobre la producción de la entidad E4 (0,4>0,3). Pero como la entidad E4 no es un medio de producción, hace por tanto falta actuar preferiblemente sobre la entidad E1 para reducir eficazmente la tensión de la entidad E4.

Gracias al modelo MD de datos, el procedimiento de vigilancia y de control de la invención es capaz de tener en cuenta las influencias en el aumento o en la disminución de una entidad sobre otra y está configurado por tanto para determinar sobre cuál entidad, se debe realizar una acción de recorte.

Segundo caso de funcionamiento – Figuras 4A, 4B y 4C

5 Se considera la red simplificada de la figura 4A en la cual:

E1 a E4 = Consumidora

E5 y E6 = Consumidora + Productora

10 La subred de baja tensión comprende una rama 1 principal sobre la cual se conectan las entidades E1 y E2 y dos ramas 10, 11 secundarias paralelas conectadas en un punto de conexión a la rama principal, una primera rama 10 secundaria sobre la cual se conectan las entidades E3 y E4 y una segunda rama 11 secundaria sobre la cual se conectan las entidades E5 y E6.

Para simplificar, todas las entidades E1 a E6 están conectadas a la misma fase de la subred de baja tensión.

15 Durante una fuerte radiación solar, las entidades E5 y E6 producen mucha energía eléctrica, que envían a la red eléctrica. Esto tiene por consecuencia el aumento de la tensión en la segunda rama 11 secundaria. Por el contrario, si las entidades E3 y E4 consumen mucho, la tensión en la primera rama 10 secundaria tiene la tendencia de disminuir. Esto es ilustrado por el perfil P0 representado en las figuras 4B y 4C. En este perfil, se puede ver que, en la situación mencionada anteriormente, la entidad E6 presenta una tensión en su punto de conexión que es superior a un límite (VH) de tensión y la entidad E4 presenta una tensión en su punto de conexión que es superior a un límite (VL) de tensión.

20 Si los dos efectos se producen simultáneamente, la tensión no puede ajustarse de forma simplificada con una subestación de transformación de cambio de toma como es el caso habitualmente.

25 La figura 4B ilustra la respuesta que podría darse hoy en día con una subestación de transformación de cambio de toma. Un transformador de cambio de toma permite o bien regular los problemas de subtensión agravando los problemas de sobretensión (perfil P1 en línea de puntos-entidad E4 vuelve por encima de VL – entidad E5 sobrepasa el límite VH) o bien regular los problemas de sobretensión agravando los problemas de subtensión (perfil P2 en línea gris - E6 vuelve por debajo del límite VH - entidad E3 pasa por debajo del límite VL).

En este ejemplo, la matriz Au podría presentarse en la forma siguiente:

Cliente	1	2	3	4	5	6
1	-0,7	-0,5	-0,2	-0,15	-0,2	-0,15
2	-0,5	-0,85	-0,4	-0,3	-0,45	-0,2
3	-0,43	-0,54	-0,68	-0,5	-0,08	-0,09
4	-0,32	-0,45	-0,68	-0,86	-0,11	-0,08
5	-0,20	-0,24	-0,09	-0,06	-0,84	-0,52
6	-0,21	-0,23	-0,05	-0,03	-0,74	-0,89

30 A partir de esta matriz, es posible constatar que las dos entidades E5 y E6 tienen muy poca influencia en las dos entidades E3 y E4, e inversamente, esto gracias a la debilidad de los coeficientes presentes en la matriz. En base a estos coeficientes, la resolución del problema de optimización no elegirá recortar la producción de la entidad E3 o E4 en caso de sobretensión al nivel de las entidades E5 o E6 (e inversamente).

35 La solución de la invención permite además aprender que la producción de las entidades E5 y E6 conlleva un aumento de la tensión sobre su rama mientras que el consumo de las entidades E3 y E4 conlleva una disminución de la tensión sobre su rama. Determinando sobre cuales entidades deben hacerse las acciones de recorte y de eliminación, la solución de la invención permite obtener un perfil de tensión (perfil P3- figura 4C) que permita hacer volver a entrar a todas las entidades Ei en los límites de funcionamiento de la subred de baja tensión.

Se comprende que la solución de la invención presenta por tanto numerosas ventajas, entre las cuales:

- 40 - No necesita ninguna reconstitución del plano de la red eléctrica, como es a menudo realizado en el estado de la técnica;
- Puede permitir un control de la red eléctrica a partir de un solo modelo de datos, adaptado al par de datos vigilados;

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de vigilancia y de control de una red eléctrica que comprende al menos una subestación (P) de transformación que delimita una subred de media tensión y una subred de baja tensión y varias entidades (Ei) de la subred de baja tensión, siendo cada entidad consumidora y/o productora de electricidad en la subred de baja tensión, siendo implementado dicho procedimiento por un sistema de vigilancia y de control que comprende al menos una unidad de tratamiento, **caracterizado porque** el procedimiento comprende:
- Una etapa de adquisición de una potencia eléctrica consumida y/o producida por cada entidad (Ei) de la subred de baja tensión en pasos de tiempo sucesivos,
 - 10 - Una etapa de determinación de cada nuevo paso de tiempo de una puerta (q) de producción y/o de consumo a atribuir a cada entidad (Ei),
 - Una etapa de determinación de un valor ($q^{min}(t)$) mínimo y de un valor ($q^{max}(t)$) máximo de cuota de producción y/o de consumo a respetar por cada entidad (Ei) teniendo en cuenta la potencia eléctrica consumida y/o producida en un paso de tiempo precedente ($P_{cons}(t-1)$ y $P_{prod}(t-1)$) a dicho nuevo paso del tiempo,
 - 15 - Una etapa de determinación de una potencia eléctrica consumida y/o producida provisional $\widetilde{p_{cons}(t)}$; $\widetilde{p_{prod}(t)}$ para cada entidad, basada en dicha potencia eléctrica consumida y/o producida adquirida en un paso de tiempo precedente a dicho nuevo paso de tiempo,
 - Teniendo en cuenta dicha cuota (q) de producción y/o de consumo que es una solución a un problema de optimización:
 - 20 - Al menos un modelo (MD1, MD2) de datos, único adquirido por aprendizaje, aplicado a cada nuevo paso de tiempo y que comprende datos representativos de una influencia de la potencia eléctrica consumida y/o producida por cada entidad (Ei) sobre al menos una magnitud eléctrica vigilada,
 - Restricciones técnicas a respetar por dicha al menos una magnitud vigilada,
 - Dicho valor mínimo y valor máximo de cuota de producción y/o de consumo determinado,
 - 25 - Dicha potencia eléctrica consumida y/o producida provisionalmente determinada para cada entidad,
 - Una función de optimización elegida para asignar las cuotas de producción y/o de consumo a las entidades,
 - Una etapa de determinación de datos (Dx) de control de producción y/o de consumo eléctrico a aplicar a una o varias de las entidades de la subred de baja tensión teniendo en cuenta cada cuota de producción y/o de consumo determinada.
 - 30 2. Procedimiento según la invención 1, **caracterizado porque** dicha al menos una magnitud eléctrica vigilada corresponde a la norma de tensión de cada entidad en su punto de conexión.
 - 3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado porque** dichas restricciones a respetar por dicha al menos una magnitud eléctrica vigilada corresponden a un valor (U^{min}) mínimo de tensión y un valor (U^{max}) máximo de tensión para cada entidad (Ei).
 - 35 4. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** dicha al menos una magnitud eléctrica vigilada corresponde a la potencia eléctrica que transita al nivel de la subestación de transformación.
 - 5. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado porque** dichas restricciones a respetar por dicha al menos una magnitud eléctrica vigilada corresponde a un valor (P_{trans}^{min}) mínimo de potencia que transita al transformador y un valor (P_{trans}^{max}) máximo de potencia que transita al nivel de la subestación (P) de transformación.
 - 40 6. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** dicha al menos una magnitud eléctrica vigilada corresponde a la norma de la intensidad que transita por un cable.
 - 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** dicha función de optimización es elegida de entre:
 - Maximizar la suma de cuotas de producción y/o de consumo atribuidas a las entidades (Ei),
 - 45 - Maximizar la equidad de restricciones de consumo entre las entidades, o
 - Maximizar el logaritmo de la potencia atribuida a cada entidad (Ei).

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** la etapa de determinación de un valor ($q^{min}(t)$) mínimo y de un valor ($q^{max}(t)$) máximo de cuota de producción y/o de consumo a respetar por cada entidad (Ei) se realiza teniendo en cuenta los datos (D20) técnicos relativos a cada entidad (Ei), elegidos de entre uno o varios de los datos siguientes:

- 5
- Un nivel de potencia atribuido a cada entidad (Ei) según un acuerdo de aprovisionamiento,
 - Datos relativos a la solución de producción eléctrica instalada en cada entidad productora,
 - Una cantidad máxima de energía o de potencia recortable por entidad,
 - Datos relativos a la capacidad de almacenamiento de la entidad (Ei) si la misma es productora.

10 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** comprende una etapa de determinación del número de nuevos datos eléctricos de la red eléctrica y una etapa de actualización de dicho al menos un modelo (MD1, MD2) de datos de la red eléctrica cuando están disponibles suficientes datos eléctricos adquiridos.

15 10. Sistema de vigilancia y de control de una red eléctrica que comprende al menos una subestación (P) de transformación que limita una subred de media tensión y una subred de baja tensión y varias entidades (Ei) de la subred de baja tensión, siendo cada entidad consumidora y/o productora de electricidad en la subred de baja tensión, **caracterizado porque** dicho sistema comprende:

- Un módulo de adquisición de una potencia eléctrica consumida y/o producida por cada entidad (Ei) de subred de baja tensión en pasos de tiempo sucesivos,
- Un módulo (M2) de control configurado para:

20 - Determinar en cada nuevo paso de tiempo una cuota (q) de producción y/o de consumo a atribuir a cada entidad (Ei),

- Determinar un valor ($q^{min}(t)$) mínimo y un valor ($q^{max}(t)$) máximo de cuota de producción y/o de consumo a respetar para cada entidad (Ei) teniendo en cuenta la potencia eléctrica consumida y/o producida en un paso de tiempo $P_{cons}(t-1)$ y $P_{prod}(t-1)$ que precede a dicho nuevo paso de tiempo,

25 - Determinar una potencia eléctrica consumida y/o producida provisional $\widetilde{p_{cons}(t)}$, $\widetilde{p_{prod}(t)}$ para cada entidad, basada en dicha potencia eléctrica consumida y/o producida adquirida en un paso de tiempo que precede a dicho nuevo paso de tiempo,

- Dicha cuota (q) de producción y/o de consumo es una solución un problema de optimización:

30 - Al menos un modelo (MD1, MD2) de datos único adquiridos por aprendizaje, aplicado a cada nuevo paso de tiempo y que comprende datos representativos de una influencia de la potencia eléctrica consumida y/o producida por cada entidad (Ei) en al menos una magnitud eléctrica vigilada,

- Restricciones técnicas a respetar para dicha al menos una magnitud vigilada,

- Dicho valor mínimo y valor máximo de cuota de producción y de consumo determinado,

- Dicha potencia eléctrica consumida y/o producida provisional determinada para cada entidad,

35 - Una función de optimización elegida para asignar las cuotas de producción y/o de consumo a las entidades,

- Determinar datos (Dx) de control de producción y/o de consumo eléctrico a aplicar a una o varias entidades de la subred de baja tensión teniendo en cuenta cada cuota de producción y/o de consumo determinada.

40 11. Sistema según la reivindicación 10, **caracterizado porque** dicha al menos una magnitud eléctrica vigilada corresponde a la norma de tensión de cada entidad en su punto de conexión.

12. Sistema según la reivindicación 11, **caracterizado porque** dichas restricciones a respetar por dicha al menos una magnitud eléctrica vigilada corresponden a un valor (U^{min}) mínimo de tensión y a un valor (U^{max}) máximo de tensión para cada entidad (Ei).

45 13. Sistema según la reivindicación 10, **caracterizado porque** dicha al menos una magnitud eléctrica vigilada corresponde a la potencia eléctrica que transita al nivel de la subestación de transformación.

14. Sistema según la reivindicación 13, **caracterizado porque** dichas restricciones a respetar por dicha al menos una magnitud eléctrica vigilada corresponden a un valor (P_{trans}^{min}) mínimo de potencia que transita al transformador y un valor (P_{trans}^{max}) máximo de potencia que transita al nivel de la subestación (P) de transformación.
- 5 15. Sistema según la reivindicación 10, **caracterizado porque** dicha al menos una magnitud eléctrica vigilada corresponde a la norma de la intensidad que transita por un cable
16. Sistema según una de las reivindicaciones 10 a 15, **caracterizado porque** dicha función de optimización es elegida de entre:
- Maximizar la suma de cuotas de producción y/o de consumo atribuidas a las entidades (Ei),
 - Maximizar la equidad de restricciones de consumo entre las entidades, o
- 10 - Maximizar el logaritmo de la potencia atribuida a cada entidad (Ei).
17. Sistema según una de las reivindicaciones 10 a 16, **caracterizado porque** el módulo (M2) de control está configurado para determinar un valor ($q^{min}(t)$) mínimo y un valor $q^{max}(t)$ máximo de cuota de protección y/o de consumo a respetar por cada entidad (Ei) teniendo en cuenta datos (D20) técnicos relativos a cada entidad (Ei), elegidos de entre uno o varios de los datos siguientes:
- 15 - Un nivel de potencia atribuido a cada entidad (Ei) según un acuerdo de aprovisionamiento,
- Datos relativos a la solución de producción eléctrica instalada en cada entidad productora,
- Una cantidad máxima de energía o de potencia "recortable" por entidad,
- Datos relativos a la capacidad de almacenamiento de la entidad (Ei) si la misma es productora.
- 20 18. Sistema según una de las reivindicaciones 10 a 17, **caracterizado porque** comprende un módulo (M1) de aprendizaje configurado para determinar un número de nuevos datos eléctricos de la red eléctrica y una actualización de dicho al menos un modelo (MD1, MD2) de datos de la red eléctrica cuando están disponibles suficientes datos eléctricos adquiridos.

Fig. 1

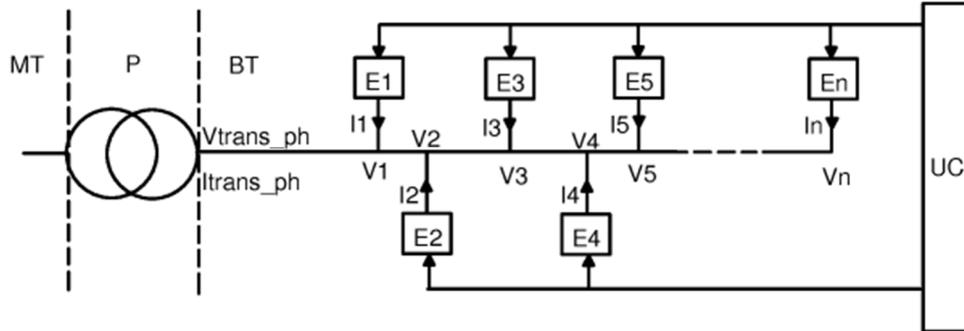


Fig. 2

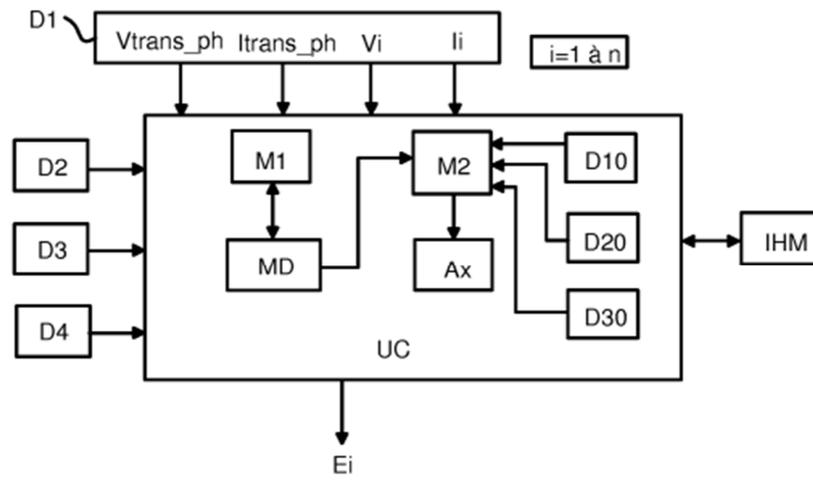


Fig. 3

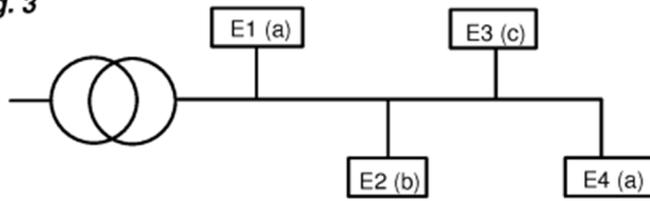


Fig. 4A

