

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 660 449**

51 Int. Cl.:

**H02J 3/00** (2006.01)

**H02J 3/12** (2006.01)

**G05F 1/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.02.2015 E 15382062 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.11.2017 EP 3059829**

54 Título: **Sistema y método de regulación de energía en instalaciones eléctricas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**22.03.2018**

73 Titular/es:

**GESTIÓN E INNOVACIÓN EN EFICIENCIA  
ENERGÉTICA, S.L (100.0%)  
C/ Los Prados No. 166, Edificio Centro  
Tecnológico  
33203 Gijón (Asturias), ES**

72 Inventor/es:

**COLLANTES BELLIDO, RAFAEL y  
DOMÍNGUEZ PINO, ÓSCAR**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 660 449 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).

**DESCRIPCION**

Sistema y método de regulación de energía en instalaciones eléctricas

5 **OBJETO DE LA INVENCION**

La presente invención está dirigida a un sistema y un método para la regulación del nivel de tensión en cargas eléctricas minimizando el consumo de energía en una instalación eléctrica.

10 **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

Los distintos sistemas eléctricos que conforman las instalaciones eléctricas originan un consumo energético. En la actualidad existen especificaciones técnicas que exigen una mayor eficiencia en el consumo energético, de manera que éste se reduzca.

15 Para conseguir una mejora en la eficiencia energética de los distintos tipos de instalaciones, es necesario un sistema que permita gestionar la energía consumida en dichas instalaciones mediante distintos sistemas, como por ejemplo, un control inteligente.

20 Se puede conseguir una mayor eficiencia energética de las instalaciones eléctricas mediante una reducción de la potencia eléctrica que circula por éstas. Para esto, existen distintas soluciones tecnológicas.

En primer lugar, los reductores de voltaje que son sistemas que reducen de forma estática el voltaje del sistema eléctrico independientemente de la curva de carga de dicho sistema, obteniéndose así una reducción en el  
25 consumo de energía cuando la carga conectada es de carácter resistivo. Sin embargo, en caso de que en la instalación existan otros tipos de cargas, el ahorro energético obtenido a través de los reductores de voltaje es muy escaso, llegando incluso a originarse un mayor consumo al originarse fuertes subidas de corriente en el sistema eléctrico para compensar la excesiva bajada de tensión sufrida cuando la tensión de suministro de la red eléctrica sufre bajadas.

30 También son conocidos los autotransformadores que, combinados con un sistema que recorte la onda de tensión suministrada por la red eléctrica, conforman dispositivos como el sistema anteriormente citado. En este caso, el autotransformador incorpora la capacidad de recortar la onda de tensión suministrada, de forma que existe una cierta capacidad de control de la tensión por su parte. No obstante, el dimensionamiento de un sistema de este tipo  
35 es complicado, dado que la electrónica de potencia asociada a un sistema de este tipo es la que soporta toda la intensidad del sistema. Adicionalmente, esta tecnología genera elevados niveles de distorsión armónica, que afecta al correcto funcionamiento del sistema eléctrico.

Otro sistema conocido en el estado de la técnica que permite una reducción del consumo energético en  
40 instalaciones eléctricas son los transformadores de bobinado cruzado. Este es un sistema que permite aprovechar las ventajas obtenidas de cruzar las fases de un transformador, mejorando así las propiedades del sistema de suministro eléctrico pero la reducción de voltaje obtenida es estática y constante, por lo que cuenta con las mismas desventajas que los reductores de voltaje.

Por último, son también conocidos los sistemas de transmisión flexible de corriente alterna (FACTS). Estos sistemas se utilizan en grandes redes eléctricas para mejorar la capacidad en las redes de transmisión de energía y equilibrar la potencia eléctrica entre los distintos nodos de la red. No obstante, son dispositivos complejos y sofisticados, y no están orientados a sistemas de baja tensión.

Como ya se ha mencionado, el dimensionamiento y la capacidad de respuesta del sistema a los cambios de las instalaciones es uno de los mayores problemas de este tipo de sistemas en cuanto a la gestión del consumo de energía de las instalaciones eléctricas.

El documento JP2005292948A describe un dispositivo de ahorro de energía que ayuda a minimizar el consumo de potencia de una carga conectada a un sistema de distribución de electricidad a través de medios reguladores de voltaje. El dispositivo de ahorro de energía que se instala en un sistema de distribución de electricidad de un cliente y que minimiza el consumo de potencia de una carga conectada a él comprende medios de medida de potencia que miden la potencia en el lado de la carga desde el punto de la instalación, y medios de regulación de voltaje que regulan el voltaje de salida de forma que la lectura de potencia medida por los medios de medida de potencia se minimice. Adicionalmente, este dispositivo de ahorro de energía está equipado con un limitador que limita el valor del voltaje en un rango predeterminado fijando límites superior e inferior al valor del voltaje saliente de los medios de regulación de voltaje.

El documento US2003187550A1 se refiere a un aparato de ajuste de potencia que incluye un controlador, sensores distribuidos en una red de potencia y un dispositivo configurado para incrementar un parámetro eléctrico de salida asociado cuando se determina conseguir reducción del consumo de potencia.

El documento US2010085004A1 describe un sistema y proceso que continuamente determine un voltaje del inducido aplicado suministrado a una máquina síncrona polifásica para la cual un máximo de carga mecánica está caracterizada por un par de desincronismo.

El documento US2010327961A1 se refiere a un dispositivo de circuito semiconductor integrado que detecta una tensión de alimentación de energía minimizada que minimiza un cambio en una energía consumida por el circuito objetivo sobre un cambio en la tensión de alimentación.

La publicación en papel "*Reducción del consumo eléctrico mediante la optimización de voltaje*", de Gonzalo Martínez, describe diversos problemas técnicos relativos a sistemas eléctricos y dispositivos que permiten una optimización del voltaje de dicho sistema por medio del equilibrio de tensiones de fase.

La presente invención soluciona los problemas mencionados anteriormente dado que comprende un sistema que gestiona parte de la energía del sistema, de manera que la potencia necesaria de los componentes de dicho sistema es en torno a un 5%-10% de la potencia de la instalación. Esto implica que el consumo energético del propio dispositivo es muy bajo, mejorando así la eficiencia de la instalación y reduciendo el coste económico de su operación.

Paralelamente, el dispositivo de la presente invención tiene la capacidad de gestionar la potencia activa de la

instalación eléctrica de manera continua, de forma que se adapta a las diferentes curvas de carga de la instalación durante su funcionamiento, de forma que permite al sistema eléctrico trabajar en su óptimo de potencia activa en cualquier instante, mejorándose así la eficiencia energética del sistema eléctrico.

## 5 **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

La presente invención propone una solución a los problemas anteriores mediante un dispositivo para mejorar la eficiencia energética en una instalación eléctrica según la reivindicación 1 y un método para regular una tensión de suministro en una instalación eléctrica según la reivindicación 9. En las reivindicaciones dependientes se definen realizaciones preferidas de la invención.

Un primer ejemplo proporciona un *dispositivo para mejorar la eficiencia energética en una instalación eléctrica, que comprende:*

- *al menos una entrada adaptada para recibir una tensión de suministro U de la red eléctrica,*
- *al menos un elemento regulador de la tensión U, y*
- *al menos una salida de suministro de tensión de carga  $U_z$  que alimenta a al menos una carga eléctrica de la instalación eléctrica,*

*donde el al menos un elemento regulador está configurado para variar el valor de tensión U en función del valor óptimo de consumo de potencia activa de la al menos una carga eléctrica, obteniéndose una tensión de carga  $U_z$  regulada correspondiente al nivel de tensión que optimiza el consumo de potencia activa de la al menos una carga eléctrica, estando dicha tensión de carga  $U_z$  regulada comprendida en un rango límite de tensión correspondiente al rango de valores de tensión de funcionamiento de dicha al menos una carga eléctrica.*

A lo largo de este documento, se entenderá que el valor óptimo de consumo de potencia activa es el valor en el cual una carga eléctrica es capaz de funcionar correctamente, sin verse dañada, con el mínimo consumo de energía necesario para dicho funcionamiento. La potencia activa es la potencia realmente consumida por las cargas de una instalación y por tanto la que determina el consumo de ésta. El valor óptimo de consumo de potencia activa de una carga eléctrica permite minimizar dicho consumo. Por tanto, el valor óptimo de consumo de potencia activa de una carga eléctrica viene dado por el nivel óptimo de tensión de carga  $U_z$  regulada, es decir, el nivel de tensión que optimiza el consumo de potencia activa de dicha carga eléctrica.

El elemento regulador del dispositivo según el primer aspecto inventivo permite la obtención de una tensión de carga  $U_z$  regulada con la cual se alimenta una carga eléctrica, donde dicho valor de tensión de carga  $U_z$  regulada es el que corresponde al nivel óptimo de tensión que proporciona el valor óptimo de consumo de potencia activa de cada carga eléctrica del circuito, mediante la relación:

$$P_{activa\ óptima} = U_z \cdot I_z \cdot \cos \varphi$$

La tensión de carga  $U_z$  regulada proviene de la tensión de suministro U de la red eléctrica que, tras ser tratada por el elemento regulador, se ve modificada, variando su valor bien mediante un incremento o mediante una reducción según las condiciones de funcionamiento de la instalación eléctrica.

El valor de la tensión de carga  $U_z$  regulada suministrado a las cargas eléctricas de la instalación está limitado por un

rango de valores que permite el correcto funcionamiento de dichas cargas. Este límite viene dado por distintas normativas, que establecen el mínimo valor de tensión que debe suministrarse a una carga eléctrica concreta, y por el valor máximo, establecido por dicha carga eléctrica, de manera que no se vea dañada por una sobretensión durante su funcionamiento.

5 Los valores comprendidos en este rango son denominados valores de tensión de funcionamiento de cada una de las cargas eléctricas.

10 Ventajosamente, la tensión de carga  $U_Z$  regulada obtenida tras su paso por un elemento regulador como el comprendido por un dispositivo según el primer aspecto inventivo es un valor de tensión optimizado de manera eficaz, de manera que se ajusta el valor de potencia activa necesaria, lo que permite una reducción del consumo energético y por tanto del coste.

15 En una realización particular, el elemento regulador de tensión U está configurado para obtener de manera continua el valor de tensión de carga  $U_Z$  regulada correspondiente al nivel de tensión que optimiza el consumo de potencia activa de la al menos una carga eléctrica durante el funcionamiento de la instalación eléctrica.

20 En las instalaciones eléctricas el valor óptimo de consumo de potencia activa no es constante, sino que varía en función del número de cargas conectadas a dicha instalación y de las condiciones ambientales de esta instalación. El consumo de potencia activa varía también en función del punto de operación de los equipos conectados a la instalación, es decir, en función de su ciclo de trabajo, habiendo diferencias de consumo en el arranque y durante su régimen normal.

25 Un ajuste de la tensión de carga  $U_Z$  regulada de forma continua permite determinar el valor de tensión óptimo para el cual la instalación eléctrica consume el mínimo de potencia activa en cada instante. De esta forma, el consumo es mínimo en cada instante y el ahorro energético máximo.

30 En una realización particular, el elemento regulador de tensión U está configurado para obtener el valor de tensión de carga  $U_Z$  regulada correspondiente al nivel de tensión que optimiza el consumo de potencia activa de la al menos una carga eléctrica durante el funcionamiento de la instalación eléctrica cuando existe una variación relevante en el valor de las cargas conectadas en la instalación eléctrica.

35 Esto permite que el ajuste de la tensión de carga  $U_Z$  regulada se realice únicamente en los instantes en los que el consumo de la instalación varía significativamente, de manera que se obtiene un ahorro energético sin realizar una evaluación continuada del estado de consumo de la instalación eléctrica.

En una realización particular, el elemento regulador de tensión U comprende unos medios modificadores y unos medios de selección de la tensión U de la red eléctrica, en donde dichos medios de selección están adaptados para:

- derivar una tensión  $U_D$ , correspondiente a un tanto por uno D de la tensión de carga  $U_Z$  regulada,

40 
$$U_D = D \cdot U_Z, \quad D \in [0,1] \text{ y}$$

los medios modificadores están adaptados para:

- variar el valor de la tensión  $U_D$  según un factor R en función del valor óptimo de consumo de potencia activa de la al menos una carga eléctrica, obteniéndose una tensión modificada  $U'$ , donde:

5 
$$U' = R \cdot U_D ,$$

siendo la tensión de carga  $U_Z$  regulada:

$$U_Z = U \mp U'$$

- 10 Los medios de selección permiten separar un porcentaje del valor de tensión que se alimenta la carga, de manera que dicho porcentaje de tensión, o tensión  $U_D$ , es tratada por los medios modificadores. En el caso de que el porcentaje de tensión seleccionado sea nulo,  $U_D = 0$ .

El valor de la tensión  $U_D$  es variado por los medios modificadores, y la tensión con que se alimenta a la carga es la  
15 tensión de carga  $U_Z$  regulada, siendo este un valor mayor o menor de tensión que el valor de la tensión U de suministro.

Ventajosamente, los medios de selección permiten derivar el porcentaje de tensión adecuado para su tratamiento, y los medios modificadores permiten el ajuste de dicho porcentaje de tensión derivado para alimentar las cargas  
20 eléctricas con nivel de tensión que optimiza su consumo de potencia activa.

En una realización particular, el valor de la tensión de carga  $U_Z$  regulada es  $U_Z$  tal como se reivindica en la reivindicación 3.

- 25 El valor de tensión de carga  $U_Z$  regulada es tal que aumenta o disminuye el valor de tensión U de suministro en función de los parámetros D y R definidos en el elemento regulador.

Esto permite obtener el valor de tensión de alimentación de la carga correspondiente a su consumo de potencia activa óptimo.

30 En una realización particular, el dispositivo comprende medios de procesamiento adaptados para:

- determinar la tensión que optimiza el consumo de potencia activa de la al menos una carga eléctrica, y
- actuar sobre los medios modificadores y los medios de selección.

- 35 Mediante los medios de procesamiento, se analiza el consumo de la instalación eléctrica y se determinan las cargas eléctricas conectadas a ésta junto con su consumo energético. Asimismo, los medios de procesamiento actúan sobre, por ejemplo, los parámetros D y R de los medios de selección y los medios modificadores.

Los medios de procesamiento permiten, de manera ventajosa, un mejor funcionamiento de los medios modificadores  
40 y los medios de selección para la obtención del valor de tensión correspondiente al mínimo consumo de potencia activa de la instalación.

En una realización particular, los medios modificadores están configurados para variar el valor de la tensión  $U_D$  en función de la evaluación del crecimiento de la potencia activa consumida P frente a la tensión de carga  $U_Z$  regulada, de modo que:

- 5 – si la potencia P crece frente a la tensión de carga  $U_Z$  regulada, el valor de la tensión regulada  $U_Z$  es decrementado por los medios modificadores, o
- si la potencia P decrece frente a la tensión de carga  $U_Z$  regulada, el valor de la tensión de carga  $U_Z$  regulada es incrementado por los medios modificadores.

10 Ventajosamente, esta evaluación de crecimiento permite ajustar el valor de tensión de carga  $U_Z$  regulada que requieren las cargas eléctricas para su correcto funcionamiento y óptimo consumo.

En una realización particular, la evaluación del crecimiento de la potencia activa consumida P frente a la tensión de carga  $U_Z$  regulada se realiza mediante la evaluación de la derivada  $\frac{dP}{dU_Z}$ .

15 La evaluación de crecimiento mediante la derivada de una de las variables respecto a la otra permite una evaluación más robusta de la tensión requerida por las cargas eléctricas.

En una realización particular, los medios de procesamiento están configurados para determinar la evaluación del crecimiento de la potencia activa consumida P frente a la tensión de carga  $U_Z$ .

20 Esto permite, de manera ventajosa, que los medios de procesamiento realicen dicha evaluación, suministrando posteriormente los resultados a los medios de selección y a los medios modificadores, de forma que éstos actúan sobre la tensión  $U_D$  según dichos resultados.

25 En una realización particular, los medios modificadores comprenden un transformador.

El uso de un transformador como medio modificador permite la variación del valor de la tensión  $U_D$  y su ajuste al valor óptimo de consumo de potencia activa. En este caso, el parámetro R es la relación de transformación de dicho transformador.

30 En una realización particular, los medios de selección comprenden un autotransformador con su correspondiente electrónica de potencia.

35 En una realización particular, los medios de selección son autotransformadores variables, transformadores con tomas conmutables en carga o compensadores electrónicos, colocados en serie.

El uso de autotransformadores, asociados a su electrónica de potencia, como medios de selección permite la selección del porcentaje de tensión adecuado para su tratamiento en los medios modificadores, siendo así el ajuste de la tensión de alimentación a las cargas eléctricas adecuado.

40 En una realización particular, el dispositivo comprende un sistema de puenteo que permite que la tensión U de suministro evite su regulación mediante el al menos un elemento regulador, de manera que la tensión de carga  $U_Z$  regulada suministrada a la al menos una carga es la tensión U de suministro de la red eléctrica.

Ventajosamente, en caso de avería del elemento regulador, esto permite que las cargas eléctricas conectadas a la instalación reciben suministro energético directamente desde el suministro de red eléctrica.

5 Adicionalmente, el sistema de puenteo permite una cuantificación fiable y rápida del ahorro producido por el dispositivo, dado que dicho sistema de puenteo permite el uso de la instalación eléctrica con el dispositivo en funcionamiento, pero también el funcionamiento de la instalación evitando la conexión del dispositivo con la instalación.

10 En una realización particular, el valor del tanto por uno D es cero, siendo el valor de la tensión de carga  $U_Z$  regulada el valor de la tensión U de suministro de la red eléctrica.

Esto permite que las cargas eléctricas reciban la tensión U de suministro de la red eléctrica al no existir tensión  $U_D$  derivada, tanto si el elemento regulador no se encuentra operativo como si el valor de la tensión U de suministro de la red eléctrica es el valor óptimo que permite el consumo óptimo de potencia activa.

15

Un segundo aspecto inventivo proporciona un *método para regular una tensión U de suministro en una instalación eléctrica caracterizada por que comprende un dispositivo según el primer aspecto inventivo, comprendiendo dicho método las siguientes etapas:*

- 20
- *medir la potencia activa consumida P por la al menos una carga, y la tensión de carga  $U_Z$ ,*
  - *evaluar el crecimiento de la potencia activa consumida P frente a la tensión suministrada  $U_Z$ ,*
  - *regular, mediante el elemento regulador, el valor de la tensión U de suministro, decrementando el valor de la tensión de carga  $U_Z$  si la Potencia P crece frente a la tensión suministrada  $U_Z$ , e incrementando el valor de la tensión de carga  $U_Z$  si la potencia P decrece frente a la tensión de carga  $U_Z$ , todo ello de manera que el valor de tensión de carga  $U_Z$  corresponde al nivel de tensión que optimiza el valor de potencia activa consumida P por la al menos una carga.*
- 25

Ventajosamente, el método implementado en una instalación eléctrica que comprende un dispositivo según el primer aspecto inventivo, permite la regulación de la tensión U de suministro en función de la evolución de consumo detectado en la instalación, de forma que dicha regulación proporciona en cada instante el valor óptimo de tensión correspondiente al valor óptimo de consumo de potencia activa de cada carga eléctrica conectada a la instalación.

30

En una realización particular, la etapa de evaluar el crecimiento de la potencia activa consumida P frente a la tensión de carga  $U_Z$  comprende:

35

- evaluar la derivada  $\frac{dP}{dU_Z}$
- decrementar el valor de tensión de carga  $U_Z$  si el valor de dicha derivada  $\frac{dP}{dU_Z}$  es mayor que cero, o
- incrementar el valor de tensión de carga  $U_Z$  si el valor de dicha derivada  $\frac{dP}{dU_Z}$  es menor que cero, o
- mantener el valor de tensión de carga  $U_Z$  si el valor de dicha derivada  $\frac{dP}{dU_Z}$  es igual a cero.

40



Esto permite una evaluación de crecimiento más robusta de la tensión requerida por las cargas eléctricas.

En una realización particular, los medios de procesamiento realizan la etapa de evaluar el crecimiento de la potencia activa consumida  $P$  frente a la tensión de carga  $U_z$ .

5 La evaluación del crecimiento a través de los medios de procesamiento permite, de manera ventajosa, una mejor regulación de la tensión  $U_D$  para la obtención del valor de tensión correspondiente al mínimo consumo de potencia activa de la instalación.

10 Todas las características y/o las etapas de métodos descritas en esta memoria (incluyendo las reivindicaciones, descripción y dibujos) pueden combinarse en cualquier combinación, exceptuando las combinaciones de tales características mutuamente excluyentes.

### **DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

15 Estas y otras características y ventajas de la invención, se pondrán más claramente de manifiesto a partir de la descripción detallada que sigue de una forma preferida de realización, dada únicamente a título de ejemplo ilustrativo y no limitativo, con referencia a las figuras que se acompañan.

20 Figura 1 En esta figura se muestra un esquema de un dispositivo según una realización de la invención.

Figura 2 En esta figura se muestra un esquema de un dispositivo según otra realización de la invención.

25 Figura 3 En esta figura se muestra una curva P-U de una instalación eléctrica según una realización particular de conexión de cargas eléctricas.

Figura 4 En esta figura se muestra una curva P-U de una instalación eléctrica según otra realización particular de conexión de cargas eléctricas, basada en una combinación de dichas cargas.

30 Figura 5 En esta figura se muestra un diagrama de flujo del funcionamiento de un dispositivo según una realización de la invención.

Figura 6 En esta figura se muestra una comparación de la tensión  $U$  de suministro y la tensión de carga  $U_z$  regulada con un dispositivo según una realización de la presente invención.

35 Figura 7 En esta figura se muestra una comparación de la potencia consumida por la instalación y la potencia consumida por la instalación con un dispositivo según una realización de la presente invención.

40 Figura 8 En esta figura se muestra un esquema de un dispositivo con sistema de puenteo en posición desactivada, según la realización de la invención mostrada en la figura 1.

Figura 9 En esta figura se muestra un esquema de un dispositivo con sistema de puenteo en posición

activada, según la realización de la invención mostrada en la figura 1.

### **EXPOSICIÓN DETALLADA DE LA INVENCION**

5 La Figura 1 muestra esquema de un dispositivo según una realización de la invención.

El dispositivo (1) según la invención permite determinar de forma automática el punto óptimo de operación de las cargas eléctricas (6) conectadas a la instalación, es decir, el valor óptimo de la tensión de alimentación de dichas cargas eléctricas (6) para que éstas estén en su punto óptimo de consumo de potencia activa.

10 Dicho dispositivo (1) para mejorar la eficiencia energética en una instalación eléctrica comprende una entrada (2) adaptada para recibir una tensión de suministro U de la red eléctrica (5), un elemento regulador (3) que comprende a su vez medios modificadores (7), medios de selección (8) y medios de procesamiento (9).

15 En esta realización particular, los medios modificadores (7) son un autotransformador, que lleva asociado un conjunto de elementos de electrónica de potencia.

Los medios de selección (8) son un transformador de relación de transformación fija, de valor R.

20 Los medios de procesamiento (9) es un sistema de control conectado a un medidor de tensión eficaz y a un medidor de potencia activa (elementos no representados) de las cargas eléctricas (6) conectadas a la instalación. Las medidas de tensión y potencia se almacenan en una memoria temporal, utilizada por parte de los medios de procesamiento para la evaluación de la derivada de la potencia activa consumida P en función de la tensión de carga  $U_z$  regulada, suministrada a las cargas (6) de la instalación.

25 El elemento regulador (3) recibe por parte de los medios de procesamiento (9) la consigna de tensión requerida por las cargas eléctricas (6), que ha sido analizado por dichos medios de procesamiento (9) junto con el consumo eléctrico de cada carga (6), y calcula el valor de tensión óptimo de alimentación de cada carga (6), correspondiente a su valor óptimo de consumo de potencia activa.

30 El sistema de control de los medios de procesamiento (9) lleva incorporado un algoritmo de cálculo que obtiene dicha consigna de tensión.

En esta realización particular, el valor de la tensión de suministro U se ve reducido según la expresión:

$$U_z = U - U'$$

35 El consumo de potencia activa de la instalación se evalúa, mediante los medios de procesamiento (9) de manera continua. Dichos medios de procesamiento (9) pueden, bien de forma continua o bien al detectarse una variación relevante del consumo de potencia activa en la instalación, calcular el nuevo valor de tensión para el que la instalación consume el mínimo de potencia activa.

40 El cálculo de dicho valor óptimo de tensión se realiza por cualquier método de obtención de extremos en funciones matemáticas, por ejemplo, mediante el método de Newton, el método de la bisección o por comprobación estadística

de resultados para varios valores posibles de tensión.

El dispositivo (1) regula de manera independiente cada una de las fases de la instalación eléctrica.

5 En un ejemplo preferido de la invención, el dispositivo (1) está instalado en un sistema eléctrico trifásico.

En otra realización particular, el dispositivo (1) está instalado en un sistema eléctrico monofásico o en un sistema eléctrico polifásico.

10 La Figura 2 muestra un esquema de un dispositivo según otra realización de la invención.

En esta realización particular, los elementos que comprende el dispositivo (1) son los mismos que en la realización particular anterior.

15 En este caso, el valor de la tensión de suministro U se ve aumentado según la expresión:

$$U_z = U + U'$$

La Figura 3 muestra una curva P-U de una instalación eléctrica según una conexión particular de cargas eléctricas (6). En este caso, las cargas eléctricas (6) son de tipo resistivo, con un factor de potencia próximo a 1.

20 En este caso, hay un mayor consumo de potencia activa por parte de las cargas (6) al aumentar la tensión U de suministro. Para este tipo de cargas (6), las más habituales, la potencia activa consumida es mínima para una tensión de alimentación de dichas cargas (6) lo más baja posible, siempre dentro del rango de valores permitidos, es decir, por encima del valor mínimo de tensión de alimentación de las cargas (6).

25 La Figura 4 muestra una curva P-U de una instalación eléctrica según una conexión particular de cargas eléctricas (6), obtenida mediante una combinación de cargas resistivas, inductivas y capacitivas.

En este caso, se observa el valor mínimo de consumo de potencia activa P en un punto intermedio de valor de tensión U, según se muestra en dicha Figura 4.

30 La Figura 5 muestra un diagrama de flujo del funcionamiento de un dispositivo (1) y el método para regular la tensión U de suministro.

De forma continua se evalúa la derivada de la potencia consumida P en función de la tensión suministrada a la carga U. Si esta derivada es positiva, es decir, la potencia P es creciente con la tensión U, se reduce la tensión de alimentación a la carga (6) siempre que el valor óptimo obtenido se encuentre por encima del valor mínimo establecido por normativa. Si la derivada es negativa, es decir, la potencia P es decreciente con la tensión U, se aumenta de alimentación a la carga (6) siempre que el valor óptimo obtenido se encuentre por debajo del valor máximo establecido por las especificaciones de la carga (6). En el nuevo valor de tensión de consigna el proceso se  
40 vuelve a repetir.

La Figura 6 muestra una comparativa de la tensión U de suministro de la red eléctrica, que se suministra a las

cargas eléctricas (6) en caso de que el dispositivo (1) no esté en funcionamiento o no se instale, y la tensión de carga  $U_z$  regulada suministrada a las cargas (6) con un dispositivo (1) según la invención.

5 La gráfica muestra la evolución de ambos valores de tensión a lo largo de las 24 horas de un día en una misma instalación, con variaciones de carga en dicha instalación eléctrica.

El primer tipo de carga eléctrica se conecta desde las 0 horas hasta las 4 horas de la madrugada y es una carga cuya potencia crece cuando crece la tensión a la que se alimenta. Entre las 4 horas y las 12 horas se conectan cargas adicionales del mismo tipo pero de valor superior. A las 12 horas la carga cambia de característica y su potencia pasa a ser decreciente con la tensión aplicada. Por último a las 18 horas se conecta de nuevo una carga cuya potencia crece cuando crece la tensión a la que se alimenta, idéntica a las que existía en las primeras horas del día.

15 La Figura 7 muestra una comparativa de la potencia activa consumida por las cargas eléctricas (6) conectadas a la instalación eléctrica en caso de que el dispositivo (1) no esté en funcionamiento o no se instale, y la potencia activa consumida por las cargas eléctricas (6) conectadas a la instalación eléctrica con un dispositivo (1) según la invención.

20 La gráfica muestra la evolución de ambos valores de tensión a lo largo de las 24 horas de un día en una misma instalación, con variaciones de carga en dicha instalación eléctrica. Las variaciones de carga son las mismas que en el caso de la figura anterior.

La Figura 8 muestra un esquema de un dispositivo (1) según la realización de la Figura 1.

25 El dispositivo (1) comprende además un sistema de puenteo formado por tres interruptores (10, 11, 12) y un controlador (no representado) que permite gestionar la activación de dicho sistema de puenteo. Dicho controlador permite la elección entre dos posibles posiciones del sistema de puenteo, activado o desactivado. El cambio de una a otra posición se realiza sin que la tensión de alimentación a las cargas eléctricas tenga un valor nulo. Esto se consigue debido a que, durante dicho cambio, se produce un solapamiento estando los tres interruptores (10, 11, 30 12) cerrados.

En este caso, el estado del sistema de puenteo es desactivado, estando el interruptor (12) abierto y los dos interruptores (10, 11) cerrados. Esto permite que la tensión  $U$  de suministro de la red eléctrica (5) sea tratada por el elemento de regulación (3).

35 La Figura 9 muestra también un esquema de un dispositivo (1) según la realización de la Figura 1, en este caso estando el estado del sistema de puenteo activado, esto es, el interruptor (12) cerrado y los dos interruptores (10, 11) abiertos.

40 Esto permite que la tensión  $U$  de suministro de la red eléctrica (5) evite su paso por el elemento de regulación (3), de manera que la tensión de carga  $U_z$  que alimenta las cargas eléctricas (6) de la instalación es la propia tensión  $U$  de suministro.

En un ejemplo de realización, los medios de procesamiento (9) actúan como controlador del sistema de puenteo.

**REIVINDICACIONES**

1.- Dispositivo (1) para mejorar la eficiencia energética en una instalación eléctrica, que comprende:

- al menos una entrada (2) adaptada para recibir una tensión de suministro U de la red eléctrica (5),
- 5    – al menos un elemento regulador (3) de la tensión U, y
- al menos una salida de suministro (4) de tensión de carga  $U_Z$  para alimentar a al menos una carga eléctrica (6) de la instalación eléctrica,

donde el al menos un elemento regulador (3) está configurado para variar el valor de tensión U en función del valor óptimo de consumo de potencia activa de la al menos una carga eléctrica (6), obteniéndose una tensión de carga  $U_Z$  regulada correspondiente al nivel de tensión que optimiza el consumo de potencia activa de la al menos una carga eléctrica (6), estando dicha tensión de carga  $U_Z$  regulada comprendida en un rango límite de tensión correspondiente al rango de valores de tensión de funcionamiento de dicha al menos una carga eléctrica (6),

en donde el elemento regulador (3) de tensión U comprende unos medios modificadores (7) y unos medios de selección (8) para modificar y seleccionar la tensión de suministro U, en donde

15 dichos medios de selección (8) están adaptados para:

- derivar una tensión  $U_D$ , correspondiente a un tanto por uno D de la tensión de carga  $U_Z$  regulada,

$$U_D = D \cdot U_Z, \quad D \in [0,1] \text{ y}$$

los medios modificadores (7) están adaptados para:

- variar el valor de la tensión  $U_D$  según un factor R en función del valor óptimo de consumo de potencia activa de la al menos una carga eléctrica (6), obteniéndose una tensión modificada  $U'$ , donde:

$$U' = R \cdot U_D,$$

en donde el elemento regulador (3) está además configurado para obtener la tensión de carga  $U_Z$  regulada:

$$U_Z = U \mp U'$$

25 y donde el elemento regulador (3) de tensión U además comprende medios de procesamiento (9) adaptados para:

- determinar la tensión que optimiza el consumo de potencia activa de la al menos una carga eléctrica (6),
- determinar una evaluación de la variación de la potencia activa consumida P frente a la tensión de carga  $U_Z$  regulada, y
- actuar sobre los medios modificadores (7) y los medios de selección (8),

30 y donde los medios modificadores (7) están configurados para variar el valor de la tensión  $U_D$  en función de la evaluación de modo que:

- si la potencia P crece frente a la tensión de carga  $U_Z$  regulada, el valor de la tensión de carga regulada  $U_Z$  es decrementado por los medios modificadores (7), o
- si la potencia P decrece frente a la tensión de carga  $U_Z$  regulada, el valor de la tensión de carga  $U_Z$  regulada es incrementado por los medios modificadores (7).

2.- Dispositivo (1) según la reivindicación 1 caracterizado por que el elemento regulador (3) de tensión U está configurado para obtener de manera continua el valor de tensión de carga  $U_Z$  regulada correspondiente al nivel de tensión que optimiza el consumo de potencia activa de la al menos una carga eléctrica (6) durante el funcionamiento de la instalación eléctrica.

3.- Dispositivo (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el valor de la tensión de carga  $U_z$  regulada es:

$$U_z = \frac{U}{(1 \mp DR)}$$

5 4.- Dispositivo (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde la evaluación se realiza mediante la evaluación de la derivada  $\frac{dP}{dU_z}$ .

5.- Dispositivo (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que los medios modificadores (7) comprenden un transformador.

10 6.- Dispositivo (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que los medios de selección (8) comprenden un autotransformador con su correspondiente electrónica de potencia.

15 7.- Dispositivo (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que comprende un sistema de puenteo que permite que la tensión U de suministro evite su regulación mediante el al menos un elemento regulador (3), de manera que la tensión de carga  $U_z$  regulada suministrada a la al menos una carga (6) es la tensión U de suministro de la red eléctrica (5).

20 8.- Dispositivo (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que el valor del tanto por uno D es cero, siendo el valor de la tensión de carga  $U_z$  regulada el valor de la tensión U de suministro de la red eléctrica (5).

25 9.- Método para regular una tensión U de suministro en una instalación eléctrica, que comprende un dispositivo (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo dicho método las siguientes etapas:

- 30
- a) medir la potencia activa consumida P por la al menos una carga (6), y la tensión de carga  $U_z$  regulada,
  - b) evaluar, mediante los medios de procesamiento (9), la variación de la potencia activa consumida P frente a la tensión de carga  $U_z$  regulada,
  - c) regular, mediante el elemento regulador (3), el valor de la tensión U de suministro, decrementando el valor de la tensión de carga  $U_z$  si la potencia P crece frente a la tensión de carga  $U_z$  regulada, e incrementando el valor de la tensión de carga  $U_z$  si la potencia P decrece frente a la tensión de carga  $U_z$  regulada, todo ello de manera que el valor de tensión de carga  $U_z$  regulada corresponde al nivel de tensión que optimiza el valor de potencia activa consumida P por la al menos una carga (6).

35 10.- Método para regular una tensión U de suministro según la reivindicación 9 caracterizado por que la etapa b) de evaluar el crecimiento de la potencia activa consumida P frente a la tensión de carga  $U_z$  regulada comprende:

- evaluar la derivada  $\frac{dP}{dU_z}$

y la c) de regular comprende:

- decrementar el valor de tensión de carga  $U_z$  regulada si el valor de dicha derivada  $\frac{dP}{dU_z}$  es mayor que cero,

40 o

## ES 2 660 449 T3

- incrementar el valor de tensión de carga  $U_z$  regulada si el valor de dicha derivada  $\frac{dP}{dU_z}$  es menor que cero, o
- mantener el valor de tensión de carga  $U_z$  regulada si el valor de dicha derivada  $\frac{dP}{dU_z}$  es igual a cero.



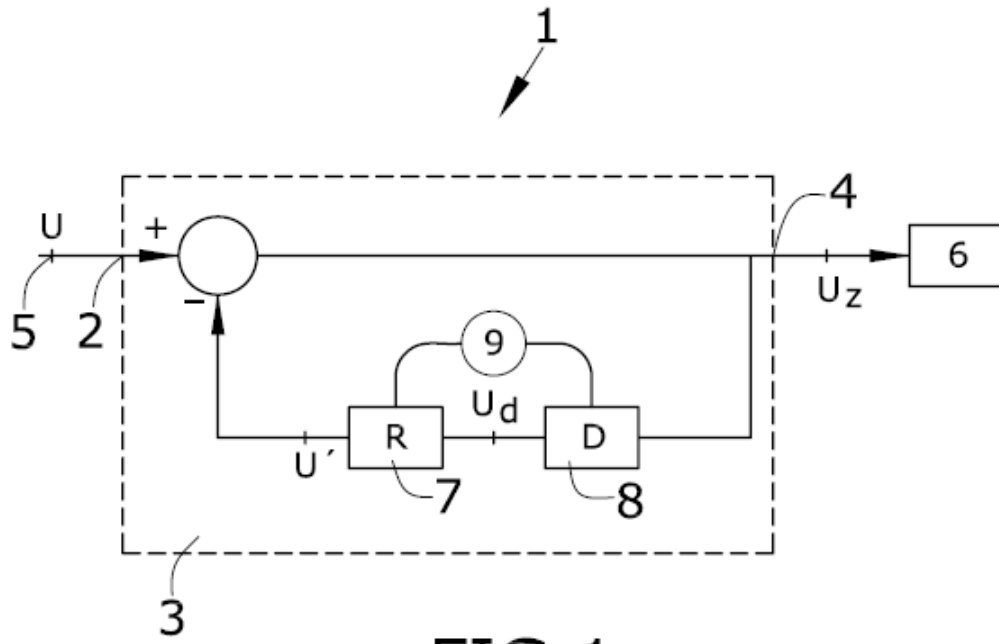


FIG.1

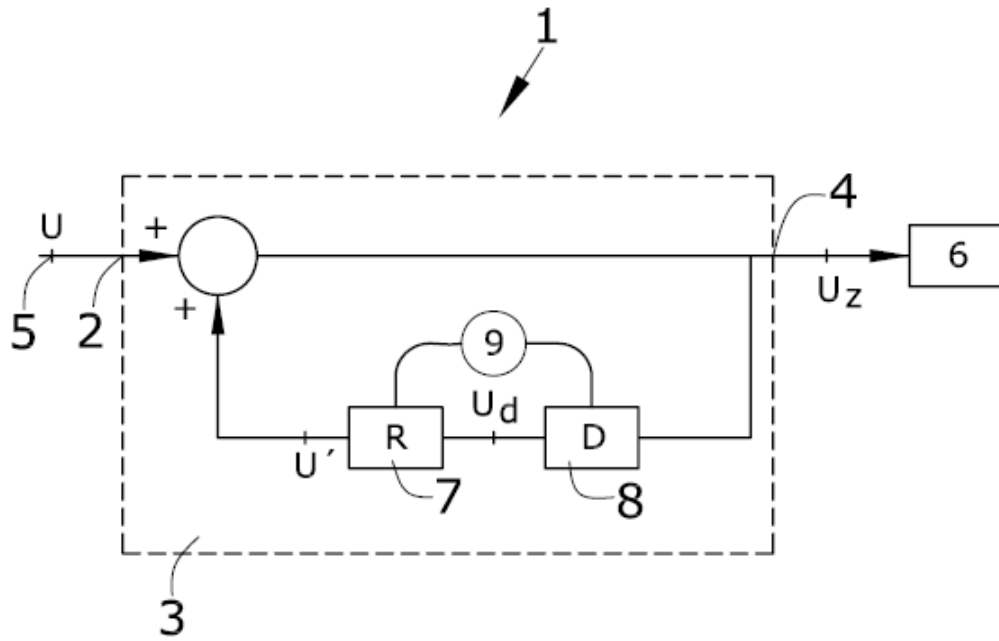
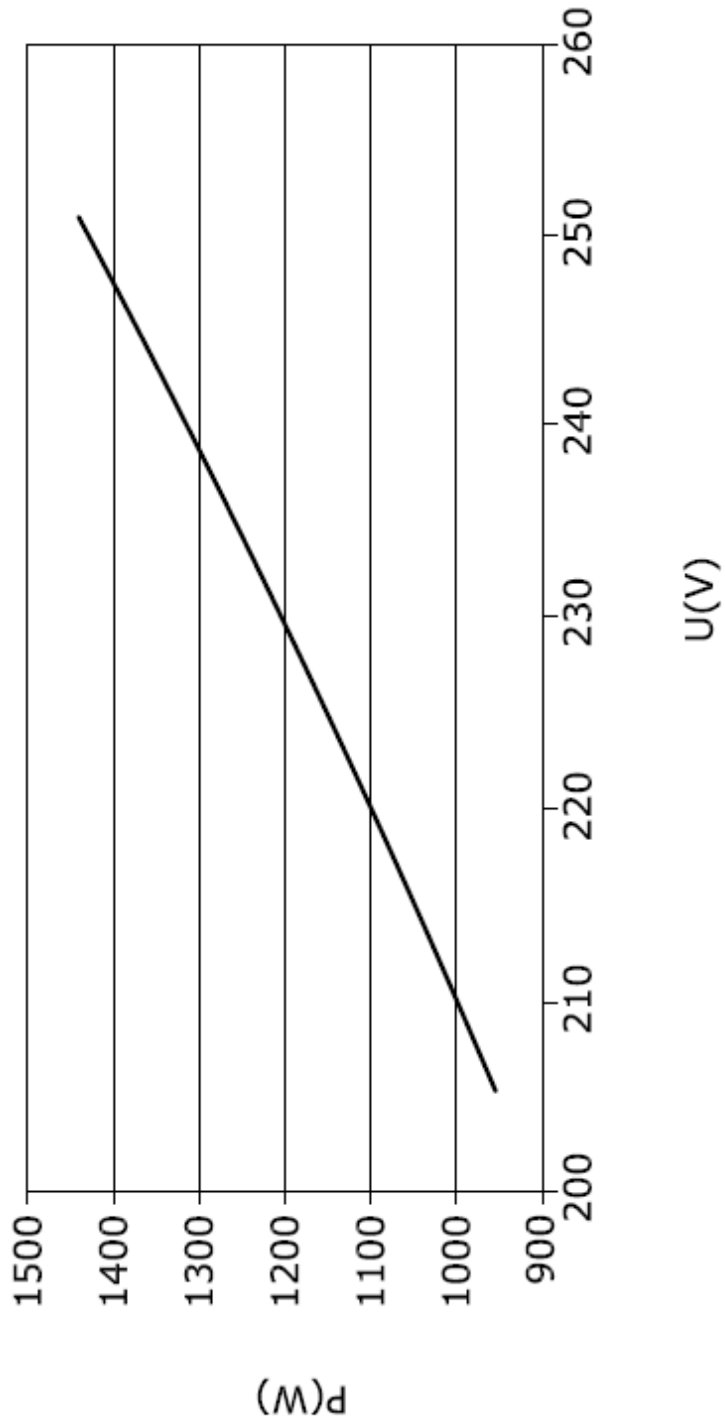


FIG.2



**FIG.3**

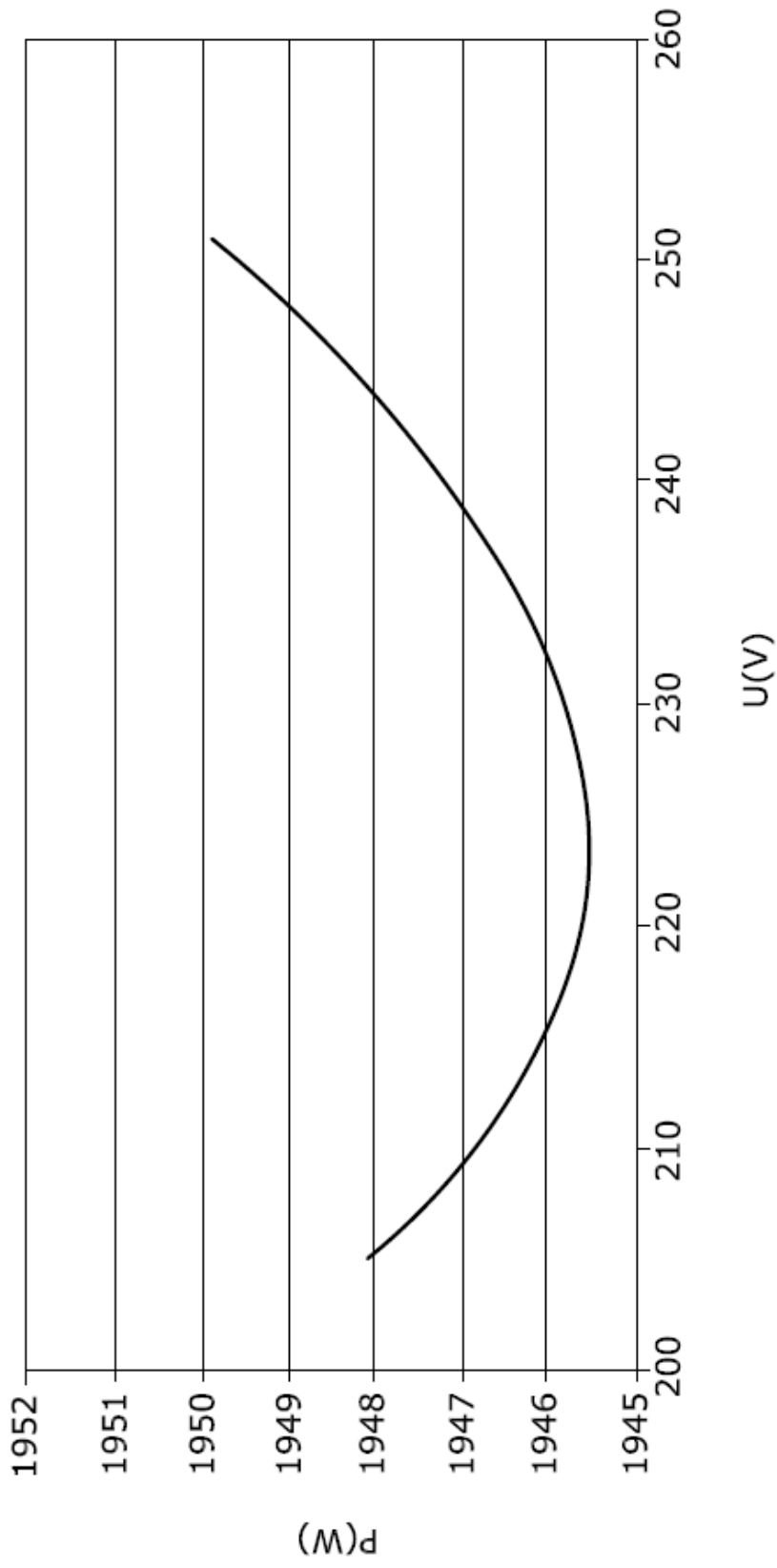


FIG.4

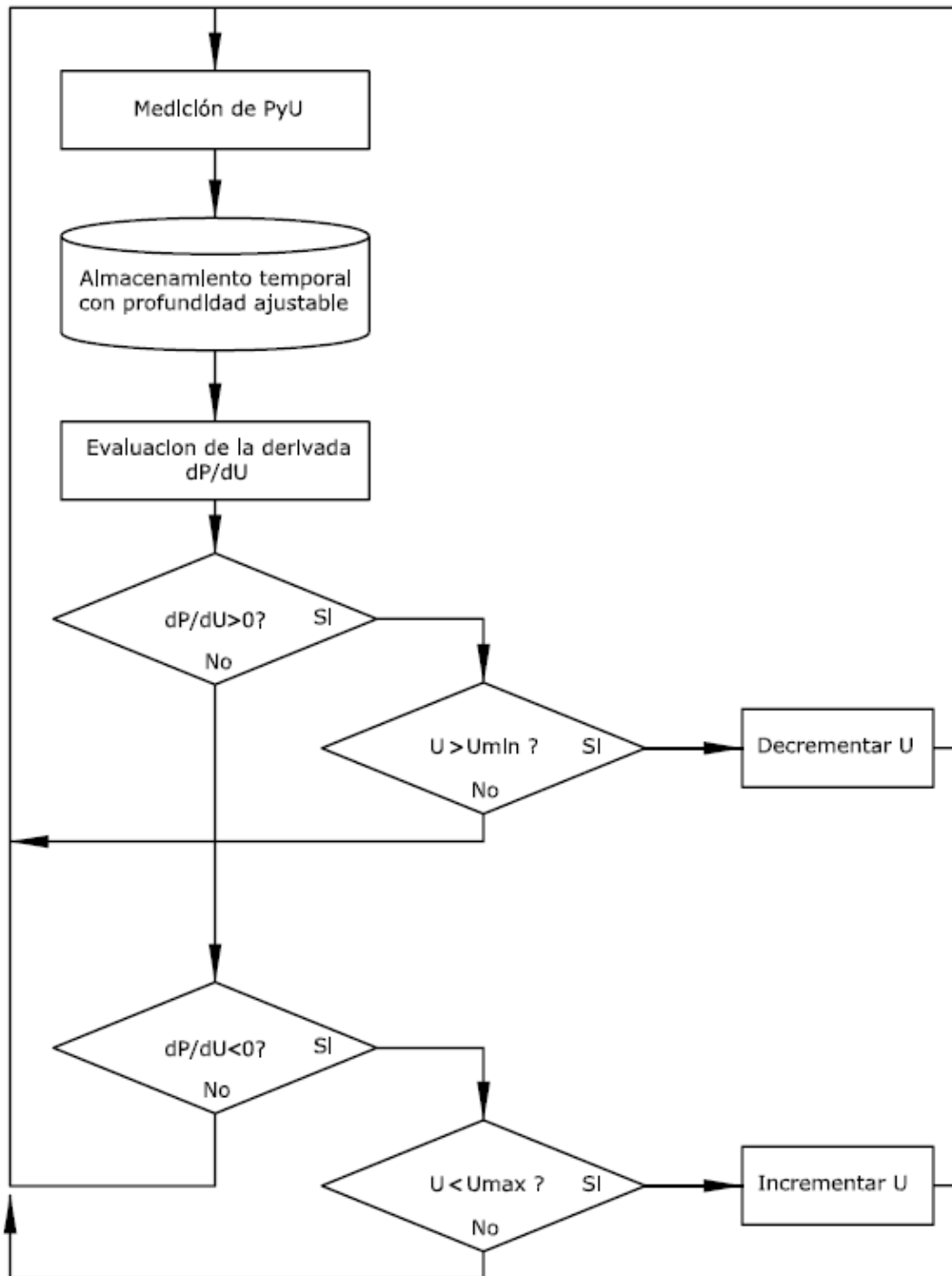


FIG.5

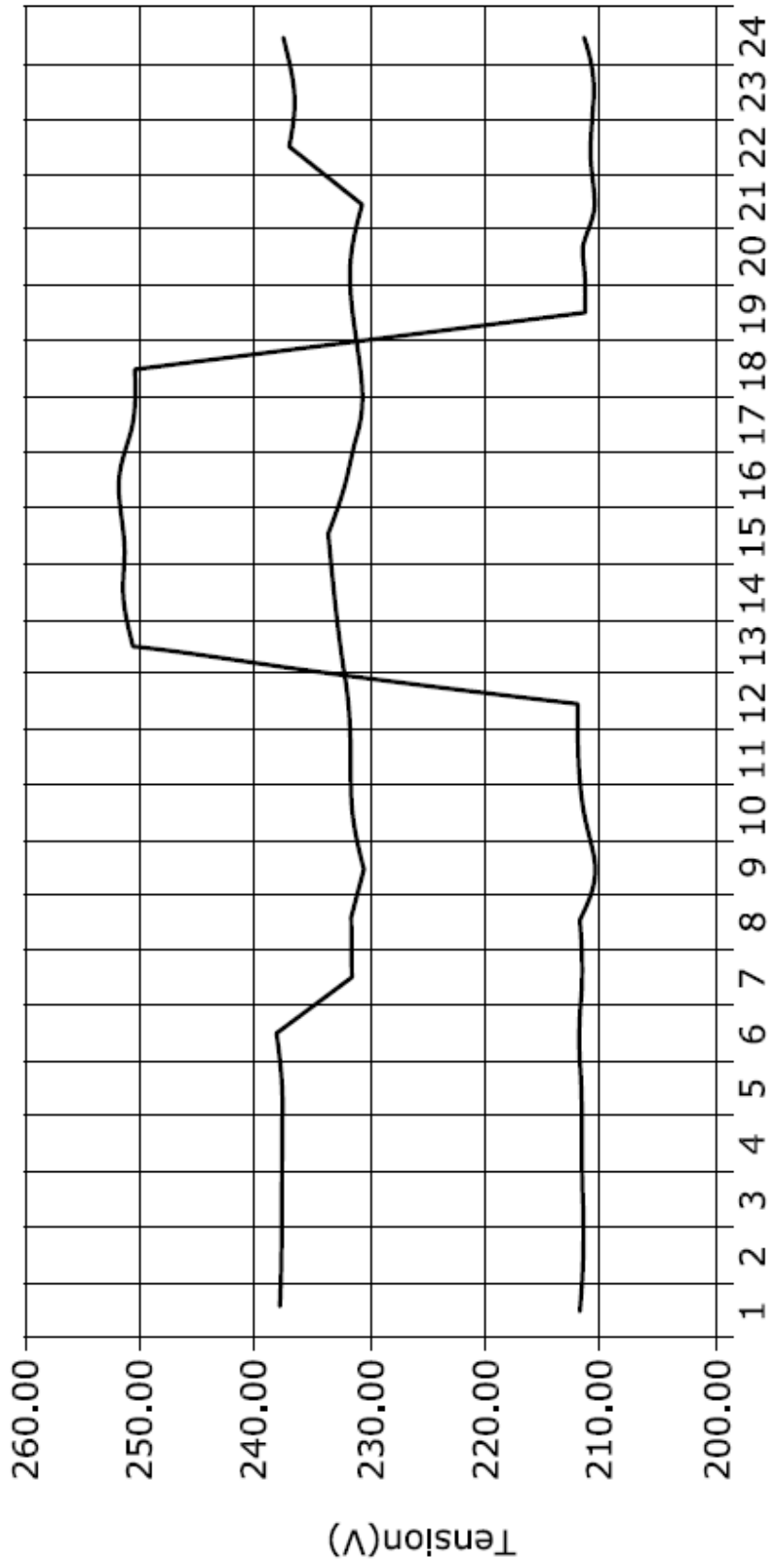


FIG.6

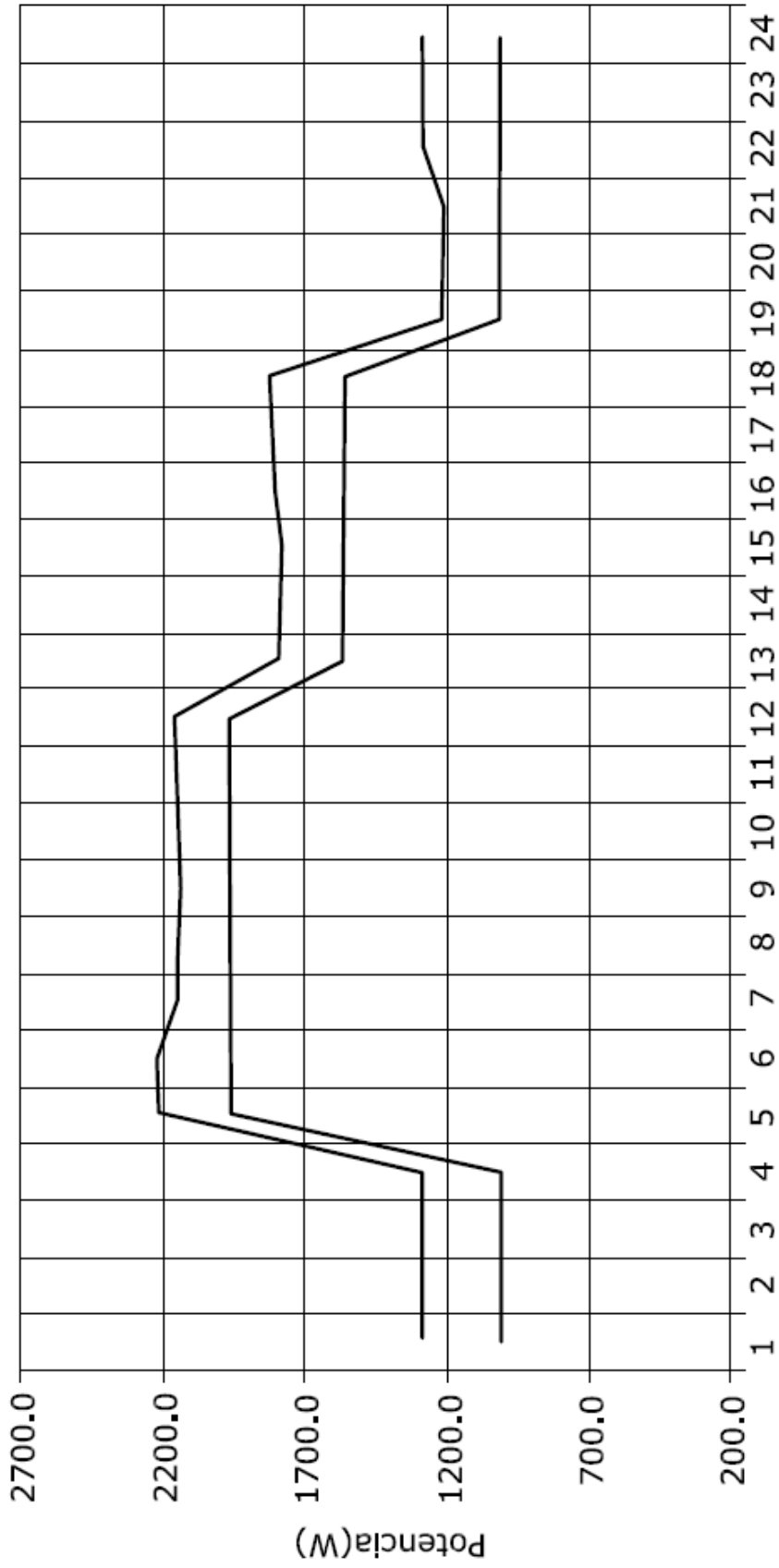


FIG.7

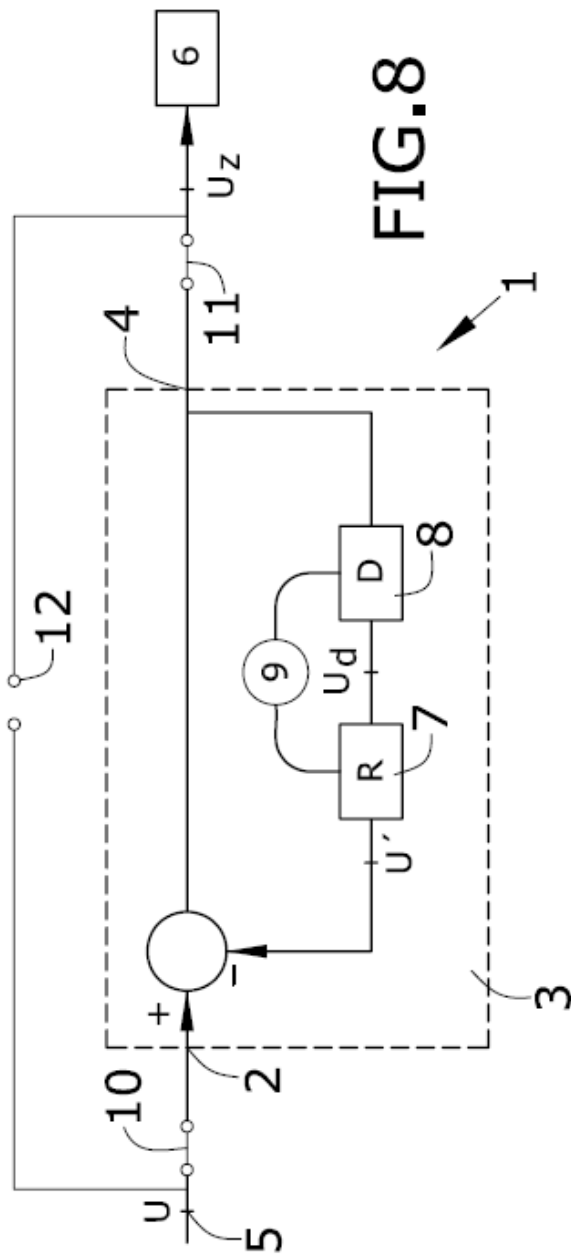


FIG. 8

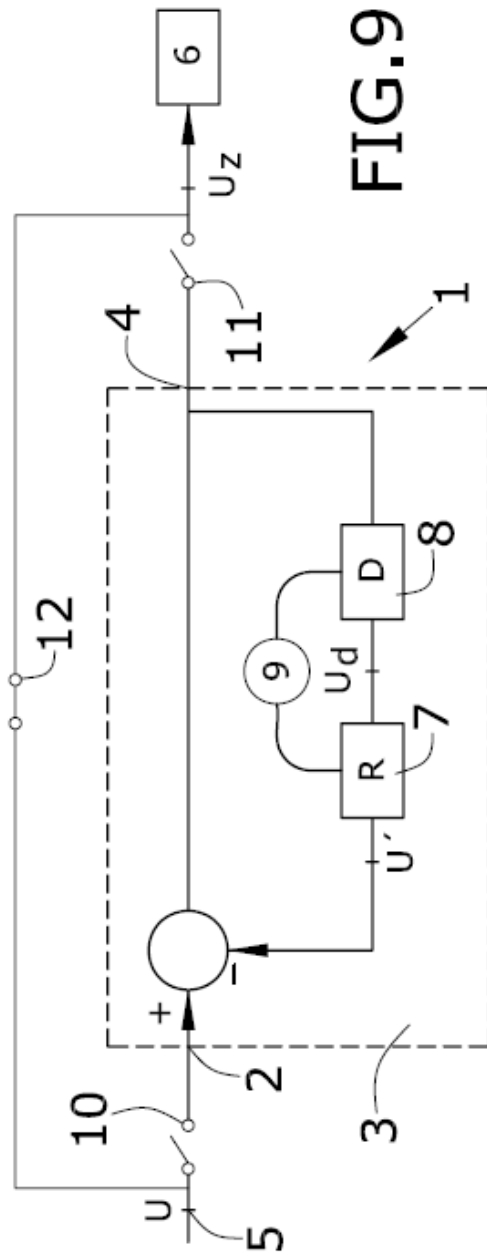


FIG. 9