

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 689 486**

51 Int. Cl.:

H02S 50/00 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.11.2016** E 16199189 (8)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.07.2018** EP 3171511

54 Título: **Procedimiento y sistema de determinación de las características de la corriente-tensión de una instalación fotovoltaica**

30 Prioridad:

20.11.2015 FR 1561171

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

14.11.2018

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET
AUX ENERGIES ALTERNATIVES (100.0%)
Bâtiment "Le Ponant D" 25, Rue Leblanc
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**MAI, THI THANH YEN;
CHAITREUIL, NICOLAS y
DESMOULIERE, JEAN-BAPTISTE**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 689 486 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

Procedimiento y sistema de determinación de las características de la corriente-tensión de una instalación fotovoltaica

5 La invención se refiere a un procedimiento y a un sistema de determinación de las características de la corriente-tensión de una instalación fotovoltaica, que permiten particularmente trazar la curva característica de la corriente-tensión de la instalación fotovoltaica.

Estado de la técnica

10 Con el fin de asegurar el buen funcionamiento de una instalación fotovoltaica, que comprende uno o varios módulos o paneles fotovoltaicos, existen en el comercio herramientas comprobadoras que permiten trazar la «curva I-V», o curva «courant-tension», de la instalación. Para trazar esta curva característica, es necesario desconectar la instalación fotovoltaica y por consiguiente interrumpir momentáneamente su funcionamiento. Resulta de ello una pérdida de producción de energía eléctrica. Para controlar todos los módulos fotovoltaicos o cadenas de módulos fotovoltaicos de una central fotovoltaica, a menudo es necesario detener el funcionamiento de la central durante toda una jornada, lo cual se muestra extremadamente penalizante para el explotador.

15 El documento US 4129823A describe un procedimiento para determinar las características de las instalaciones fotovoltaicas.

20 Una técnica conocida para trazar la curva I-V de una instalación fotovoltaica utiliza un transistor MOSFET que está conectado a los terminales de la instalación. Una señal de tensión de control V_{gs} aplicada entre la rejilla y la fuente del MOSFET controla el transistor para hacerlo pasar de una fase de cortocircuito o de saturación, durante la cual el MOSFET se comporta como un interruptor cerrado, siendo la tensión V_{gs} superior a una tensión de saturación $V_{gs}(sat)$, a una fase de circuito abierto, durante la cual el MOSFET se comporta como un interruptor abierto, siendo la tensión V_{gs} inferior a una tensión umbral $V_{gs}(th)$, pasando por una fase lineal, durante la cual el MOSFET se comporta como una resistencia, estando la tensión V_{gs} entonces comprendida entre $V_{gs}(sat)$ y $V_{gs}(th)$. Durante esta fase lineal, la tensión V en los terminales de la instalación fotovoltaica pasa de una tensión nula a una tensión en circuito abierto V_{oc} , mientras que la corriente I producida por la instalación fotovoltaica pasa de la corriente de cortocircuito I_{cc} a una corriente nula. La curva I-V puede por consiguiente ser trazada a partir de mediciones de corriente y de la tensión durante la fase lineal de transición entre la fase de saturación o de cortocircuito del MOSFET y la fase de circuito abierto del MOSFET.

30 En referencia a las figuras 1a y 1b, para generar la señal de tensión de control V_{gs} del transistor, se utiliza un circuito analógico RC, que transforma una rampa de tensión vertical, durante la cual la tensión pasa de una tensión V_{max} (por ejemplo 12V), superior a $V_{gs}(sat)$, a una tensión nula de forma instantánea o casi instantánea, en una rampa de tensión curva que permite disminuir el tiempo de transición entre V_{max} y la tensión nula, lo cual deja tiempo para realizar mediciones durante la fase lineal entre $V_{gs}(sat)$ y $V_{gs}(th)$. En la figura 2a, se ha representado la evolución de la tensión de control V_{gs} con la fase de cortocircuito φ_{cc} , la fase lineal φ_{lin} , y la fase de circuito abierto φ_{oc} , y, en la figura 2b, la evolución paralela de la corriente I producida por la instalación fotovoltaica y la tensión V en sus terminales.

40 En la práctica, este método para trazar la curva I-V es consumidora de tiempo y de recursos por varias razones. Antes de alcanzar la fase lineal durante la cual la tensión y la corriente del módulo fotovoltaico varían, es preciso esperar que la tensión de control V_{gs} disminuya hasta la tensión $V_{gs}(sat)$, lo cual conlleva un cierto tiempo de retraso entre el inicio de la operación de trazado (es decir el comienzo de la rampa a 12V) y el periodo útil para las mediciones (es decir la fase lineal φ_{lin}). La duración del final de la rampa, posterior a la fase lineal φ_{lin} , es igualmente bastante larga. Además, la tensión de saturación $V_{gs}(sat)$ y la tensión umbral $V_{gs}(th)$ que pueden variar en función de la temperatura, es necesario realizar la adquisición de puntos de medición de la tensión y de la corriente de la instalación fotovoltaica sobre la totalidad o la casi totalidad de la rampa, después de tratar los datos medidos con el fin de obtener los correspondientes a la fase lineal φ_{lin} .

La presente invención viene a mejorar la situación.

Objeto de la invención

A este respecto, la invención se refiere a un procedimiento de determinación de las características de la corriente-tensión de una instalación fotovoltaica que comprende las etapas siguientes:

- 50
- conectar un transistor de tipo MOSFET a la instalación fotovoltaica;
 - aplicar al transistor una señal de una tensión de control que recorre un margen de régimen lineal del transistor, comprendida entre dos tensiones críticas que incluyen una tensión de saturación y una tensión umbral, y

- medir la corriente y la tensión de la instalación fotovoltaica durante el recorrido del indicado margen correspondiente al régimen lineal del transistor,

5 caracterizado por que la señal de tensión de control del transistor es generada a partir de una señal de control digital y por que, el transistor al estar inicialmente en régimen de cortocircuito o de circuito abierto, se acciona una primera variación rápida de la tensión de control hacia el indicado margen de régimen lineal del transistor luego una segunda variación lenta de la tensión de control que recorre el indicado margen de régimen lineal del transistor, siendo la transición entre la primera y la segunda variación discontinua.

10 Los términos «rápida» y «lenta» tienen un sentido relativo entre ellos y significan que la velocidad de variación de la tensión de control es más elevada en la fase de variación llamada «rápida» que en la fase de variación llamada «lenta».

15 Gracias a la invención, el tiempo de la operación de determinación de las características de la corriente-tensión se reduce fuertemente pues la tensión de control del transistor alcanza rápidamente y de forma controlada digitalmente el margen de régimen lineal del transistor, es decir el margen de tensiones de control comprendidas entre la tensión de saturación y la tensión umbral del transistor. Además, este margen de régimen lineal es recorrido lentamente a una velocidad controlada de forma digital, lo cual permite realizar un número suficiente de mediciones de la corriente y de la tensión de la instalación fotovoltaica.

20 En un modo de realización particular, el transistor al estar inicialmente en régimen de cortocircuito, se acciona una primera bajada rápida de la tensión de control hacia el indicado margen de régimen lineal del transistor, luego una segunda bajada lenta de la tensión de control que recorre el indicado margen de régimen lineal del transistor.

Así, las características de la corriente-tensión de la instalación fotovoltaica se determinan cuando el transistor pasa del régimen de cortocircuito al régimen de circuito abierto, durante el régimen lineal intermedio.

Ventajosamente, la segunda variación lenta de la tensión de control tiene una duración comprendida entre 0,8 ms y 10 ms.

25 Ventajosamente también, la primera variación rápida de la tensión de control tiene una duración inferior o igual a 10 μ s.

En un modo de realización particular, a continuación de la segunda bajada lenta de la tensión de control, se acciona una tercera bajada rápida de la indicada tensión de control hasta llegar a una tensión nula, siendo la transición entre la segunda y la tercera bajada discontinua.

30 Así, se reduce el tiempo de la fase posterior al margen de régimen lineal durante el cual la tensión de control se pone a cero, lo cual reduce todavía la duración general de la operación.

Ventajosamente, la tercera bajada rápida tiene una duración inferior o igual a 10 μ s.

35 Ventajosamente también, la señal de tensión de control que comprende una fase inicial durante la cual la tensión de control es nula, se acciona un aumento de la indicada tensión de control de la tensión nula hasta una tensión alta, superior a la tensión de saturación, luego se mantiene la tensión alta durante un tiempo comprendido entre 10 nanosegundos y 100 nanosegundos.

En un modo de realización particular, se genera una señal PWM con la ayuda de un microcontrolador que controla de forma digital variaciones de una relación cíclica de dicha señal PWM, luego se filtra la señal con un filtro de paso bajo con el fin de obtener una señal de tensión con un perfil deseado.

40 Ventajosamente, la indicada señal de tensión que tiene el perfil deseado es ampliada en potencia con el fin de obtener la señal de tensión de control.

45 La señal de tensión de control se realiza a partir de una señal PWM cuya relación cíclica es controlada digitalmente por un microcontrolador. Modificando esta relación cíclica y la velocidad de variación de esta relación cíclica por accionamientos digitales, se genera a la salida del filtro de paso bajo una señal analógica de tensión con el perfil buscado. El dispositivo de amplificación permite poner esta señal a escala del transistor a controlar, es decir amplificar la tensión a la salida del filtro para obtener un nivel de tensión adaptado para controlar el transistor.

En una variante de realización, durante la primera variación de la tensión de control, se mide al menos una de las magnitudes físicas relativas al transistor del grupo que comprende una temperatura, una corriente y una tensión, con el fin de detectar el régimen lineal del transistor.

El transistor puede ser de tipo IGBT.

La invención se refiere también a un sistema de determinación de las características de la corriente-tensión de una instalación fotovoltaica que comprende un transistor de tipo MOSFET para conectar a los terminales de la instalación fotovoltaica, un circuito de control destinado para aplicar al transistor una señal de una tensión de control que recorre un margen de régimen lineal del transistor, comprendida entre dos tensiones críticas que comprenden una tensión de saturación y una tensión umbral, y un dispositivo de medición para medir la corriente y la tensión de la instalación fotovoltaica durante el recorrido del indicado margen correspondiente al régimen lineal del transistor, caracterizado por que el circuito de control es un circuito de control digital adaptado para producir una señal de tensión de control del transistor, inicialmente en régimen de cortocircuito o de circuito abierto, que comprende una primera variación rápida de la tensión de control hacia el indicado margen de régimen lineal del transistor, luego una segunda variación lenta de la tensión de control que recorre el mencionado margen de régimen lineal del transistor siendo la transición entre la primera y la segunda variación discontinua.

El sistema comprende ventajosamente todas o parte de las características adicionales siguientes:

- el transistor al estar inicialmente en régimen de cortocircuito, la señal de tensión de control comprende una primera bajada rápida de la tensión de control hacia el indicado margen de régimen lineal del transistor luego una segunda bajada lenta de la tensión de control que recorre el indicado margen de régimen lineal del transistor;
- el circuito de control digital comprende un microcontrolador destinado para gestionar una señal PWM y para modificar una relación cíclica de dicha señal PWM y un filtro de paso bajo destinado para filtrar la señal PWM con el fin de obtener una señal de tensión con un perfil deseado;
- el sistema comprende un dispositivo de amplificación de potencia destinado para amplificar en potencia la señal de tensión con el perfil deseado con el fin de obtener la señal de tensión de control;
- el sistema comprende captadores de medición de una al menos de las magnitudes físicas relativas al transistor del grupo que comprende una temperatura, una corriente y una tensión, y un módulo de detección destinado para detectar el régimen lineal del transistor a partir de las mediciones;
- el transistor es de tipo IGBT.

Descripción resumida de los dibujos

La invención se comprenderá mejor con la ayuda de la descripción siguiente de un modo de realización particular del procedimiento de determinación de las características de la corriente-tensión de una instalación fotovoltaica de la invención, con referencia a los dibujos adjuntos en los cuales:

- La figura 3 representa de forma esquemática una señal de tensión de control de un transistor MOSFET, según un modo de realización particular de la invención;
- La figura 4 representa una señal de tensión de control de un transistor MOSFET medida, según un primer ejemplo de realización particular de la invención;
- La figura 5 representa una señal de tensión de control de un transistor IGBT medida según un segundo ejemplo de realización particular de la invención;
- La figura 6 representa un esquema bloque funcional de un sistema de determinación de las características de la corriente-tensión de una instalación fotovoltaica según una forma de realización particular de la invención;
- La figura 7 representa un organigrama de las etapas del procedimiento de trazado según un modo de realización particular de la invención.

Descripción detallada de modos de realización particulares de la invención

La invención trata de determinar las características de la corriente-tensión de una instalación fotovoltaica 1, permitiendo trazar la curva característica I-V (corriente-tensión) de la instalación fotovoltaica 1. La instalación fotovoltaica 1 puede comprender uno o varios módulos fotovoltaicos, por ejemplo, una cadena de módulos fotovoltaicos. La misma puede formar parte de una central fotovoltaica de producción de energía eléctrica.

Con el fin de determinar las características de la corriente-tensión de una instalación fotovoltaica, se utiliza un sistema de control 2 que integra los elementos siguientes:

- un transistor de tipo MOSFET 3;
- un circuito de control 4, destinado para accionar el funcionamiento del transistor 3;
- un dispositivo de medición 5 destinado para medir la tensión y la corriente de la instalación fotovoltaica 1;
- una interfaz usuario 6;

- cables y conectores para la conexión del transistor 3 y del dispositivo de medición 5 a una instalación fotovoltaica a controlar

5 El transistor 3, aquí un MOSFET, está destinado para ser conectado a la instalación fotovoltaica 1 de forma que el transistor 3 y la instalación fotovoltaica 1 estén conectados en serie en circuito cerrado, como se ha representado en la figura 6. El transistor 3 sirve para determinar las características de la corriente-tensión de la instalación fotovoltaica 1. Otro transistor, no representado, sirve para aislar, o desconectar, la instalación fotovoltaica 1 del sistema de producción.

10 El dispositivo de medición 5 está destinado para medir la corriente I de salida de la instalación fotovoltaica 1 y la tensión V en los terminales de la instalación fotovoltaica 1. Comprende aquí un dispositivo 50 de medición de corriente conectado en serie a la instalación fotovoltaica 1 y un dispositivo 51 de medición de tensión conectado en paralelo a los terminales de la instalación fotovoltaica 1.

15 El circuito de control 4 está destinado para proporcionar una señal de tensión de control al transistor MOSFET 3. Esta tensión de control del transistor 3 es la tensión V_{gs} entre la rejilla y la fuente del MOSFET. El circuito 4 es un circuito de control digital. Comprende un microcontrolador 40, un filtro de paso bajo 41 y un dispositivo de amplificación 42.

20 El microcontrolador 40 está destinado para producir una señal de control digital para generar una señal de salida PWM (del inglés «*Pulse Width Modulation*», indicado por SIG_1). La señal PWM SIG_1 es una señal de modulación de impulsos en duración (MLI). Se trata de una señal lógica de dos estados, alto y bajo, de frecuencia fija pero cuya relación cíclica está controlada digitalmente. A la salida del microcontrolador, la señal PWM es una señal de tensión de dos estados alto y bajo, correspondiendo el estado alto a una tensión alta, generalmente de 3,3V, y el estado bajo correspondiente a una tensión nula. Controles digitales del microcontrolador 40 permiten modificar la relación cíclica de la señal PWM.

25 El filtro de paso bajo 41, conectado a la salida del microcontrolador 40, está destinado para promediar la señal PWM SIG_1 de salida del microcontrolador, siendo este promedio proporcional a la relación cíclica. Modificando la relación cíclica, se puede así obtener a la salida del filtro de paso bajo 41 una señal de tensión analógica, indicada por SIG_2 , con un perfil buscado, es decir un perfil análogo al de la señal de tensión de control deseado.

30 El dispositivo de amplificación 42, conectado a la salida del filtro de paso bajo 41, está destinado para ampliar en potencia la señal de tensión SIG_2 proporcionada por el filtro de paso bajo 41 con el fin de producir una señal de tensión de control SIG_3 adaptada para controlar el transistor MOSFET 3 (es decir con un nivel de tensión adecuado). Esta señal de tensión de control SIG_3 se aplica entre la rejilla y la fuente del transistor MOSFET 3. La tensión V_{gs} entre la rejilla y la fuente del MOSFET 3 es por consiguiente igual a la señal SIG_3 .

Se describirá a continuación, en referencia a la figura 7, el procedimiento de determinación de las características de la corriente-tensión de la instalación fotovoltaica 1, que permite trazar la curva I-V de ésta, según un modo de realización particular de la invención.

35 El procedimiento comprende una primera etapa E0 de conexión del MOSFET, en la cual un operador conecta el transistor MOSFET 3 en serie con la instalación fotovoltaica 1, estando conectados en circuito cerrado el MOSFET 3 y la instalación 1, como se ha representado en la figura 6. El circuito de control 4 está conectado con el transistor MOSFET y adaptado para aplicarle una tensión de control V_{gs} entre la rejilla y la fuente.

40 Como se ha indicado anteriormente, la señal de tensión de control V_{gs} es generada a partir de una señal PWM (SIG_1) producida a la salida del microcontrolador 40. Esta señal PWM es seguidamente filtrada por el filtro de paso bajo 41 y luego amplificada por el dispositivo 42 con el fin de generar la señal de tensión de control V_{gs} . La relación cíclica de la señal PWM SIG_1 que es producida a la salida del microcontrolador 40 es parametrada, controlada, por controles digitales generados por el microcontrolador 40.

45 El procedimiento comprende una segunda etapa E1 de conexión del dispositivo de medición 5, durante la cual el dispositivo 50 de medición de corriente es conectado en serie con la instalación fotovoltaica 1 y el dispositivo 51 de medición de tensión está conectado en paralelo con los terminales de la instalación fotovoltaica 1, como se ha representado en la figura 6.

5 Durante una etapa o fase inicial E2, el circuito de control 4 aplica al transistor MOSFET 3 una tensión de control V_{gs} nula. A este respecto, el microcontrolador 40 genera aquí a la salida una señal PWM SIG₁ con una relación cíclica igual a cero a partir de un control digital que indica $\alpha=0$. Durante esta fase inicial E2, la tensión de control V_{gs} al ser nula y por consiguiente inferior a la tensión umbral $V_{gs(th)}$, el transistor MOSFET 3 se encuentra en régimen de circuito abierto, indicado por φ_{co} , y se comporta como un interruptor abierto.

Durante una etapa E3, un operador activa una operación de trazado de la curva I-V de la instalación fotovoltaica 1, por ejemplo, activando un control específico de la interfaz usuario 6 de la instalación 1 en un instante t_1 .

10 Sobre la activación del control de trazado de la curva I-V, el microcontrolador 40 acciona un aumento de la relación cíclica α de la señal PWM SIG₁ con el fin de hacer pasar rápidamente esta relación α del valor 0 al valor 1, en una etapa E4. De forma correspondiente, el circuito de control 4 aumenta la tensión de control V_{gs} aplicada al transistor 3, que pasa rápidamente de la tensión nula a una tensión alta máxima, indicada por $V_{gs_{max}}$, por ejemplo, igual a 12 V. Esta tensión alta $V_{gs_{max}}$ es en cualquier caso superior a la tensión de saturación $V_{gs(sat)}$ del transistor 3. La señal de tensión de control V_{gs} (SIG₃) comprende así un salto de tensión ST entre 0V a $V_{gs_{max}}$ (aquí 12V). La duración de este salto de tensión ST, entre el instante t_1 y un instante t_2 , es ventajosamente del orden de algunos microsegundos, ventajosamente inferior a 10 μs . El salto de tensión ST podría ser instantáneo o casi instantáneo como se ha representado en la figura 3. Este aumento de la tensión de control V_{gs} hace pasar el transistor MOSFET 3 del régimen inicial de circuito abierto φ_{co} a un régimen de cortocircuito, indicado por φ_{cc} , en el cual el transistor 3 se comporta como un interruptor cerrado.

20 En una etapa E5, el microcontrolador 40 acciona un mantenimiento de la relación cíclica α igual a 1 durante un corto periodo de tiempo d , entre el instante t_2 y un instante t_3 . Este periodo de tiempo d está ventajosamente comprendido entre 10 nanosegundos y 100 nanosegundos. De forma correspondiente, el circuito de control 4 aplica una tensión de control V_{gs} estable, igual a la tensión alta máxima $V_{gs_{max}}$ (aquí 12 V), durante el tiempo d . Durante esta plataforma de tensión $V_{gs_{max}}$, el transistor 3 permanece en régimen de cortocircuito φ_{cc} .

25 Al término del tiempo d , a contar desde el instante t_3 , el microcontrolador 40 acciona una primera disminución llamada «rápida» de la relación cíclica α con el fin de hacerla pasar rápidamente, incluso instantáneamente o casi instantáneamente, del valor 1 a un primer valor crítico, en una etapa E6. Este primer valor crítico de la relación cíclica α corresponde a una tensión de control igual, o sustancialmente idéntica, a la tensión de saturación $V_{gs(sat)}$ del transistor 3. La misma es igual a 0,35 en el ejemplo de la figura 4. La tensión de saturación $V_{gs(sat)}$ es aquí la indicada en las características técnicas del transistor 3 proporcionadas por el fabricante. La misma es memorizada por el microcontrolador 40 que deduce mediante cálculo el valor crítico de la relación cíclica α correspondiente. De forma correspondiente, el circuito de control 4 acciona una primera bajada rápida (o caída) de la tensión de control V_{gs} aplicada al transistor 3 que la hace pasar de la tensión alta $V_{gs_{max}}$ a una primera tensión crítica igual a la tensión de saturación $V_{gs(sat)}$. Esta primera bajada rápida de tensión es indicada por BT1. Su duración es de preferencia inferior a 10 μs , por ejemplo, del orden de algunos microsegundos. La misma podría ser instantánea o casi instantánea. En variante, la primera bajada rápida de la tensión de control permite aproximar la tensión de saturación $V_{gs(sat)}$, dicho de otro modo, alcanzar una tensión próxima a ésta.

40 Después de la primera bajada rápida de tensión BT1, en una etapa E7, el microcontrolador 40 retrasa la disminución de la relación cíclica α con el fin de hacerla pasar lentamente del primer valor crítico (igual a 0,35 en la figura 4) a un segundo valor crítico (igual a 0,20 en la figura 4). Este segundo valor crítico de la relación cíclica α corresponde a una tensión de control igual a la tensión de umbral $V_{gs(th)}$ del transistor 3. De forma correspondiente, la disminución de la tensión de control V_{gs} se retrasa. El circuito de control 4 controla así una segunda bajada lenta de la tensión de control V_{gs} , indicada por BT2, hasta la tensión umbral $V_{gs(th)}$. La tensión de control V_{gs} disminuye lentamente con el fin de pasar de la tensión de saturación $V_{gs(sat)}$ a la tensión umbral $V_{gs(th)}$. Durante esta fase de bajada lenta BT2 de la tensión de control V_{gs} , el transistor 3 se encuentra en régimen lineal φ_{lin} y se comporta como una resistencia variable. La tensión de control V_{gs} recorre así el margen de régimen lineal del transistor 3 comprendido entre $V_{gs(sat)}$ y $V_{gs(th)}$. La tensión umbral $V_{gs(th)}$ forma parte de las características técnicas del transistor 3 proporcionadas por el fabricante y es memorizada en el microcontrolador 40. La duración de esta fase de bajada lenta BT2 de la tensión de control está comprendida entre 800 μs y 10 ms.

50 La transición entre la primera bajada rápida BT1 y la segunda bajada lenta BT2 de la tensión de control V_{gs} es discontinua, es decir brusca o no progresiva. Eso se traduce por una discontinuidad, en la evolución temporal de la tensión de control V_{gs} entre las dos fases de bajada BT1 y BT2.

5 Durante la fase de bajada lenta BT2 de la tensión de control V_{gs} , el transistor 3 al encontrarse en régimen lineal, el dispositivo de medición 5 mide la tensión V en los terminales de la instalación fotovoltaica 1 y la corriente I de salida de la instalación fotovoltaica 1, en una etapa E8. Las mediciones de V y de I mientras el transistor 3 se encuentra en régimen lineal permiten trazar la curva característica I-V de la instalación fotovoltaica 1, en una etapa E9. Esta curva I-V puede ser representada en una pantalla de la interfaz usuario 6.

10 Después de la segunda bajada lenta BT2 de la tensión de control V_{gs} , a partir de un instante t_5 , en una etapa E10, el microcontrolador 40 acciona una disminución brutal o rápida de la relación cíclica α con el fin de hacerla pasar rápidamente del segundo valor crítico (aquí igual a 0,20) al valor 0. De manera correspondiente, el circuito de control 4 controla una tercera bajada rápida BT3 de la tensión de control V_{gs} que la hace pasar de la tensión umbral $V_{gs(th)}$ a una tensión nula. La duración de esta fase BT3 de bajada rápida de la tensión de control V_{gs} es ventajosamente inferior a 10 μs , por ejemplo, del orden de algunos microsegundos. La bajada BT3 podría ser instantánea o casi instantánea. La bajada BT3 hace pasar la tensión de control V_{gs} por debajo de la tensión umbral $V_{gs(th)}$ de forma que el transistor 3 pase a régimen de circuito abierto ϕ_{co} .

15 La transición entre la segunda bajada lenta BT2 y la tercera bajada rápida BT3 de la tensión de control V_{gs} es discontinua, es decir brusca o no progresiva. Eso se traduce por una discontinuidad en la evolución temporal de la tensión de control V_{gs} entre las dos fases de bajada BT2 y BT3.

Por los términos «rápida» y «lenta», se pretende significar que la velocidad de variación de la tensión es más elevada en la fase de variación BT1 (o BT3) llamada «rápida» que en la segunda fase de variación BT2 llamada «lenta».

20 En una etapa E11, a partir de un instante t_6 , el microcontrolador 40 acciona un mantenimiento de la relación cíclica α igual a 0. De forma correspondiente, el circuito de control 4 aplica una tensión de control V_{gs} estable, igual a un valor de 0V. El transistor 3 permanece en régimen de circuito abierto ϕ_{co} .

25 En la descripción que antecede, el comienzo y el final del margen de tensiones de control correspondiente al régimen lineal del transistor se determinan a partir de la tensión de saturación ($V_{gs(sat)}$) y de la tensión umbral $V_{gs(th)}$ indicadas por el fabricante. En otro modo de realización, se detecta el comienzo y/o el final de este margen de régimen lineal a partir de mediciones de una al menos de las magnitudes físicas relacionadas con el transistor del grupo que comprende una temperatura, una corriente y una tensión. Por ejemplo, el comienzo de la fase lineal puede ser detectado por una variación de la tensión y/o de la corriente en los terminales del transistor 3. El final de la fase lineal puede detectarse por una ausencia de variación de las mismas magnitudes en los terminales del transistor 3. Estas mediciones relacionadas con el transistor permiten detectar la transición entre el régimen de cortocircuito y el régimen lineal y la transición entre el régimen lineal y el régimen de circuito abierto.

35 En el modo de realización anteriormente descrito, los datos característicos de la corriente y de la tensión relacionados con la instalación fotovoltaica 1 son medidos cuando el transistor se encuentra en régimen lineal para pasar del régimen de cortocircuito al régimen de circuito abierto, dicho de otro modo, cuando la tensión de control recorre el margen de Miller de la tensión de saturación $V_{gs(sat)}$ a la tensión umbral $V_{gs(th)}$. En variante, se podrían medir los datos característicos de la corriente y de la tensión de la instalación fotovoltaica 1 cuando el transistor se encuentra en régimen lineal para pasar del régimen de circuito abierto al régimen de cortocircuito, dicho de otro modo, cuando la tensión de control recorre el margen de Miller de la tensión umbral $V_{gs(th)}$ a la tensión de saturación $V_{gs(sat)}$. En este caso, el transistor al estar inicialmente en régimen de circuito abierto (la tensión de control aplicada V_{gs} es nula), el circuito 4 acciona un primer aumento rápido de la tensión de control hacia el margen de régimen lineal del transistor, o margen de Miller, luego un segundo aumento lento de la tensión de control que recorre el margen de régimen lineal del transistor, siendo la transición entre los dos aumentos, rápida y lenta, discontinua.

45 Así, de una forma general, la invención se basa en la generación de una señal de tensión de control V_{gs} del transistor 3 a partir de una señal de control digital. El transistor al encontrarse inicialmente bien en régimen de cortocircuito ϕ_{cc} , o bien en régimen de circuito abierto ϕ_{co} , la señal de tensión de control comprende una primera variación rápida de la tensión de control V_{gs} hacia el margen de régimen lineal del transistor 3 luego una segunda variación lenta de la tensión de control V_{gs} que recorre este margen de régimen lineal del transistor 3, siendo la transición entre la primera y la segunda variación discontinua (no progresiva).

50

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de determinación de las características de la corriente-tensión de una instalación fotovoltaica (1) que comprende las etapas siguientes:
- conectar (E0) un transistor de tipo MOSFET (3) a la instalación fotovoltaica (1);
- 5
- aplicar (E7) al transistor una señal de una tensión de control (V_{gs}) que recorre un margen (φ_{lin}) de régimen lineal del transistor (3), comprendida entre dos tensiones críticas que incluyen una tensión de saturación ($V_{gs}(sat)$) y una tensión umbral ($V_{gs}(th)$), y
 - medir la corriente (I) y la tensión (V) de la instalación fotovoltaica (1) durante el recorrido del indicado margen correspondiente al régimen lineal del transistor,
- 10
- caracterizado por que la señal de tensión de control (V_{gs}) del transistor (3) es generada a partir de una señal de control digital y por que, el transistor al estar inicialmente en régimen de cortocircuito (φ_{cc}) o de circuito abierto (φ_{co}), se acciona una primera variación rápida (BT1) de la tensión de control (V_{gs}) hacia el indicado margen de régimen lineal del transistor (3), luego una segunda variación lenta (BT2) de la tensión de control (V_{gs}) que recorre el indicado margen de régimen lineal del transistor (3), siendo la transición entre la primera y la segunda variación discontinua.
- 15
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que, el transistor al estar inicialmente en régimen de cortocircuito (φ_{cc}), se acciona una primera bajada rápida (BT1) de la tensión de control (V_{gs}) hacia el indicado margen de régimen lineal del transistor (3), luego una segunda bajada lenta (BT2) de la tensión de control (V_{gs}) que recorre el indicado margen de régimen lineal del transistor (3).
- 20
3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la segunda variación lenta de la tensión de control tiene una duración comprendida entre 0,8 ms y 10 ms.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la primera variación rápida de la tensión de control tiene una duración inferior o igual a 10 μ s.
- 25
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 2 a 4, caracterizado por que, a continuación de la segunda bajada lenta de la tensión de control, se acciona una tercera bajada rápida de la indicada tensión de control hasta alcanzar una tensión nula, siendo la transición entre la segunda y la tercera bajada discontinua.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 2 a 4, caracterizado por que la tercera bajada rápida tiene una duración inferior o igual a 10 μ s.
- 30
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 2 a 6, caracterizado por que la señal de tensión de control que comprende una fase inicial durante la cual la tensión de control es nula, se acciona un aumento de la indicada tensión de control de la tensión nula hasta una tensión alta, superior a la tensión de saturación, luego un mantenimiento de la tensión alta durante un tiempo comprendido entre 10 nanosegundos y 100 nanosegundos.
- 35
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se genera una señal PWM con la ayuda de un microcontrolador que controla de forma digital variaciones de una relación cíclica de dicha señal PWM, luego se filtra la señal con un filtro de paso bajo con el fin de obtener una señal de tensión con un perfil deseado.
9. Procedimiento según la reivindicación anterior, caracterizado por que la indicada señal de tensión con el perfil deseado se amplifica en potencia con el fin de obtener la señal de tensión de control.
- 40
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que, durante la primera variación de la tensión de control, se mide al menos una de las magnitudes físicas relativas al transistor del grupo que comprende una temperatura, una corriente y una tensión, con el fin de detectar el régimen lineal del transistor.
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el transistor es de tipo IGBT.
- 45
12. Sistema de determinación de características corriente-tensión de una instalación fotovoltaica (1) que comprende un transistor de tipo MOSFET a conectar en los terminales de la instalación fotovoltaica, un circuito de control (4) destinado para aplicar al transistor una señal de una tensión de control (V_{gs}) que recorre un margen (φ_{lin}) de régimen lineal del transistor (3), comprendida entre dos tensiones críticas que comprenden una tensión de

- 5 saturación ($V_{gs(sat)}$) y una tensión umbral ($V_{gs(th)}$), y un dispositivo de medición (5) para medir la corriente (I) y la tensión (V) de la instalación fotovoltaica (1) durante el recorrido del indicado margen correspondiente al régimen lineal del transistor, caracterizado por que el circuito de control es un circuito de control digital adaptado para producir una señal de tensión de control del transistor, inicialmente en régimen de cortocircuito (φ_{cc}) o de circuito abierto (φ_{co}) que comprende una primera variación rápida (BT1) de la tensión de control (V_{gs}) hacia el indicado margen de régimen lineal del transistor (3), luego una segunda variación lenta (BT2) de la tensión de control (V_{gs}) que recorre el indicado margen de régimen lineal del transistor (3), siendo la transición entre la primera y la segunda variación discontinua.
- 10 13. Sistema según la reivindicación anterior, caracterizado por que, el transistor al estar inicialmente en régimen de cortocircuito (φ_{cc}) la señal de tensión de control comprende una primera bajada rápida (BT1) de la tensión de control (V_{gs}) hacia el indicado margen de régimen lineal del transistor (3) luego una segunda bajada lenta (BT2) de la tensión de control (V_{gs}) que recorre el indicado margen de régimen lineal del transistor (3).
- 15 14. Sistema según la reivindicación 12 o 13, caracterizado por que el circuito de control digital comprende un microcontrolador destinado para generar una señal PWM y para modificar una relación cíclica de dicha señal PWM y un filtro de paso bajo destinado para filtrar la señal PWM con el fin de obtener una señal de tensión con un perfil deseado.
15. Sistema según la reivindicación anterior, caracterizado por que comprende un dispositivo de amplificación de potencia destinado para amplificar en potencia la señal de tensión con el perfil deseado con el fin de obtener la señal de tensión de control.
- 20 16. Sistema según una de las reivindicaciones 12 a 15, caracterizado por que comprende captadores de medición de una al menos de las magnitudes físicas relacionadas con el transistor del grupo que comprende una temperatura, una corriente y una tensión, y un módulo de detección destinado para detectar el régimen lineal del transistor a partir de las mediciones.
17. Sistema según una de las reivindicaciones 12 a 16, caracterizado por que el transistor es de tipo IGBT.

25

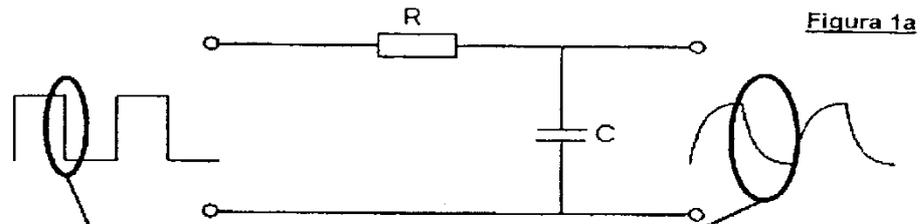


Figura 1a

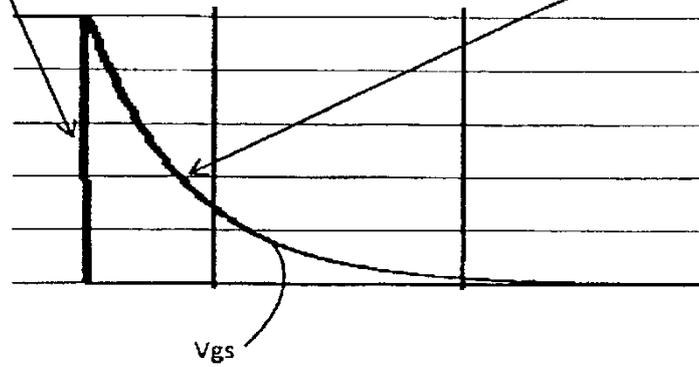


Figura 1b

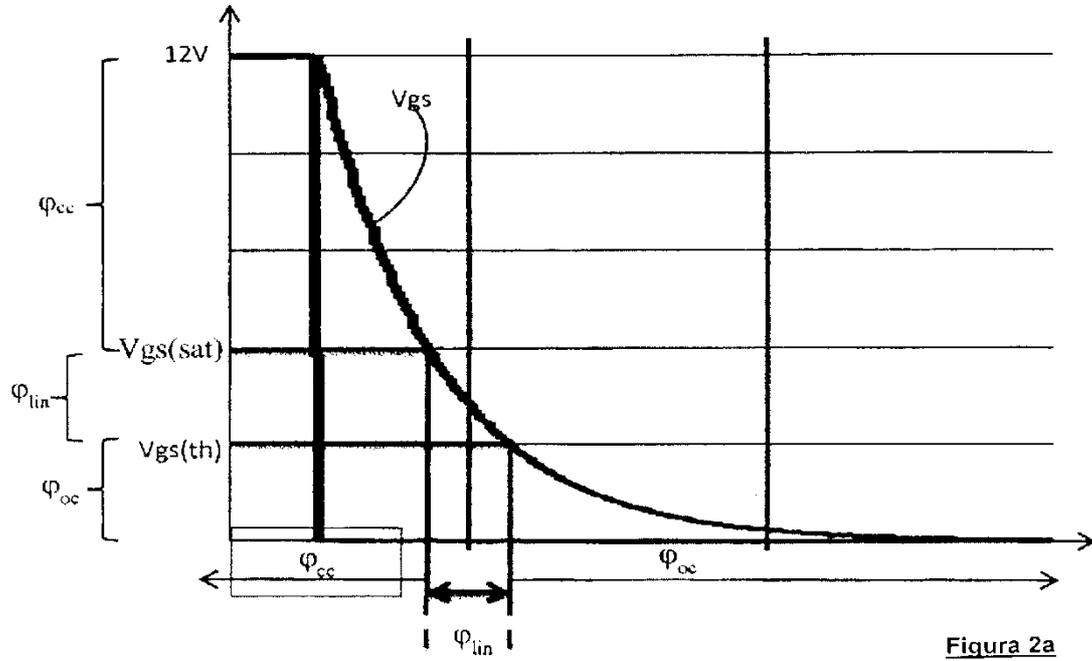


Figura 2a

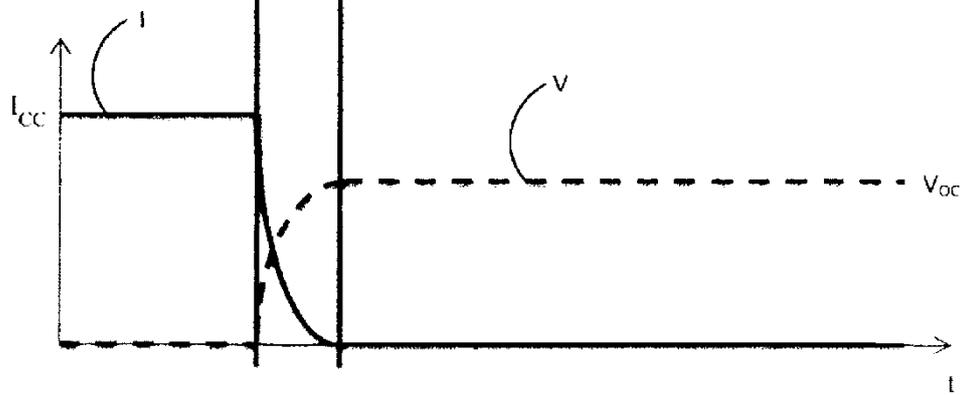


Figura 2b

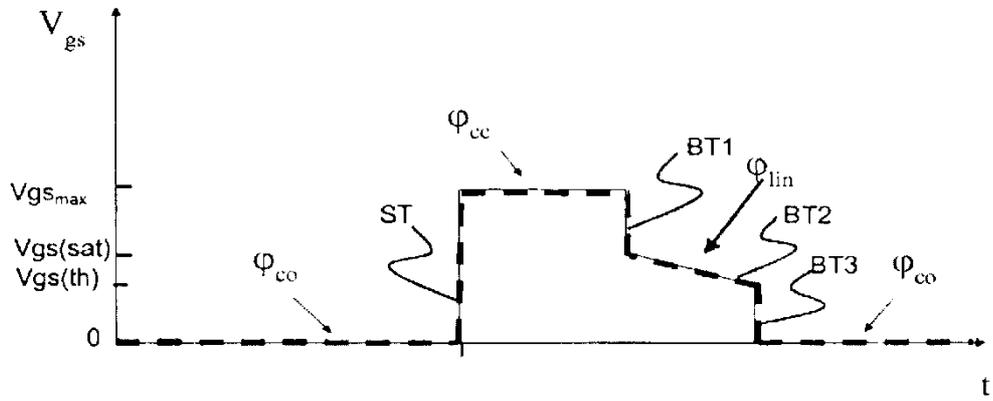


Figura 3

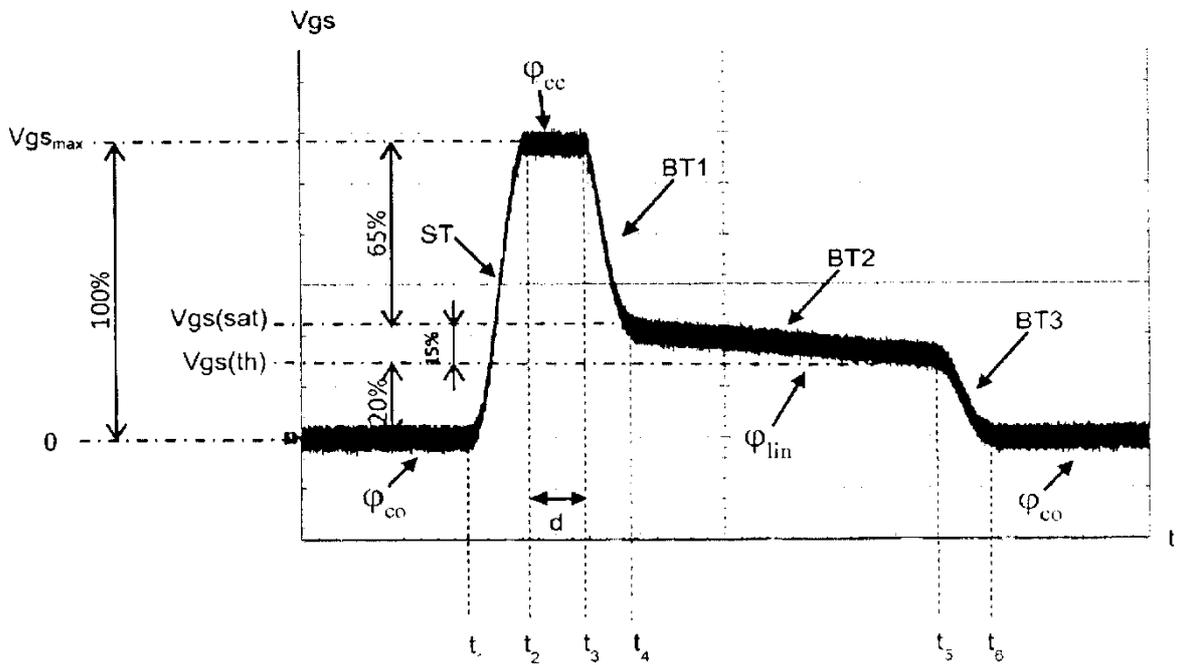


Figura 4

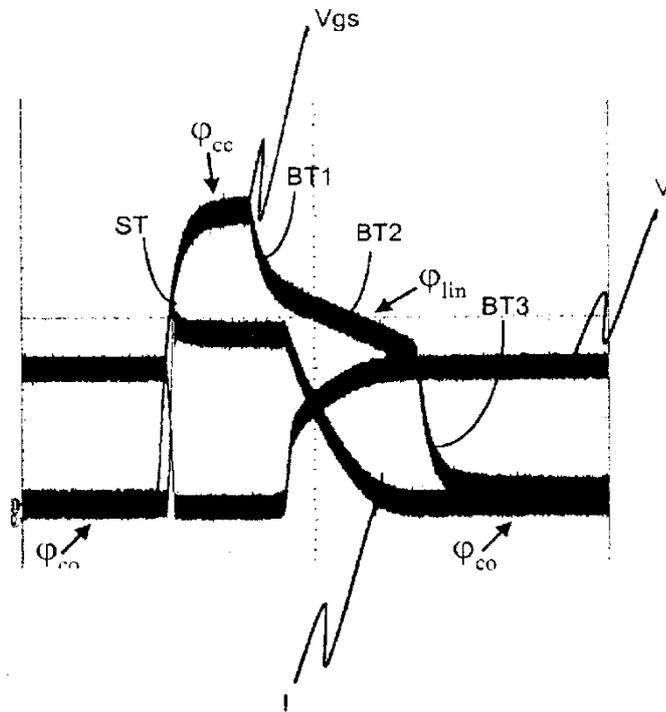


Figura 5

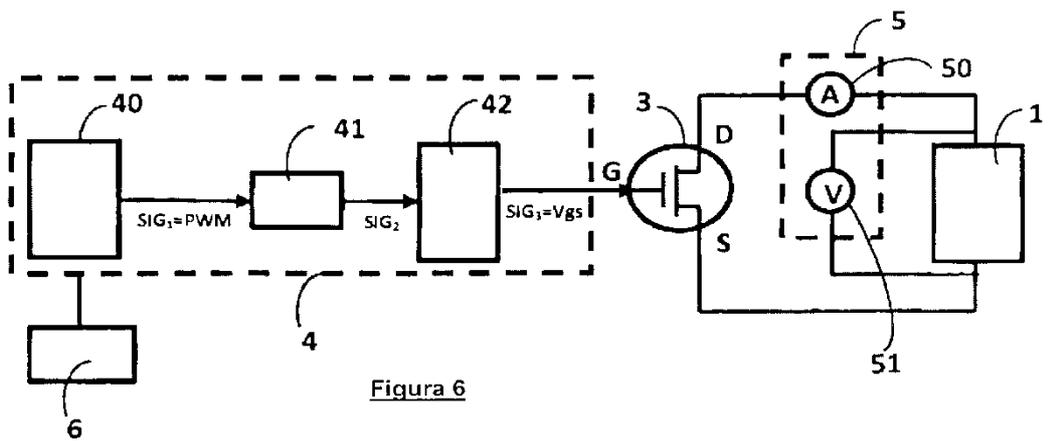


Figura 6

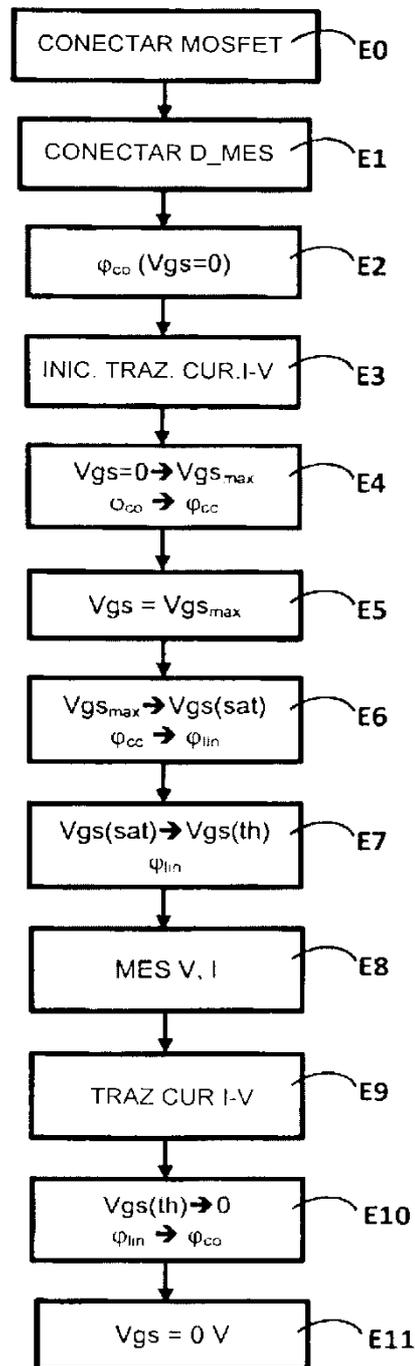


Figura 7