

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 616 236**

51 Int. Cl.:

**G01D 4/00** (2006.01)

**G01R 19/25** (2006.01)

**G01R 21/133** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.10.2011 PCT/IB2011/054399**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.04.2012 WO2012052868**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.10.2011 E 11773565 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.12.2016 EP 2630448**

54 Título: **Aparatos de desagregación**

30 Prioridad:

**20.10.2010 EP 10188236**

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

**12.06.2017**

73 Titular/es:

**PHILIPS LIGHTING HOLDING B.V. (100.0%)  
High Tech Campus 45  
5656 AE Eindhoven, NL**

72 Inventor/es:

**FILIPPI, ALESSIO;  
SCHENK, TIM, CORNEEL, WILHELMUS y  
LELKENS, ARMAND, MICHEL, MARIE**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 616 236 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**

Aparatos de desagregación

**CAMPO DE LA INVENCION**

5 La invención se refiere a un aparato de desagregación, un método de desagregación y un programa informático de desagregación para identificar un consumidor eléctrico en una red eléctrica

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

10 El documento US 5.483.153 describe un detector de eventos transitorios para uso en un sistema de monitorización de carga eléctrica no intrusiva en un sitio monitorizado que tiene al menos una carga eléctrica. El detector comprende medios de adquisición de datos para adquirir y almacenar datos de patrón de transición de potencia de arranque asociados con cada carga eléctrica que se supervisa, en donde los datos transitorios de potencia corresponden a envolturas aproximadas de contenido armónico de formas de onda de corriente o tensión observadas producidas por el la menos una carga eléctrica. El detector comprende además medios de monitorización para supervisar continuamente datos de patrón de carga de potencia total en el emplazamiento, en donde los datos de patrón de carga de potencia total corresponden a una agregación de las envolturas de contenido armónico. El detector también comprende medios de procesamiento para comparar secciones que varían en el tiempo de los datos de patrones transitorios con secciones que varían en el tiempo de los datos de patrón de carga de potencia total, con el fin de identificar cada carga eléctrica.

15 El artículo "A Review of Identification and Monitoring Methods for Electric Loads in Commercial and Residential Buildings" por Y. Out at al, Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), IEEE, páginas 4527 a 4533 (2010) describe una revisión de identificación y métodos de monitorización para cargas eléctricas en edificios comerciales y residenciales. Se describe, por ejemplo, que se puede identificar un tipo de carga comparando la potencia real y la potencia reactiva registrada por un dispositivo de medición con una base de datos predefinida de potencia de carga o que una característica de potencia transitoria o transformaciones de onda de las formas de onda de corriente pueden ser usadas para identificar diferentes cargas eléctricas.

20 El artículo "Nonintrusive Appliance Load Monitoring" de George W. Hart, Proceedings of the IEEE, vol. 80, no 12, páginas 1870 a 1891, diciembre de 1992, describe un aparato para monitorizar la carga de un aparato no intrusivo en una red eléctrica. El aparato determina la potencia compleja consumida global de la red eléctrica y supervisa los cambios en esta potencia compleja. Un cambio en la potencia compleja puede considerarse como un suceso, en donde el aparato está adaptado para comparar cada evento con las características de potencia almacenadas de los consumidores eléctricos de la red eléctrica, con el fin de determinar qué consumidor eléctrico ha causado el evento real. Esto permite, por ejemplo determinar qué consumidor eléctrico se ha conectado o desconectado dependiendo de la potencia global compleja consumida de la red eléctrica. Sin embargo, este aparato tiene la desventaja de que es propenso a errores causados por eventos perdidos, reduciendo así la fiabilidad de identificar un consumidor eléctrico en la red eléctrica.

25 **SUMARIO DE LA INVENCION**

Un objeto de la presente invención es proporcionar un aparato de desagregación, un método de desagregación y un programa de ordenador de desagregación para identificar un consumidor eléctrico en una red eléctrica, en donde se puede mejorar la fiabilidad de identificar un consumidor eléctrico en la red eléctrica.

30 En un primer aspecto de la presente invención, se presenta un aparato de desagregación para identificar un consumidor eléctrico en una red eléctrica, en donde la red eléctrica comprende una fuente de energía y múltiples consumidores eléctricos, donde el aparato de desagregación comprende:

- una unidad de suministro de firma eléctrica para proporcionar firmas eléctricas de los consumidores eléctricos,
- una unidad de determinación de parámetros eléctricos para determinar un parámetro eléctrico global de la red eléctrica,
- 45 - una unidad de identificación para identificar un consumidor eléctrico dependiendo del parámetro eléctrico global determinado y correlaciones entre las firmas eléctricas de los consumidores eléctricos.

50 Puesto que la unidad de identificación identifica un consumidor eléctrico dependiendo del parámetro eléctrico global determinado y una correlación de las firmas eléctricas, la identificación de un consumidor eléctrico no depende de la detección de un evento solamente. Esto hace que la identificación sea más robusta, especialmente menos propensa a errores causados por eventos perdidos, mejorando así la fiabilidad de identificar un consumidor eléctrico en la red

eléctrica.

5 Los consumidores eléctricos son preferiblemente electrodomésticos como una lámpara, un secador de pelo, un reproductor de DVD, una olla de agua, una televisión, etcétera, o aparatos de oficina como ordenadores, pantallas, impresoras, equipos de iluminación, etc. Los consumidores eléctricos están preferiblemente conectados en paralelo en la red eléctrica.

La unidad de suministro de firma eléctrica es preferiblemente una unidad de almacenamiento, en la que se almacenan las firmas eléctricas de los consumidores eléctricos.

10 La unidad de determinación de parámetros eléctricos comprende preferiblemente un medidor de corriente y/o un medidor de tensión para medir la corriente global de la red eléctrica y/o la tensión global de la red eléctrica, respectivamente, como el parámetro eléctrico global. La unidad de determinación de parámetros eléctricos también se puede adaptar para determinar otro parámetro eléctrico global como la potencia total consumida, en particular, la potencia compleja consumida global, como el parámetro eléctrico global de la red eléctrica. La unidad de determinación de parámetros eléctricos está preferiblemente adaptada para determinar el parámetro eléctrico global en una única ubicación central, en particular en el lugar central de entrada de electricidad, como en un armario de medición.

La unidad de identificación está preferiblemente adaptada para identificar uno o varios consumidores eléctricos en la red eléctrica. En particular, si varios consumidores eléctricos están activos, es decir, por ejemplo, están conectados, la unidad de identificación puede determinar qué consumidores eléctricos están activos dependiendo del parámetro eléctrico global determinado y la correlación de las firmas eléctricas.

20 Se prefiere que las firmas eléctricas sean corrientes de firma. Preferiblemente, las firmas eléctricas son formas de onda de corriente. En particular, las firmas eléctricas representan un período de una forma de onda de corriente periódica. Si el parámetro eléctrico global es la potencia u otro parámetro eléctrico, las firmas eléctricas también pueden representar una forma de onda de potencia o una forma de onda de otro parámetro eléctrico.

25 Se prefiere además que la unidad de identificación esté adaptada para identificar un consumidor eléctrico mediante la aplicación de un método de detección multiusuario (MUD) al parámetro eléctrico global determinado, en donde los consumidores eléctricos se consideran usuarios y la red eléctrica se considera como canal de comunicación. La unidad de identificación puede adaptarse para identificar un consumidor eléctrico aplicando un método MUD de Fuerza Zero (ZF) al parámetro eléctrico global determinado o la unidad de identificación puede adaptarse para identificar a un consumidor eléctrico mediante la aplicación de un MMSE (Error por Mínimos Cuadrados Medios)

30 MUD al parámetro eléctrico total determinado. Los métodos MUD son conocidos en el campo de la teoría de las comunicaciones, por ejemplo, del libro "Multiuser Detection" por S. Verdu, Cambridge University Press, 1998. Aplicando un método MUD al parámetro eléctrico global determinado y, en particular, a las firmas para identificar un consumidor eléctrico en una red eléctrica mejoran aún más la fiabilidad de este procedimiento de identificación.

Se prefiere además que la unidad de identificación esté adaptada para

35 - determinar un vector de parámetros eléctricos global correlacionando el parámetro eléctrico global con cada firma eléctrica,

- modelar el vector de parámetros eléctrico global como dependiente de un producto de una matriz de correlación de firma, que comprende correlaciones entre las firmas eléctricas y un vector de actividad que indica el estado de actividad del consumidor eléctrico respectivo,

40 - determinar el vector de actividad de modo que se maximice una medida de similitud, que es indicativa del grado de similitud entre el vector de parámetros eléctrico global modelado y el vector de parámetros eléctricos global determinado,

- identificar un consumidor eléctrico para el cual el vector de actividad determinado indica un estado activo. Estos pasos permiten identificar al consumidor eléctrico en la red eléctrica con una fiabilidad mejorada.

45 Se prefiere que la unidad de identificación esté adaptada para modelar el vector de parámetros eléctricos global como dependiente de una suma de i) el producto de la matriz de correlación de firma y el vector de actividad, y ii) un vector de ruido. Teniendo en cuenta el ruido mejora aún más la fiabilidad de la identificación de un consumidor eléctrico en la red eléctrica.

Se prefiere además que la unidad de identificación esté adaptada para

50 - determinar un vector de parámetros eléctricos global correlacionando el parámetro eléctrico global con cada firma

eléctrica,

- determinar un vector de parámetros eléctricos global modificado dependiendo de una diferencia entre el vector de parámetros eléctricos global y un producto de una matriz de correlación de firma, que comprende correlaciones entre las firmas eléctricas y un vector unitario,

5 - modelar el vector de parámetros eléctricos global modificado como dependiente de un producto de la matriz de correlación de firma y un vector de actividad modificado, que depende de una diferencia entre un vector de actividad, que es indicativo del estado de actividad del consumidor eléctrico respectivo y una constante,

10 - determinar el vector de actividad modificado de manera que se maximiza una medida de similitud, que es indicativa del grado de similitud entre el vector de parámetros eléctricos global modificado modelado y el vector de parámetros eléctricos global modificado determinado,

15 - identificar un consumidor eléctrico para el cual el vector de actividad modificado determinado indica un estado activo. Se prefiere que la unidad de identificación esté adaptada para determinar un vector de actividad, que es indicativo del estado de actividad del consumidor eléctrico respectivo, dependiendo del signo de un término que comprende un producto de una matriz de correlación de firma de unidad inversa, que comprende correlaciones entre firmas eléctricas normalizadas y un vector de parámetros eléctricos global modificado, en donde el vector de parámetros eléctricos global modificado se determina dependiendo de la diferencia entre un vector de parámetros eléctricos global y un producto de

a) la matriz de correlación de firma de unidad, que comprende correlaciones entre las firmas eléctricas normalizadas,

20 b) una matriz de amplitud, que comprende amplitudes de una parte del parámetro eléctrico global causada por el consumidor eléctrico respectivo, y

c) un vector unitario,

en donde el vector de parámetros eléctricos global se determina correlacionando el parámetro eléctrico global con cada firma eléctrica normalizada. También estos pasos permiten identificar un consumidor eléctrico en la red eléctrica con una fiabilidad mejorada.

25 En una realización, la unidad de identificación está adaptada para modelar el vector de parámetros eléctricos global modificado como dependiente de una suma de i) el producto de la matriz de correlación de firma de unidad, la matriz de amplitud y el vector de actividad, y ii) un vector de ruido.

30 En otro aspecto de la presente invención, se presenta un método de desagregación para identificar un consumidor eléctrico en una red eléctrica, en donde la red eléctrica comprende una fuente de alimentación y múltiples consumidores eléctricos, donde el método de desagregación comprende:

- proporcionar las firmas eléctricas de los consumidores eléctricos,

- determinar un parámetro eléctrico global de la red eléctrica,

- identificar un consumidor eléctrico dependiendo del parámetro eléctrico global determinado y correlaciones entre las firmas eléctricas de los consumidores eléctricos.

35 En un aspecto adicional de la presente invención, se presenta un programa informático de desagregación para identificar un consumidor eléctrico en una red eléctrica, en donde la red eléctrica comprende una fuente de energía y múltiples consumidores eléctricos, comprendiendo el programa informático del método de desagregación medios de código de programa para hacer que un aparato de desagregación como se define en la reivindicación 1 lleve a cabo las etapas del método de desagregación como se define en la reivindicación 11, cuando el programa de ordenador se ejecuta en un ordenador que controla el aparato de desagregación.

40 Se entenderá que el aparato de desagregación de la reivindicación 1, el método de desagregación de la reivindicación 11 y un programa de ordenador de desagregación de la reivindicación 12 tienen realizaciones preferidas similares y/o idénticas como se definen en las reivindicaciones dependientes.

45 Se entenderá que una realización preferida de la invención también puede ser cualquier combinación de las reivindicaciones dependientes con la reivindicación independiente respectiva.

Estos y otros aspectos de la invención serán evidentes y se aclararán con referencia a las realizaciones descritas a

continuación.

## BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

En los siguientes dibujos:

5 La Figura 1 muestra esquemáticamente y a manera de ejemplo una realización de un aparato de desagregación para identificar un consumidor eléctrico en una red eléctrica,

Las Figuras 2 a 12 muestran las firmas eléctricas de varios consumidores eléctricos,

La Figura 13 muestra esquemáticamente y a manera de ejemplo una matriz de correlación de firma, y

La Figura 14 muestra un diagrama de flujo que ilustra una realización de un método de desagregación para identificar un consumidor eléctrico en una red eléctrica.

## 10 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE REALIZACIONES

15 La Figura 1 muestra esquemáticamente y a manera de ejemplo una realización de un aparato de desagregación para identificar un consumidor eléctrico en una red eléctrica. La red 2 eléctrica comprende una fuente 3 de alimentación y múltiples consumidores 4, 5, 6 eléctricos. El aparato 1 de desagregación comprende una unidad 7 de suministro de firma eléctrica para proporcionar firmas eléctricas de los consumidores 4, 5, 6 eléctricos, una unidad 8 de determinación de parámetros eléctricos para determinar un parámetro eléctrico global de la red 2 eléctrica y una unidad 9 de identificación para identificar un consumidor eléctrico dependiendo del parámetro eléctrico global determinado y dependiendo de una correlación de las firmas eléctricas.

20 Los consumidores 4, 5, 6 eléctricos son preferiblemente aparatos electrodomésticos o de oficina como una lámpara, un secador de pelo, un reproductor de DVD, una olla de agua, un televisor, ordenadores, impresoras, sistema de aire acondicionado, etc. Los consumidores 4, 5, 6 eléctricos están conectados en paralelo en la red 2 eléctrica.

25 La unidad 7 que proporciona la firma eléctrica es una unidad de almacenamiento en la que se almacenan las firmas eléctricas de los consumidores 4, 5, 6 eléctricos. En esta realización, las firmas eléctricas son corrientes de firma. En particular, las firmas eléctricas son formas de onda de corriente, en las que una firma eléctrica representa un periodo de una forma de onda de corriente periódica. Las firmas eléctricas de una selección de consumidores eléctricos se muestran a manera de ejemplo en las Figs. 2 a 12 en unidades arbitrarias dependiendo del tiempo en unidades arbitrarias.

30 La Figura 2 muestra una firma eléctrica de una lámpara fluorescente compacta (CFL) con una potencia nominal de 20 W. La Fig. 3 muestra una firma eléctrica de una luz incandescente que tiene una potencia nominal de 40 W. La Fig. 4 muestra una firma eléctrica de una CFL con una potencia nominal de 5 W. La Fig. 5 muestra una firma eléctrica de una lámpara halógena que tiene una potencia nominal de 20 W. La Fig. 6 muestra una firma eléctrica de una lámpara halógena con una potencia nominal de 50 W. La Fig. 7 muestra una firma eléctrica de Living Colours de la empresa Philips que tiene una potencia nominal de 14,5 W. La Fig. 8 muestra una firma eléctrica de un diodo emisor de luz que tiene una potencia nominal de 4 W. La Fig. 9 muestra una firma eléctrica de un secador de pelo que tiene una potencia nominal de 700 W. La Fig. 10 muestra una firma eléctrica de un reproductor de DVD que tiene una potencia nominal de 14 W. La Fig. 11 muestra una firma eléctrica de un televisor con Ambilight que tiene una potencia nominal de 145 W y la Fig. 12 muestra una firma eléctrica de un horno de agua que tiene una potencia nominal de 2200 W.

Las firmas eléctricas tienen diferentes formas y diferentes amplitudes de corriente.

40 La unidad 8 de determinación de parámetros eléctricos es preferiblemente un medidor de corriente para medir la corriente global de la red 2 eléctrica. La unidad 8 de determinación de parámetros eléctricos mide la corriente global en un único lugar central, en particular en el lugar central de entrada de electricidad como en un armario de medición. El aparato de desagregación comprende además un voltímetro 10 para medir la tensión de la red 2 eléctrica.

45 La unidad 9 de identificación está adaptada para identificar un consumidor eléctrico aplicando un método MUD al parámetro eléctrico global determinado que es, en esta realización, la corriente global medida. En la teoría de las comunicaciones se utilizan métodos MUD. Con el fin de adaptar los métodos MUD utilizados en la teoría de las comunicaciones al problema de desagregación de la energía, los dispositivos eléctricos se consideran "usuarios" y la red 2 eléctrica que conecta a todos los consumidores 4, 5, 6 eléctricos es considerada como el "canal de comunicación". Además, la firma actual de cada consumidor 4, 5, 6 eléctrico durante un periodo de tensión puede considerarse como el "código" del consumidor eléctrico respectivo. La aplicación de un método MUD a la corriente

50

global medida es intrínsecamente más robusta que un enfoque impulsado por eventos, porque explota más propiedades de las firmas eléctricas. Al mismo tiempo, permite derivar una combinación única de consumidores eléctricos activos.

5 Para aplicar un método MUD a la desagregación de la energía se introduce un modelo matemático que considera similitudes y diferencias entre los dos campos.

La red eléctrica descrita anteriormente con referencia a la Fig. 1 representa preferiblemente un cableado doméstico de una fase, en donde todos los aparatos, es decir, todos los consumidores eléctricos, están simplemente conectados en paralelo. La intensidad total  $i_{tot,k}(t)$  es entonces la suma de las corrientes que fluyen a través de los consumidores eléctricos  $N$  conectados en paralelo. El número de consumidores eléctricos  $N$  es, por ejemplo, tres. La corriente que pasa por un consumidor eléctrico respectivo, que está indicado por el índice  $n$ , está representada por  $A_n i_n(t)$ . En esta notación,  $A_n$  indica el valor de pico e  $i_n(t)$  la forma de onda de corriente normalizada con corriente de pico igual a uno del consumidor eléctrico respectivo indicado por el índice  $n$ .

15 La corriente  $A_n i_n(t)$  que pasa a través de un consumidor eléctrico indicado por el índice  $n$  durante un periodo de tensión  $T$  puede considerarse como la firma eléctrica del consumidor eléctrico respectivo. Durante un periodo de la forma de onda periódica, la corriente global se puede escribir como

$$i_{tot,k}(t) = \sum_{n=1}^N A_n b_{k,n} i_n(t) + \sigma \eta(t), \quad 0 \leq t < T. \quad (1)$$

En la ecuación (1), el término  $\sigma \eta(t)$  indica un ruido aditivo que puede corromper la corriente global con potencia  $\sigma^2$ . En la notación propuesta,  $\eta(t)$  tiene potencia unitaria y representa las posibles perturbaciones aditivas en la señal observada. Además, en la ecuación (1)  $b_{k,n}$  puede tener el valor uno o el valor cero, para indicar si el consumidor eléctrico con el índice  $n$  está activo (valor uno) o inactivo (valor cero) en la instancia de tiempo  $k$ . Preferiblemente, el consumidor eléctrico respectivo está activo, si está encendido, y el consumidor eléctrico respectivo está inactivo, si está desconectado. El ruido adaptativo puede ser modelado como ruido Gaussiano blanco adaptativo (AWGN). Sin embargo, en otras realizaciones, el ruido adaptativo también puede ser modelado de otra manera. Bajo el AWGN supuesto, la combinación más probable de consumidores eléctricos activos puede ser la combinación que maximiza la siguiente función:

$$\hat{b}_{k,n} = \arg \max_{b_{k,n}} \exp \left\{ -\frac{1}{2\sigma^2} \int_0^T \left( i_{tot,k}(t) - \sum_{n=1}^N A_n b_{k,n} i_n(t) \right)^2 dt \right\}. \quad (2)$$

Teniendo en cuenta la ecuación (2), una solución óptima implicaría buscar todas las combinaciones posibles de  $\hat{b}_{n,k}$  y elegir aquella para la cual  $\sum_{n=1}^N A_n \hat{b}_{k,n} i_n(t)$  está más cercana a la corriente global observada. Sin embargo, la adaptación del método MUD utilizado en el campo de la teoría de las comunicaciones al problema de desagregación puede simplificarse aun más asumiendo que el receptor usado en el campo de la teoría de las comunicaciones está hecho de un banco de filtros adaptados. Las salidas de los filtros emparejados proporcionan estadísticas suficientes, es decir, la solución óptima en el sentido de Máxima Verosimilitud se puede derivar basándose en la salida de los filtros adaptados. De este modo, la unidad 9 de identificación está preferiblemente adaptada para determinar un vector de parámetros eléctricos global  $i_k$  correlacionando la corriente eléctrica global  $i_{tot,k}$  con cada firma eléctrica  $i_n$ , de acuerdo con las siguientes dos ecuaciones:

$$i_{n,k} = \int_0^T i_{tot,k}(t) i_n(t) dt, \quad (3)$$

y

$$\mathbf{i}_k = [i_{1,k} \quad i_{2,k} \quad \dots \quad i_{N,k}]. \quad (4)$$

La unidad 9 de identificación está además adaptada para determinar una matriz de correlación de firma de unidad  $R = R_{nm}$ , que comprende correlaciones entre las firmas eléctricas como se define por la siguiente ecuación:

$$R_{nm} = \int_0^T i_n(t) i_m(t) dt \quad . \quad (5)$$

La matriz definida en la ecuación (5) se denomina matriz de correlación de firma de unidad, porque describe una correlación entre formas de onda de corriente normalizada con corriente de pico igual a uno del consumidor eléctrico respectivo indicado por el índice n.

- 5 La unidad 9 de identificación está además adaptada para determinar una matriz de amplitud A, que comprende las amplitudes  $A_n$  de las firmas eléctricas, es decir de las partes respectivas de la corriente eléctrica global causada por los respectivos consumidores eléctricos activos, según se define por la siguiente ecuación:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} A_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & A_2 & & \\ \vdots & & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & & A_N \end{bmatrix} . \quad (6)$$

10 La matriz de correlación de firma de unidad R y la matriz de amplitud A forman una matriz de correlación de firma, que se puede determinar de antemano, por ejemplo, antes de que se mida la corriente global real porque el valor de pico  $A_n$  y la forma de onda de corriente normalizada en  $i_n(t)$  son indicativos del consumidor eléctrico respectivo y son conocidos, por ejemplo, por mediciones iniciales de las firmas eléctricas de los consumidores eléctricos. Las formas de onda de corriente se toman preferiblemente en un periodo de tensión y se sincronizan preferiblemente con respecto al periodo de tensión. En otra realización, las formas de onda de corriente también pueden tomarse durante más de un periodo de tensión, en donde también en este caso las formas de onda de corriente están sincronizadas con respecto a los periodos de tensión. Las formas de onda de corriente pueden sincronizarse registrando cada forma de onda de corriente con respecto a un periodo de tensión que parte de un cruce a cero positivo, es decir, de negativo a positivo, del periodo de tensión. De este modo, la unidad 9 de identificación puede comprender una unidad de almacenamiento, en la cual la matriz de correlación de firma de unidad R y la matriz de amplitud A se almacenan ya y desde la cual se puede recuperar la matriz de correlación de unidad de firma y la matriz de amplitud para identificar uno o varios consumidores eléctricos, que están activas, en particular, que están conectadas. En lugar de almacenar una matriz de correlación de firma de unidad separada R y una matriz A de amplitud separada también se puede almacenar en la unidad de almacenamiento una matriz de correlación de firma que comprende correlaciones de firmas eléctricas que tienen la amplitud respectiva.

- 25 La unidad 9 de identificación está además adaptada para modelar el vector de parámetros eléctrico global  $i_k$  como dependiente de un producto de la matriz de correlación de firma de unidad, siendo la matriz de amplitud y un vector de actividad  $b_k$  indicativos del estado de actividad del consumidor eléctrico respectivo como se define en la ecuación:

$$\mathbf{i}_k = \mathbf{R}\mathbf{A}\mathbf{b}_k + \sigma\boldsymbol{\eta}, \quad (7)$$

en donde el vector de actividad puede definirse en la siguiente ecuación:

$$30 \quad \mathbf{b}_k = [b_{k,1} \quad b_{k,2} \quad \dots \quad b_{k,N}]^T . \quad (8)$$

En la ecuación (7) el término de ruido adaptativo  $\sigma\boldsymbol{\eta}$  comprende un vector de ruido  $\boldsymbol{\eta}$  definido por las siguientes ecuaciones:

$$\boldsymbol{\eta} = [\eta_1 \quad \eta_2 \quad \dots \quad \eta_N]^T \quad y \quad (9)$$

$$\eta_n = \int_0^T \boldsymbol{\eta}(t) i_n(t) dt \quad . \quad (10)$$

- 35 La unidad 9 de identificación está adaptada para determinar el vector de actividad  $b_k$  de tal manera que se maximice una medida de similitud, que es indicativa del grado de similitud entre el vector de parámetros eléctrico global modelado y el vector de parámetros eléctricos global  $i_k$  determinado, e identificar uno o varios consumidores eléctricos para los cuales el vector de actividad determinado  $b_k$  indica un estado activo. La medida de similitud es,

por ejemplo, la norma euclidiana inversa del vector de diferencia del vector de parámetros eléctrico global modelado y el vector de parámetros eléctricos global determinado. La unidad 9 de identificación puede adaptarse para determinar dicho vector de actividad aplicando un método MUD convencional a la notación de matriz compacta de la corriente global como se define en la ecuación (7). El vector de actividad  $\mathbf{b}_k$  resultante en la instancia de tiempo  $k$  determina qué consumidores eléctricos están activos y qué consumidores eléctricos están inactivos en esa instancia de tiempo particular. Pueden usarse diferentes métodos MUD para determinar el vector de actividad. La elección del método MUD respectivo puede depender de las propiedades de la matriz de correlación de firmas, del vector de ruido y de la potencia computacional disponible. Por ejemplo, si la matriz de correlación es invertible y la potencia de ruido es baja con respecto a la potencia de señal útil, es decir, las firmas actuales, el método de detección MUD de Fuerza Zero (ZF) podría ser la elección preferida.

Por lo tanto, la unidad 9 de identificación puede adaptarse para, por ejemplo, identificar un consumidor eléctrico aplicando un método MUD de ZF o un método MUD de Error por Mínimos Cuadrados Medios (MMSE) a la corriente eléctrica global determinada. En el campo de la teoría de las comunicaciones, estos métodos MUD se conocen, por ejemplo, del mencionado libro de S. Verdu. El método ZF MUD o el método MMSE MUD se utiliza preferiblemente con la notación de matriz compacta de la corriente global como se define en la ecuación (7).

En particular, la unidad 9 de identificación está preferiblemente adaptada para modificar el vector de parámetros eléctricos global  $\mathbf{i}_k$  de tal manera que se genere un vector de parámetros eléctricos global modificado  $\tilde{\mathbf{i}}_k$  en función de una diferencia entre el vector de parámetros eléctricos global  $\mathbf{i}_k$  y un producto de la matriz de correlación de firma de unidad  $\mathbf{R}$ , una matriz de amplitud  $\mathbf{A}$  y un vector unitario  $\mathbf{1}$  de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\tilde{\mathbf{i}}_k = 2\mathbf{i}_k - \mathbf{R}\mathbf{A}\mathbf{1}, \quad (11)$$

en donde el vector unitario  $\mathbf{1}$  indica un vector de tamaño adecuado con elementos todos iguales a uno. Si la ecuación (7) se sustituye en la ecuación (11) se obtiene la siguiente ecuación:

$$\tilde{\mathbf{i}}_k = \mathbf{R}\mathbf{A}(2\mathbf{b}_k - \mathbf{1}) + 2\sigma\boldsymbol{\eta} = \mathbf{R}\mathbf{A}\tilde{\mathbf{b}}_k + 2\sigma\boldsymbol{\eta}. \quad (12)$$

En una realización, la unidad 9 de identificación puede por lo tanto también adaptarse para modelar el vector de parámetros eléctrico global modificado  $\tilde{\mathbf{i}}_k$  como dependiente de un producto de la matriz de correlación de firma de unidad  $\mathbf{R}$ , de la matriz de amplitud  $\mathbf{A}$  y de un vector de actividad modificado  $\tilde{\mathbf{b}}_k$ , que depende de una diferencia entre el vector de actividad  $\mathbf{b}_k$  y una constante preferiblemente de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\tilde{\mathbf{b}}_k = (2\mathbf{b}_k - \mathbf{1}). \quad (13)$$

Como se puede ver en la ecuación (12), también en esta realización se considera un término de ruido adicional. La unidad 9 de identificación puede adaptarse para determinar el vector de actividad modificado  $\tilde{\mathbf{b}}_k$  de tal manera que se maximice una medida de similitud, que sea indicativa del grado de similitud entre el vector de parámetros eléctrico global modificado y el vector de parámetros eléctricos global modificado determinado y para identificar un consumidor eléctrico para el cual el vector de actividad modificado determinado  $\tilde{\mathbf{b}}_k$  indica un estado activo. También en esta realización la medida de similitud es, por ejemplo, la norma euclidiana inversa de un vector de diferencia entre el vector de parámetros eléctricos global modificado y el vector de parámetros eléctricos global modificado determinado. La unidad 9 de identificación puede adaptarse para determinar un vector de actividad modificado  $\tilde{\mathbf{b}}_k$ , que maximiza la medida de similitud, aplicando un método MUD a la ecuación (12). Por ejemplo, la unidad 9 de identificación puede adaptarse para aplicar el método convencional de ZF MUD tal como se presenta en el libro mencionado anteriormente de S. Verdu a la ecuación (12), determinando de este modo el vector de actividad de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\hat{\tilde{\mathbf{b}}}_k = \text{sign}(\mathbf{R}^{-1}\tilde{\mathbf{i}}_k) = \text{sign}(\mathbf{A}\tilde{\mathbf{b}}_k + 2\mathbf{R}^{-1}\sigma\boldsymbol{\eta}). \quad (14)$$

Si la unidad 9 de identificación está adaptada para aplicar un método MUD MMSE a la ecuación (12), el vector de actividad modificado se determina preferiblemente de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\hat{\tilde{\mathbf{b}}}_k = \text{sign}\left[\left(\mathbf{R} + \sigma^2\mathbf{A}^{-2}\right)^{-1}\tilde{\mathbf{i}}_k\right]. \quad (15)$$

De acuerdo con la ecuación (13), si el valor de actividad modificado determinado  $\tilde{b}_{k,n}$  es  $+1$ , el valor respectivo  $b_{k,n}$

5 del vector de actividad es uno y, si el valor  $\hat{b}_{k,n}$  es -1, el valor respectivo  $b_{k,n}$  del vector de actividad es cero. Por lo tanto, se puede definir un umbral cero, donde, si el valor respectivo del vector de actividad modificado es mayor que el umbral, el consumidor eléctrico respectivo es activo en la instancia de tiempo respectiva y, si el valor respectivo del vector de actividad modificado es menor que el umbral, el consumidor eléctrico respectivo es inactivo en la instancia de tiempo respectiva.

La Figura 13 ilustra a manera de ejemplo una matriz de correlación de firma de unidad R que comprende correlaciones, que se basan en las firmas eléctricas mostradas en las Figs. 2 a 12.

10 La unidad 9 de identificación puede además adaptarse para determinar el consumo de energía de los consumidores eléctricos, que han sido identificados como activos. La unidad 9 de identificación determina en cada instante de tiempo qué consumidor eléctrico está conectado y qué consumidor eléctrico está desconectado. Además, la unidad 9 de identificación puede adaptarse para determinar en cada momento la potencia consumida por el consumidor eléctrico respectivo multiplicando la amplitud  $A_n$  del consumidor eléctrico respectivo por la tensión medida. La unidad 9 de identificación puede integrar la potencia determinada del consumidor eléctrico respectivo a lo largo del tiempo, con el fin de determinar el consumo de energía del consumidor eléctrico respectivo. Esto se puede realizar para 15 cada consumidor eléctrico, que está encendido, con el fin de determinar para cada consumidor eléctrico activo la energía consumida. Por ejemplo, si se ha determinado que un consumidor eléctrico consume una potencia de 1 W y si se ha determinado que el consumidor eléctrico respectivo estaba encendido durante una hora, la energía consumida se puede determinar como 1 Wh.

20 En lo que sigue, se describirá a manera de ejemplo una realización de un método de desagregación para identificar un consumidor eléctrico en una red eléctrica, con referencia a un diagrama de flujo mostrado en la Fig. 14.

25 En la etapa 101, se proporcionan las firmas eléctricas de los consumidores 4, 5, 6 eléctricos. Las firmas eléctricas son proporcionadas por una unidad 7 que proporciona la firma eléctrica en la que se almacenan las firmas eléctricas de los consumidores 4, 5, 6 eléctricos. Antes de almacenar, las firmas eléctricas se pueden determinar entrenando el aparato de desagregación, en particular, usando soluciones de autoentrenamiento. Un método de entrenamiento preferido consiste en encender cada uno de los consumidores eléctricos individuales en el momento y almacenar la firma eléctrica correspondiente en forma de la corriente  $i_n(t)$  que debería ser sincronizada adicionalmente con respecto a la forma de onda de voltaje. La firma actual  $i_n(t)$  representa un período único que podría mejorarse promediando en períodos múltiples. Se pueden usar otros métodos de entrenamiento para determinar las firmas eléctricas, las cuales se almacenan entonces en la unidad 7 que proporciona la firma eléctrica.

30 En la etapa 102, se determina un parámetro eléctrico global de la red 2 eléctrica. En particular, se mide una corriente eléctrica global de la red 2 eléctrica. En la etapa 103, se identifica un consumidor eléctrico dependiendo del parámetro eléctrico global determinado y una correlación de las firmas eléctricas. En particular, uno o varios consumidores eléctricos, que son activos, se identifican aplicando un método MUD al parámetro eléctrico global determinado, en donde se considera la matriz de correlación de firma utilizando, por ejemplo, la ecuación (7) o la 35 ecuación (12) con el método MUD.

El ecosistema energético está experimentando cambios significativos debido a tres factores principales: la liberalización del mercado de la energía al menos en la UE, el aumento de los costes de la energía y la mayor sensibilidad del público sobre la huella ecológica de las fuentes de energía.

40 Los dos últimos aspectos también están detrás de la necesidad del usuario validado para comprender y controlar mejor su consumo de energía y su factura de energía. La Monitorización No Intrusiva de Carga (NILM) es la tecnología más prometedora para satisfacer esta necesidad del usuario. La NILM promete proporcionar al usuario todos los detalles sobre la cantidad de energía que cada electrodoméstico consume con la instalación de un solo sensor.

45 Una diferencia principal entre los aparatos de desagregación y los métodos de desagregación conocidos y el presente aparato de desagregación y método de desagregación es el hecho de que se utiliza la matriz de correlación. Básicamente, el aparato de desagregación y el método de desagregación tienen en cuenta la "diafonía" entre los consumidores eléctricos activos, en lugar de verlo como interferencia.

50 En una realización, la unidad 9 de identificación puede adaptarse para promediar la corriente total medida por la unidad 8 de determinación de parámetros eléctricos en determinados intervalos de tiempo y utilizar la corriente total promediada, que corresponde a varios intervalos de tiempo, para identificar un consumidor eléctrico como se describe arriba, es decir, en las ecuaciones descritas anteriormente, en lugar de la corriente realmente medida, se puede usar la corriente media, que corresponde a varios intervalos de tiempo sobre los cuales se ha promediado la corriente. Esto puede reducir el ruido y, de este modo, mejorar la calidad de identificación de un consumidor eléctrico en la red eléctrica.

- 5 Aunque en las realizaciones descritas anteriormente a cada consumidor eléctrico sólo se asigna una única firma eléctrica, también se pueden asignar varias firmas eléctricas al mismo consumidor eléctrico, en donde las varias firmas eléctricas corresponden a varios estados en funcionamiento del consumidor eléctrico respectivo. De este modo, la unidad de identificación se puede adaptar para identificar un consumidor eléctrico y para determinar el estado actual del consumidor eléctrico identificado. Por ejemplo, un consumidor eléctrico como un televisor puede tener una firma eléctrica de reserva y una firma eléctrica completamente conmutada, en la que la unidad de identificación puede adaptarse para identificar al consumidor eléctrico y determinar si el consumidor eléctrico identificado está en un estado de reposo, dependiendo de la correlación de todas las firmas eléctricas incluyendo la firma eléctrica de reposo y la firma eléctrica de estar completamente encendido.
- 10 Aunque en las realizaciones descritas anteriormente, se han aplicado determinados métodos MUD al parámetro eléctrico global, en particular, a la corriente global, con el fin de identificar uno o varios consumidores eléctricos que están activos, también se pueden aplicar otros métodos MUD, en particular, también otros métodos MUD lineales, al parámetro eléctrico total determinado.
- 15 Aunque en las realizaciones descritas anteriormente la unidad de determinación de parámetros eléctricos está adaptada para medir una corriente global de la red eléctrica, además o alternativamente la unidad de determinación de parámetros eléctricos también puede adaptarse para medir un voltaje de la red eléctrica. En particular, la unidad de determinación de parámetros eléctricos puede adaptarse para determinar la potencia global consumida, por ejemplo, la potencia compleja consumida global basada en la corriente global medida y la tensión medida como el parámetro eléctrico global de la red eléctrica. Correspondientemente, las firmas eléctricas de los consumidores eléctricos también pueden ser formas de onda de potencia.
- 20 Aunque en la realización descrita anteriormente con referencia a la Figura 1, la red eléctrica comprende tres consumidores eléctricos, la red eléctrica puede comprender también más o menos tres de consumidores eléctricos, estando el aparato de desagregación adaptado para identificar uno o varios de estos consumidores eléctricos, los cuales son activos, en particular, los que están conectados.
- 25 Otras variantes de las realizaciones descritas pueden ser entendidas y ejecutadas por los expertos en la técnica en la práctica de la invención reivindicada, a partir de un estudio de los dibujos, la divulgación y las reivindicaciones adjuntas.
- En las reivindicaciones, la palabra "comprendiendo" no excluye otros elementos o etapas, y el artículo indefinido "un" o "una" no excluye una pluralidad.
- 30 Una sola unidad o dispositivo puede cumplir las funciones de varios artículos enumerados en las reivindicaciones. El mero hecho de que ciertas medidas se citen en reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes no indica que una combinación de estas medidas no pueda utilizarse con ventaja.
- 35 Determinaciones como la determinación de un parámetro eléctrico global, de un vector de parámetros eléctricos global, de un vector de actividad, etcétera, u otras etapas de método realizadas por una o varias unidades o dispositivos pueden realizarse por cualquier otro número de unidades o dispositivos. Las determinaciones y cálculos y/o el control del aparato de desagregación de acuerdo con el método de desagregación se pueden implementar como medios de código de programa de un programa de ordenador y/o como hardware dedicado.
- 40 Un programa informático puede ser almacenado/distribuido en un medio adecuado, tal como un medio de almacenamiento óptico o un medio de estado sólido, suministrado junto con o como parte de otro hardware, pero también puede distribuirse en otras formas, tales como a través de Internet u otros sistemas de telecomunicaciones cableados o inalámbricos.
- Cualquier signo de referencia en las reivindicaciones no debe interpretarse como limitante del alcance.
- 45 La invención se refiere a un aparato de desagregación para identificar un consumidor eléctrico en una red eléctrica. Una unidad de suministro de firma eléctrica proporciona firmas eléctricas de los consumidores eléctricos, y una unidad de determinación de parámetros eléctricos determina un parámetro eléctrico global de la red eléctrica. Una unidad de identificación identifica un consumidor eléctrico dependiendo del parámetro eléctrico global determinado y una correlación de las firmas eléctricas. Puesto que la unidad de identificación identifica un consumidor eléctrico dependiendo del parámetro eléctrico global determinado y una correlación de las firmas eléctricas, la identificación de un consumidor eléctrico no depende de la detección de un evento solamente. Esto hace que la identificación sea más robusta, especialmente menos propensa a errores causados por eventos omitidos, mejorando así la fiabilidad de identificar un consumidor eléctrico en la red eléctrica.
- 50

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato de desagregación para identificar un consumidor eléctrico en una red eléctrica, donde la red (2) eléctrica comprende una fuente (3) de energía y múltiples consumidores (4, 5, 6) eléctricos, comprendiendo el aparato (1) de desagregación:
- 5 - una unidad (7) de suministro de firma eléctrica para proporcionar firmas eléctricas ( $i_n$ ) de los consumidores (4, 5, 6) eléctricos,
- una unidad (8) de determinación de parámetros eléctricos para determinar un parámetro eléctrico global ( $i_{tot,k}$ ) de la red (2) eléctrica,
- 10 - una unidad (9) de identificación para identificar un consumidor eléctrico en función del parámetro eléctrico global determinado ( $i_{tot,k}$ ) y correlaciones entre las firmas eléctricas ( $i_n$ ) de los consumidores (4, 5, 6) eléctricos.
2. Aparato de desagregación según la reivindicación 1, en donde las firmas eléctricas ( $i_n$ ) son corrientes de firma.
3. Aparato de desagregación según la reivindicación 1, en donde la unidad (9) de identificación está adaptada para identificar un consumidor eléctrico mediante la aplicación de un método de detección multiusuario (MUD) al parámetro eléctrico global determinado ( $i_{tot,k}$ ), en donde los consumidores eléctricos son considerados como usuarios y la red eléctrica se considera como canal de comunicación.
- 15 4. El aparato de desagregación según la reivindicación 3, en donde la unidad (9) de identificación está adaptada para identificar un consumidor eléctrico aplicando Fuerza Zero (ZF) del método de MUD al parámetro eléctrico global determinado ( $i_{tot,k}$ ).
5. El aparato de desagregación según la reivindicación 3, en donde la unidad (9) de identificación está adaptada para identificar un consumidor eléctrico aplicando un Error por Mínimos Cuadrados Medios (MMSE) del método de MUD al parámetro eléctrico global determinado ( $i_{tot,k}$ ).
- 20 6. El aparato de desagregación según la reivindicación 1, en donde la unidad (9) de identificación está adaptada para
- 25 - determinar un vector de parámetros eléctricos global ( $i_k$ ) correlacionando el parámetro eléctrico global ( $i_{tot,k}$ ) con cada firma eléctrica ( $i_n$ )
- modelar el vector de parámetros eléctrico global ( $i_k$ ) como dependiente de un producto de una matriz de correlación de firma (RA), que comprende correlaciones entre las firmas eléctricas, y un vector de actividad ( $b_k$ ) indicativo del estado de actividad del consumidor eléctrico respectivo,
- 30 - determinar el vector de actividad ( $b_k$ ) de tal manera que se maximice una medida de similitud, que sea indicativa del grado de similitud entre el vector de parámetros eléctrico global modelado y el vector de parámetros eléctricos global determinado ( $i_k$ )
- identificar un consumidor eléctrico para el cual el vector de actividad determinado ( $b_k$ ) indica un estado activo.
7. El aparato de desagregación según la reivindicación 6, en donde la unidad (9) de identificación está adaptada para modelar el vector de parámetros eléctricos global ( $i_k$ ) como dependiente de una suma de i) el producto de la matriz de correlación de firma (RA) y el vector de actividad ( $b_k$ ), y ii) un vector de ruido ( $\sigma\eta$ ).
- 35 8. Aparato de desagregación según la reivindicación 1, en donde la unidad (9) de identificación está adaptada para
- determinar un vector de parámetros eléctrico global ( $i_k$ ) correlacionando el parámetro eléctrico global ( $i_{tot,k}$ ) con cada firma eléctrica ( $i_n$ ),
- 40 - determinar un vector de parámetros eléctricos global modificado ( $\tilde{i}_k$ ) dependiendo de una diferencia entre el vector de parámetros eléctrico global ( $i_k$ ) y un producto de una matriz de correlación de firma (RA), que comprende correlaciones entre las firmas eléctricas, y un vector unitario (1),
- modelar el vector de parámetros eléctricos global modificado ( $\tilde{i}_k$ ) como dependiente de un producto de la matriz de correlación de firma (RA) y un vector de actividad modificado ( $\tilde{b}_k$ ), que depende de una diferencia entre un vector de actividad ( $b_k$ ) que es indicativo del estado de actividad del consumidor eléctrico respectivo, y una constante,

- determinar el vector de actividad modificado ( $\vec{b}_k$ ) de tal manera que se maximice una medida de similitud, que es indicativa del grado de similitud entre el vector de parámetros eléctrico global modificado y el vector de parámetros eléctricos global modificado ( $\vec{i}_k$ ),

5 - identificar un consumidor eléctrico para el cual el vector de actividad modificado determinado ( $\vec{b}_k$ ) indica un estado activo.

9. Aparato de desagregación según la reivindicación 1, en donde la unidad (9) de identificación está adaptada para determinar un vector de actividad ( $\vec{b}_k$ ) que es indicativo del estado de actividad del consumidor eléctrico respectivo, dependiendo del signo de un término que comprende un producto de una matriz de correlación de firma de unidad inversa ( $R^{-1}$ ), que comprende correlaciones entre firmas eléctricas normalizadas ( $i_n$ ) y un vector de parámetros eléctricos global modificado ( $\vec{i}_k$ ), en donde el vector de parámetros eléctricos global modificado ( $\vec{i}_k$ ) se determina dependiendo de una diferencia entre un vector de parámetros eléctricos global ( $i_k$ ) y un producto de

10 a) la matriz de correlación de firma de unidad ( $R$ ), que comprende correlaciones entre las firmas eléctricas normalizadas ( $i_n$ ),

15 b) una matriz de amplitud ( $A$ ), que comprende amplitudes ( $A_n$ ) de una parte del parámetro eléctrico global causada por el consumidor eléctrico respectivo, y

c) un vector unitario ( $1$ ),

en donde el vector de parámetros eléctricos global ( $i_k$ ) se determina correlacionando el parámetro eléctrico global ( $i_{tot,k}$ ) con cada firma eléctrica normalizada ( $i_n$ ).

20 10. Aparato de desagregación según la reivindicación 9, en donde la unidad (9) de identificación está adaptada para modelar el vector de parámetros eléctricos global modificado ( $\vec{i}_k$ ) como dependiente de una suma de i) el producto de la matriz de correlación de firma de unidad ( $R$ ), la matriz de amplitud ( $A$ ) y el vector de actividad ( $b_k$ ), y ii) un vector de ruido ( $\sigma\eta$ ).

25 11. Un método de desagregación para identificar un consumidor eléctrico en una red eléctrica, en donde la red eléctrica comprende una fuente de energía y múltiples consumidores eléctricos, comprendiendo el método de desagregación:

- proporcionar las firmas eléctricas de los consumidores eléctricos,

- determinar un parámetro eléctrico global de la red eléctrica,

- identificar un consumidor eléctrico dependiendo del parámetro eléctrico global determinado y correlaciones entre las firmas eléctricas de los consumidores eléctricos.

30 12. Un programa informático de desagregación para identificar un consumidor eléctrico en una red eléctrica, donde la red eléctrica comprende una fuente de energía y múltiples consumidores eléctricos, comprendiendo el programa informático de desagregación medios de código de programa para hacer que un aparato de desagregación como se define en la reivindicación 1 lleve a cabo las etapas del método de desagregación como se define en la reivindicación 11, cuando el programa de ordenador se ejecuta en un ordenador que controla el aparato de

35 desagregación.

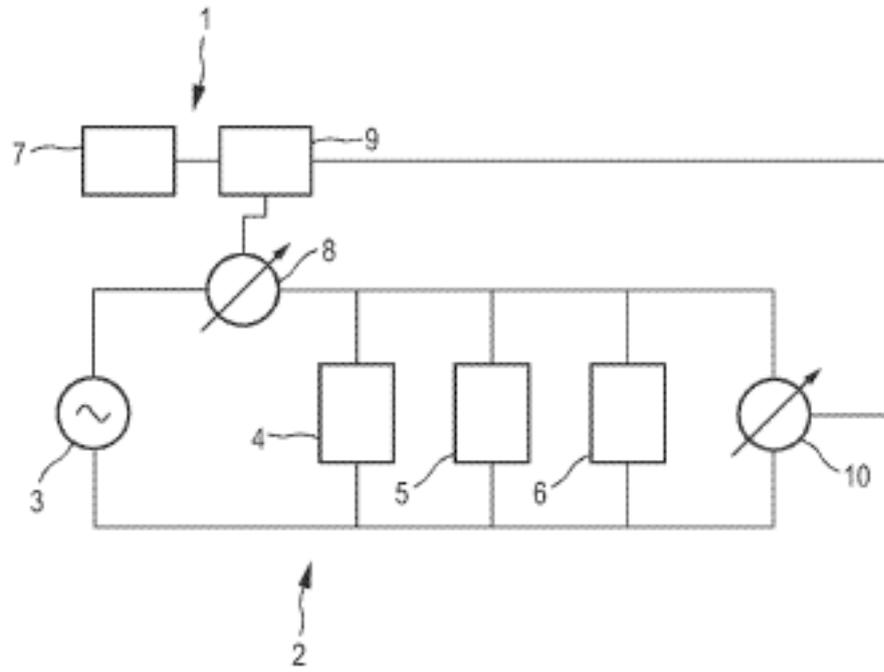


FIG. 1

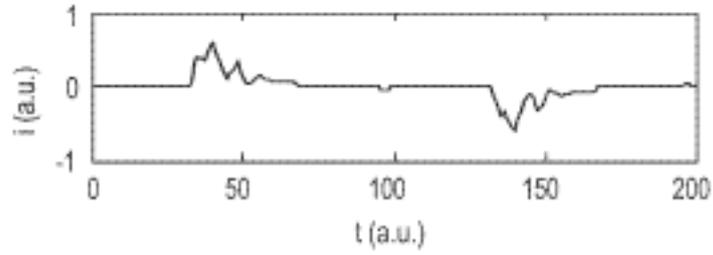


FIG. 2

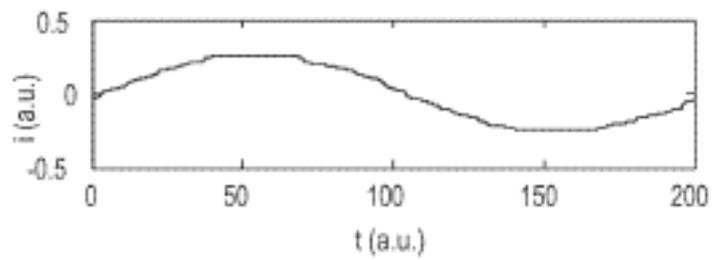


FIG. 3

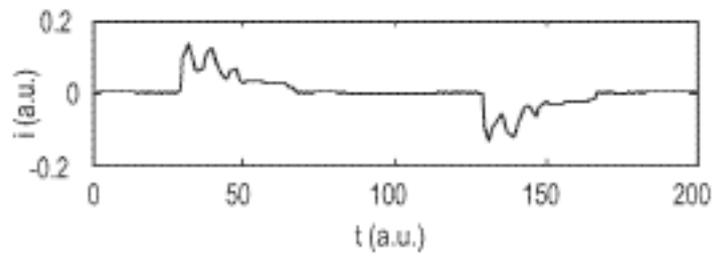


FIG. 4

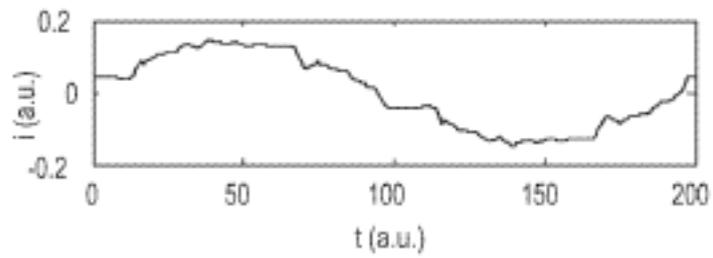


FIG. 5

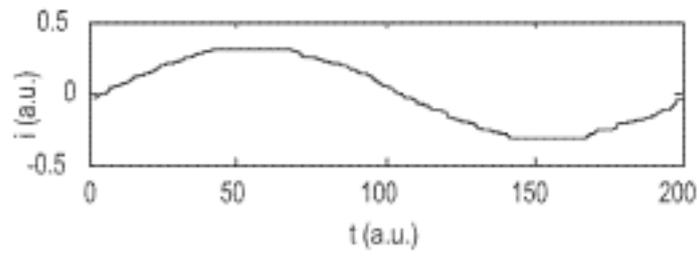


FIG. 6

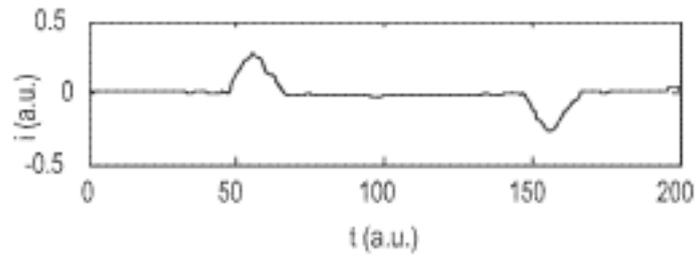


FIG. 7

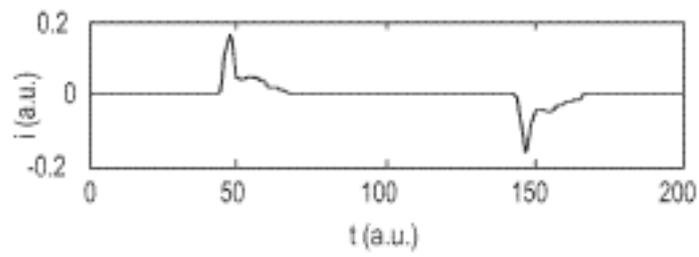


FIG. 8

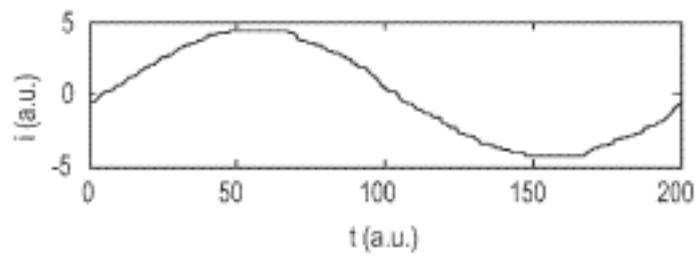


FIG. 9

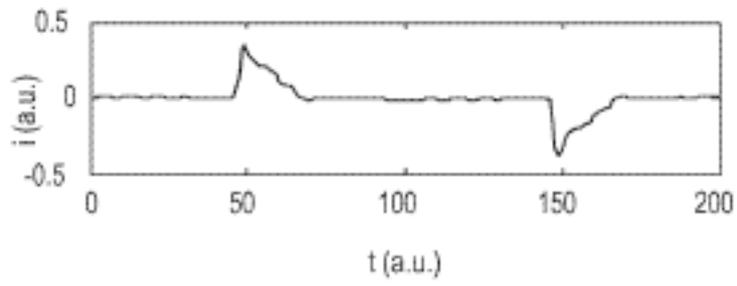


FIG. 10

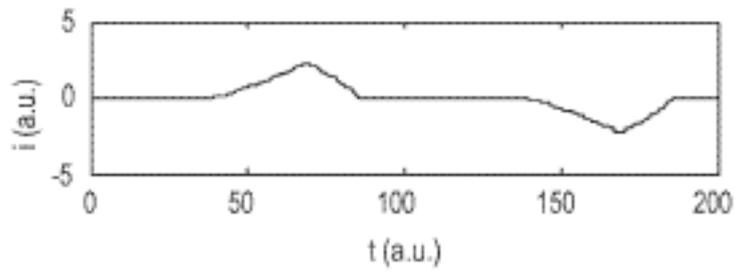


FIG. 11

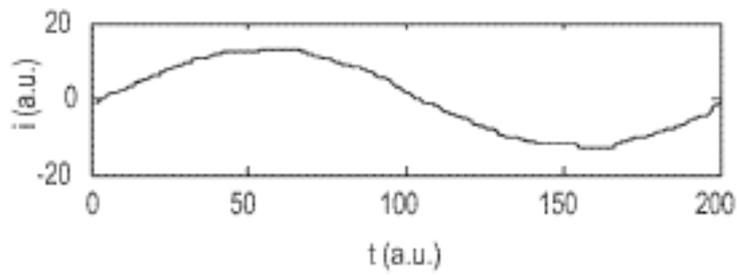


FIG. 12

	Fig. 2	Fig. 3	Fig. 4	Fig. 5	Fig. 6	Fig. 7	Fig. 8	Fig. 9	Fig. 10	Fig. 11	Fig. 12
Fig. 2	1.000	0.591	0.812	0.650	0.588	0.311	0.416	0.580	0.386	0.204	0.584
Fig. 3	0.591	1.000	0.642	0.951	1.000	0.524	0.499	0.999	0.543	0.750	1.000
Fig. 4	0.812	0.642	1.000	0.707	0.639	0.328	0.370	0.630	0.338	0.220	0.635
Fig. 5	0.650	0.951	0.707	1.000	0.949	0.572	0.500	0.943	0.558	0.653	0.951
Fig. 6	0.588	1.000	0.639	0.949	1.000	0.524	0.499	1.000	0.543	0.754	1.000
Fig. 7	0.311	0.524	0.328	0.572	0.524	1.000	0.497	0.523	0.803	0.454	0.526
Fig. 8	0.416	0.499	0.370	0.500	0.499	0.497	1.000	0.498	0.761	0.333	0.497
Fig. 9	0.580	0.999	0.630	0.943	1.000	0.523	0.498	1.000	0.543	0.764	0.999
Fig. 10	0.386	0.543	0.338	0.558	0.543	0.803	0.781	0.543	1.000	0.413	0.543
Fig. 11	0.204	0.750	0.220	0.653	0.754	0.454	0.333	0.764	0.413	1.000	0.757
Fig. 12	0.584	1.000	0.635	0.951	1.000	0.526	0.497	0.999	0.543	0.757	1.000

FIG. 13

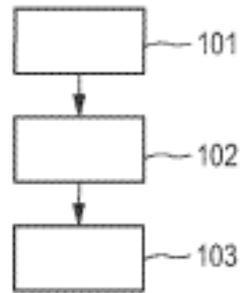


FIG. 14