

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 471 871**

51 Int. Cl.:

**H03K 17/0812** (2006.01)

**G01K 7/01** (2006.01)

**G01K 7/34** (2006.01)

**H03K 17/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.09.2012 E 12182959 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.04.2014 EP 2575255**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para determinar la temperatura de un interruptor semiconductor**

30 Prioridad:

**29.09.2011 DE 102011083679**

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

**27.06.2014**

73 Titular/es:

**SEMIKRON ELEKTRONIK GMBH & CO. KG  
(100.0%)**

**Sigmundstrasse 200  
90431 Nürnberg, DE**

72 Inventor/es:

**SCHULER, STEFAN**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 471 871 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para determinar la temperatura de un interruptor semiconductor

5 La invención se refiere a un procedimiento y a un aparato para determinar la temperatura de un interruptor semiconductor.

Los interruptores semiconductores se utilizan, entre otras cosas por ejemplo, para rectificar e invertir las tensiones y las corrientes eléctricas, en las que una pluralidad de interruptores semiconductores están, por lo general  
10 eléctricamente conectados entre sí, para obtener un convertidor de potencia. En ese caso, los interruptores semiconductores están generalmente dispuestos en un sustrato, que a su vez, está conectado directa o indirectamente a un disipador térmico.

15 Cuando se opera un interruptor semiconductor, como por ejemplo un IGBT (un transistor bipolar de puerta aislada) o un MOSFET (un transistor de efecto de campo metal-óxido-semiconductor), aparece una pérdida de energía en el interruptor semiconductor en forma de calor durante la activación y desactivación del interruptor semiconductor, provocando así el calentamiento del interruptor semiconductor. En este caso, se incurre en una pérdida de energía, fundamentalmente en la denominada capa barrera del interruptor semiconductor que conlleva un aumento en la temperatura de la misma. En este caso, la energía perdida depende básicamente de la frecuencia con la que se  
20 activa y desactiva el interruptor semiconductor y también de las corrientes eléctricas que fluyen a través del mismo durante el funcionamiento, así como de la tensión aplicada en el mismo.

Si, durante el funcionamiento del interruptor semiconductor, la temperatura del interruptor semiconductor y en particular, la temperatura de la capa barrera del mismo, sobrepasase un valor límite permitido, por ejemplo como  
25 consecuencia de una sobrecarga dinámica o estática, esto podría conllevar un malfuncionamiento y en un caso extremo, la destrucción del interruptor semiconductor.

Para evitarlo, se conoce del estado de la técnica anterior, el acoplamiento de un sensor de temperatura cerca de los interruptores semiconductores dispuestos en un sustrato y la medición de la temperatura del sustrato, al que el  
30 interruptor semiconductor emite la energía perdida del mismo y que, por consiguiente, se calienta. Si la temperatura medida del sustrato sobrepasa un valor límite pre-establecido, entonces se desactivan los interruptores semiconductores. Como resultado de la constante de tiempo térmica y de la conductividad térmica finita del sustrato, la temperatura del sustrato solo sigue la temperatura del interruptor semiconductor y en particular, la temperatura de la capa barrera del interruptor semiconductor de manera relativamente desfasada. Este procedimiento presenta la desventaja de que, como se mide la temperatura del sustrato y no la temperatura del interruptor semiconductor, no se detectan aumentos rápidos de temperatura en los interruptores semiconductores que podrían producirse, por  
35 ejemplo, en el caso de un cambio en la carga dinámica y por eso, podrían producirse malfuncionamientos o la destrucción de los interruptores semiconductores, como consecuencia de unas temperaturas excesivamente elevadas de los interruptores semiconductores, a pesar de la monitorización de la temperatura del sustrato. Se divulga un procedimiento sin sensor de temperatura en el documento DE 10 2008 063 806 A1.

Muchas veces, para conseguir la fuerza dieléctrica o la capacidad de conducir corriente requerida, hay que conectar eléctricamente una pluralidad de interruptores semiconductores, en serie y/o en paralelo, para obtener una válvula eléctrica. Para permitir los tiempos de menor duración posible de activación entre los interruptores semiconductores  
45 de una válvula eléctrica, se conocen del estado de la técnica anterior interruptores semiconductores tales como los IGBT o los MOSFET, que tienen una resistencia eléctrica de puerta, integrada en los interruptores semiconductores. En estos interruptores semiconductores, se crea una puerta de resistencia óhmica eléctrica, que por lo general tiene un valor de unos pocos ohmios, aplicando una capa semiconductor dopada adicional a las capas que están presentes de todas formas y forman el núcleo funcional del interruptor semiconductor. Para obtener esta resistencia de puerta integrada en el interruptor semiconductor, se deposita por ejemplo el silano ( $\text{SiH}_4$ ) en un aislante ( $\text{SiO}_2$ ). Se dopa después la polisilicona que ha crecido en una capa. Luego, se aplica una metalización en la capa de polisilicona dopada, que forma la conexión de la resistencia de puerta accesible desde el exterior del interruptor semiconductor.

55 El objeto de la invención es crear un procedimiento y un dispositivo para determinar la temperatura de un interruptor semiconductor, que permita una determinación muy dinámica de la temperatura del interruptor semiconductor.

Se consigue este objetivo mediante un procedimiento para determinar la temperatura de un interruptor semiconductor, que tiene una resistencia eléctrica de puerta integrada, procedimiento que consta de las siguientes etapas:  
60

- activación del interruptor semiconductor aumentando la tensión de puerta-emisor del interruptor semiconductor, mediante una resistencia eléctrica externa conectada a la conexión de resistencia de puerta del interruptor semiconductor,
- 65 - determinación del tiempo que requiere la tensión de puerta-emisor durante el aumento de la tensión de puerta-emisor del interruptor semiconductor, para aumentar de una primera tensión a una segunda tensión

- determinación de la temperatura del interruptor semiconductor basándose en el tiempo determinado.

Además, este objetivo se alcanza mediante un aparato para determinar la temperatura de un interruptor semiconductor, que tiene una resistencia eléctrica de puerta integrada, que comprende:

- 5 - un circuito de control, configurado para activar el interruptor semiconductor aumentando la tensión de puerta-emisor del interruptor semiconductor mediante una resistencia eléctrica externa, conectada a la conexión de resistencia de puerta del interruptor semiconductor;
- 10 - una unidad de determinación del tiempo, configurada para determinar el tiempo que requiere la tensión de puerta-emisor, durante el aumento de la tensión de puerta-emisor del interruptor semiconductor, para aumentar de una primera tensión a una segunda tensión
- y una unidad de determinación de la temperatura, configurada para determinar la temperatura del interruptor semiconductor, basándose en el tiempo determinado.

15 Se derivan modos de realización ventajosos de la invención a partir de las reivindicaciones dependientes. Los modos de realización ventajosos del procedimiento son análogas a los modos de realización ventajosos del aparato y viceversa.

20 Por otra parte, resultaría ventajoso que el semiconductor estuviese desactivado cuando la temperatura determinada del interruptor semiconductor alcance o sobrepase un valor límite de temperatura. Se puede evitar así con fiabilidad un malfuncionamiento o la destrucción del interruptor semiconductor como consecuencia de una temperatura demasiado elevada del interruptor semiconductor.

25 Es más, resultaría ventajoso que la segunda tensión se encontrara por debajo de la tensión umbral del interruptor semiconductor. Si la segunda tensión se encuentra por debajo de la denominada tensión umbral del interruptor semiconductor, es decir, por debajo de la tensión umbral, en la que fluye una corriente colectora perceptible, es decir, que el interruptor semiconductor empieza a cambiar al estado conductivo (activado), se garantiza que la determinación del tiempo para determinar la temperatura del interruptor semiconductor se produce por debajo de la denominada meseta Miller y que la retroalimentación de la capacitancia puerta-colector a la trayectoria de la tensión de puerta-emisor no tenga ninguna influencia en la determinación del tiempo. Posibilitando como resultado una determinación particularmente fiable de la temperatura del interruptor semiconductor.

30 Además, resultaría ventajoso que el interruptor semiconductor estuviese configurado como un IGBT o un MOSFET, ya que los mismos constituyen interruptores semiconductores disponibles en el mercado.

35 Por otro lado, resultaría ventajosa una disposición de circuito con un aparato de acuerdo con la invención, en el que la disposición del circuito presente un interruptor semiconductor, que tenga una resistencia eléctrica de puerta integrada, en el que el circuito de control del aparato se conecta eléctricamente a la conexión de la resistencia de puerta del interruptor semiconductor, mediante la resistencia eléctrica externa, y en el que la unidad para determinar el tiempo se conecta eléctricamente a la conexión de resistencia de puerta del interruptor semiconductor.

40 Las figuras ilustran un ejemplo de realización de la invención, que se describe con más detalle a continuación. En las figuras:

45 La FIG. 1 muestra un aparato de acuerdo con la invención para determinar la temperatura de un interruptor semiconductor, que tiene integrada una resistencia eléctrica de puerta.

50 La FIG. 2 muestra la trayectoria de la tensión de puerta-emisor  $U_{GE}$  del interruptor semiconductor, cuando se activa el interruptor semiconductor.

La FIG. 3 muestra la curva característica de temperaturas del interruptor semiconductor.

55 Un aparato 13 de acuerdo con la invención para determinar la temperatura  $T$  de un interruptor semiconductor 1, que tiene una resistencia eléctrica de puerta  $R_{Gint}$  integrada en el interruptor semiconductor 1, se ilustra en la FIG 1 en forma de diagrama de bloques eléctricos. En el contexto del ejemplo de realización, el interruptor semiconductor 1 se configura como un IGBT y tiene la conexión de resistencia de puerta GA, que es accesible desde el exterior del interruptor semiconductor 1 y que se utiliza para la conexión eléctrica del interruptor semiconductor 1 a un componente eléctrico externo. Se puede conectar eléctricamente el colector C del interruptor semiconductor 1 al mundo exterior mediante la conexión del colector CA; y el emisor E del interruptor semiconductor puede conectarse eléctricamente al mundo exterior mediante la conexión del emisor EA, en la que, en el contexto del ejemplo de realización, se conecta eléctricamente el emisor E a una carga 2. El núcleo del interruptor semiconductor, que consiste en la puerta G, el emisor E y el colector C, se ilustra en la FIG. 1 en forma de símbolo eléctrico para un IGBT. El interruptor semiconductor 1 tiene una resistencia eléctrica óhmica de puerta  $R_{Gint}$  integrada en el interruptor semiconductor 1, que está conectada eléctricamente entre la conexión de resistencia de puerta GA y la puerta G. La conexión de resistencia de puerta GA se conecta eléctricamente a la puerta G del interruptor semiconductor 1, a través de la resistencia de puerta  $R_{Gint}$ . Tal y como ya se ha descrito en la descripción del estado de la técnica

anterior, el interruptor semiconductor 1, que tiene la resistencia de puerta integrada  $R_{Gint}$  forma parte del estado de la técnica anterior. En estos interruptores semiconductores, se crea eléctricamente una resistencia óhmica de puerta, que por lo general tiene un valor de unos pocos ohmios (por ejemplo 10 ohm), aplicando una capa semiconductor dopada adicional a las capas presentes de todas formas y que forman el núcleo funcional del interruptor semiconductor.

Además, la capacitancia parásita puerta-emisor  $C_{CE}$  está activa entre la puerta G y el emisor E.

Si la tensión de puerta-emisor  $U_{GE}$  del interruptor semiconductor 1 sobrepasa la denominada tensión umbral  $U_s$  del interruptor semiconductor 1, entonces la resistencia eléctrica entre el colector K y el emisor E del interruptor semiconductor 1 cae considerablemente y la corriente de colector  $I_c$  empieza a fluir entre el interruptor semiconductor 1 desde el colector al emisor y desde allí a la carga 2. En el contexto de la presente invención, por tensión de puerta-emisor  $U_{GE}$  de un interruptor semiconductor se entiende la tensión eléctrica de la conexión de resistencia de puerta GA con respecto a la conexión de emisor EA del interruptor semiconductor (véase la FIG. 1). En el caso de que la tensión de puerta-emisor  $U_{GE}$  aumente más, la resistencia eléctrica entre el colector y el emisor cae a un mínimo. El interruptor semiconductor 1 se encuentra entonces en estado activado.

El aparato 13 de acuerdo con la invención tiene un circuito de control 3, configurado para activar el interruptor semiconductor, aumentando la tensión de puerta-emisor  $U_{GE}$  del interruptor semiconductor 1, mediante una resistencia eléctrica externa  $R_{ext}$  conectada a la conexión de resistencia de puerta GA del interruptor semiconductor 1. En el contexto de la presente invención, el término "externa" implica que la resistencia eléctrica  $R_{ext}$  no forma parte del interruptor semiconductor 1. Se utiliza el circuito de control 3 para controlar el interruptor semiconductor 1, y activar y desactivar el mismo, de acuerdo con una señal pulsante P, que se genera mediante un control 10. El circuito de control 3 tiene una fuente de tensión 11, que genera una tensión de control  $U_T$  en función de la señal P. El circuito de control 3 y en particular, la fuente de tensión 11 se conectan eléctricamente a la conexión de resistencia de puerta GA del interruptor semiconductor 1, a través de la resistencia eléctrica externa  $R_{ext}$ . Cuando la señal P tiene un valor "0", entonces la tensión de control  $U_T$  tiene la tensión negativa  $U_a$  (véase la FIG. 2). En consecuencia, cuando se encuentra en estado estático, la tensión de puerta-emisor  $U_{GE}$  tiene la tensión negativa  $U_a$  y el interruptor semiconductor 1 se desactiva. Es decir, la resistencia eléctrica entre el colector C y el emisor E tiene un alto valor óhmico.

Si se activa el interruptor de potencia, entonces el control 10 genera un valor de "1" para la señal P. Cuando se recibe el flanco positivo de la señal P, cuando la señal cambia de "0" a "1", la tensión de control  $U_T$  salta de la tensión negativa  $U_a$  a la tensión positiva  $U_e$ . Como resultado, la capacitancia parásita puerta-emisor  $C_{GE}$  se carga a través de la resistencia externa  $R_{ext}$ , que está eléctricamente conectada en serie y la resistencia de puerta integrada  $R_{Gint}$ , hasta que la tensión  $U_e$  esté presente por encima de la capacitancia de puerta-emisor  $C_{GE}$ . La trayectoria resultante de la tensión de puerta-emisor  $U_{GE}$  en el tiempo t, se ilustra en la FIG. 2. El tiempo de conmutar la tensión de control  $U_T$  de una tensión negativa  $U_a$  a una tensión positiva  $U_e$ , es decir el punto en el tiempo en el que la señal P cambia de "0" a "1", constituye el inicio E del aumento de la tensión de puerta-emisor y por consiguiente, el inicio del procedimiento de activación del interruptor semiconductor 1.

Tras el inicio E del aumento de la tensión de puerta-emisor  $U_{GE}$ , la tensión de puerta-emisor  $U_{GE}$  aumenta rápidamente, hasta alcanzar la tensión umbral  $U_s$ . Si la tensión de puerta-emisor  $U_{GE}$  sobrepasa la tensión umbral  $U_s$ , entonces la resistencia eléctrica entre el colector K y el emisor E del interruptor semiconductor 1 cae considerablemente y la corriente de colector  $I_c$  empieza a fluir a través del interruptor semiconductor 1, desde el colector al emisor y desde allí a la carga 2. Debido a la retroalimentación de la capacitancia puerta-colector, que no se ha representado en la FIG. 1 por motivos de claridad, se forma la denominada meseta Miller M en la trayectoria de la tensión de puerta-emisor  $U_{GE}$ , en la que la tensión de puerta-emisor  $U_{GE}$  solo experimenta un aumento débil y posiblemente incluso cae ligeramente, antes de aumentar de nuevo de manera más pronunciada tras la meseta Miller M, alcanzando la tensión positiva  $U_e$ .

La trayectoria de la tensión de puerta-emisor  $U_{GE}$  en la región comprendida entre el inicio E y el punto en el que alcanza la tensión umbral  $U_s$  depende en gran medida de la resistencia eléctrica de la resistencia de puerta integrada  $R_{Gint}$ . Cuanto mayor sea la resistencia eléctrica de la resistencia de puerta integrada  $R_{Gint}$ , más plana es la trayectoria de la tensión de puerta-emisor  $U_{GE}$  en la región entre el inicio E y el punto donde alcanza la tensión umbral  $U_s$ . La pendiente media de la tensión de puerta-emisor  $U_{GE}$  en la región entre el inicio E y el punto en el que alcanza la tensión umbral  $U_s$  disminuye con el aumento de la resistencia eléctrica de la resistencia de puerta integrada  $R_{Gint}$ .

La resistencia eléctrica óhmica de la resistencia de puerta integrada  $R_{Gint}$  depende de la temperatura y aumenta con el aumento de la temperatura de la resistencia de puerta  $R_{Gint}$  y por consiguiente, con el aumento de la temperatura del interruptor semiconductor. Como resultado, la tensión de puerta-emisor  $U_{GE}$  aumenta más despacio en la región comprendida entre el inicio E y el punto en el que alcanza la tensión umbral  $U_s$ , cuanto más alta sea la temperatura del interruptor semiconductor. De acuerdo con la invención, se utiliza este efecto para determinar la temperatura del interruptor de semiconductor. Dado que la resistencia de puerta integrada  $R_{Gint}$  se dispone en los alrededores inmediatos de la capa barrera del interruptor semiconductor, en el que una parte sustancial de la energía perdida del interruptor semiconductor que se produce mientras el interruptor semiconductor está en funcionamiento se convierte

en calor, la temperatura de la resistencia de puerta  $R_{Gint}$  y por consiguiente, la resistencia eléctrica de la resistencia de puerta  $R_{Gint}$  siguen la temperatura de la capa barrera del interruptor semiconductor 1 de manera muy dinámica. Por eso, la invención permite determinar de manera muy dinámica la temperatura del interruptor semiconductor 1.

5 Para determinar la temperatura del interruptor semiconductor, se transmite como variable de entrada a una unidad de determinación del tiempo 14, configurada para determinar el tiempo  $dt$  que la tensión de puerta-emisor  $U_{GE}$  requiere durante el aumento de la tensión de puerta-emisor del interruptor semiconductor, para aumentar de una primera tensión  $U_1$  a una segunda tensión  $U_2$  (véase la FIG. 2). En el contexto del ejemplo de realización, la unidad para determinar el tiempo 14 tiene un primer monitor de valor límite 4, un segundo monitor de valor límite 5, un contador 6 y un generador de pulsos de reloj 15. La tensión de puerta-emisor  $U_{GE}$  se alimenta al primer y al segundo monitor de valor límite como variable de entrada. Cuando la tensión de puerta-emisor  $U_{GE}$  alcanza la primera tensión predefinida  $U_1$ , el primer monitor de valor límite 4 genera una señal  $S1$  y transmite la misma a un contador 6. Cuando la tensión de puerta-emisor  $U_{GE}$  alcanza la segunda tensión predefinida  $U_2$ , el segundo monitor de valor límite 5 genera una señal  $S2$  y transmite la misma a un contador 6. El contador 6 recibe un pulso de reloj equidistante de alta frecuencia  $F$ , que genera el generador de pulsos de reloj 15. Al recibir la señal  $S1$ , el contador 6 cuenta el número de pulsos de reloj generados por el generador de pulsos de reloj 15 desde que recibe la señal  $S1$  hasta que recibe la señal  $S2$ . El contador por tanto, determina el tiempo  $dt$ , que la tensión de puerta-emisor  $U_{GE}$  del interruptor semiconductor 1 requiere para en aumentar de la primera tensión  $U_1$  a la segunda tensión  $U_2$ , en forma del número de pulsos de reloj generados por el generador de pulsos de reloj 15 desde que recibe la señal  $S1$  hasta que recibe la señal  $S2$ .

A continuación, se transmite el tiempo  $dt$  como variable de entrada a una unidad para determinar la temperatura 7, configurada para determinar la temperatura  $T$  del interruptor semiconductor 1 basándose en el tiempo  $dt$  determinado. En el contexto del ejemplo de realización, basándose en la curva característica de temperaturas  $K$  del interruptor semiconductor 1 (véase la FIG. 3), que indica la dependencia de la temperatura  $T$  del interruptor semiconductor 1, del tiempo  $dt$ , que la tensión de puerta-emisor  $U_{GE}$  del interruptor semiconductor 1 requiere para aumentar de la primera tensión  $U_1$  a la segunda tensión  $U_2$ , la unidad para determinar la temperatura 7 determina la temperatura  $T$  del interruptor semiconductor 1. La curva característica de temperaturas  $K$  del interruptor semiconductor 1, puede por ejemplo determinarse empíricamente.

En el contexto del ejemplo de realización, la temperatura  $T$  determinada del interruptor semiconductor 1 se transmite a una unidad de monitorización como variable de entrada. La unidad de monitorización está configurada para desactivar el interruptor semiconductor 1 cuando la temperatura  $T$  determinada del interruptor semiconductor 1 alcance o sobrepase un valor límite de temperatura pre-determinada  $T_K$ . A tal efecto, en el contexto del ejemplo de realización, cuando la temperatura  $T$  determinada del interruptor semiconductor 1 alcance o sobrepase un valor límite de temperatura pre-determinada  $T_K$  y hasta que se reinicie la unidad de monitorización 8, la unidad de monitorización 8 genera una señal de desactivación  $A$ , que está presente a largo plazo y transmite la misma como variable de entrada al circuito de control 3, que al recibir la señal de desactivación  $A$  y mientras la señal de desactivación esté presente, genera la tensión negativa  $U_a$ , independientemente de la señal de pulso  $P$ , desactivando así el interruptor semiconductor 1 a largo plazo. Paralela a la misma, la unidad de monitorización 8 transmite la señal de desactivación  $A$  al control 10, que muestra el mensaje de error correspondiente al usuario.

En el contexto del ejemplo de realización, en la FIG. 1 solo se ilustra un único interruptor semiconductor, conectado al aparato 13 de acuerdo con la invención. Sin embargo, por supuesto es posible, si por ejemplo una pluralidad de interruptores semiconductores se conectan en paralelo o en serie a la denominada válvula, para todos o una parte de los interruptores semiconductores con los que la válvula está formada, conectar eléctricamente a un aparato 13 respectivamente asociado de acuerdo con la invención. En este caso, las conexiones de puerta de los interruptores semiconductores asignadas a los aparatos 13 asociados respectivamente se conectan eléctricamente a la resistencia externa  $R_{ext}$  del aparato 13 asociado respectivamente.

Llegados a este punto, cabe mencionar que el circuito de control 12 y la resistencia externa  $R_{ext}$  pueden formar parte del denominado circuito impulsor 12.

Para realizar la invención, solo hace falta utilizar interruptores semiconductores con una resistencia de puerta integrada en lugar de interruptores semiconductores que no tienen una resistencia de puerta integrada, para obtener por ejemplo, un circuito electrónico de potencia (por ejemplo un rectificado, un inversor, etc).

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para determinar la temperatura (T) de un interruptor semiconductor (1), que tiene una resistencia eléctrica de puerta integrada ( $R_{Gint}$ ), procedimiento que consta de las siguientes etapas:

- 5 - activación del interruptor de semiconductor (1) aumentando la tensión de puerta-emisor ( $U_{GE}$ ) del interruptor semiconductor (1) mediante una resistencia eléctrica externa ( $R_{ext}$ ) conectada a la conexión de resistencia de puerta (GA) del interruptor semiconductor (1), caracterizado por que el procedimiento además comprende las siguientes etapas:
- 10 - determinación del tiempo (dt) que la tensión de puerta-emisor ( $U_{GE}$ ) requiere durante el aumento de la tensión de puerta-emisor ( $U_{GE}$ ) del interruptor semiconductor (1), para aumentar de una primera tensión ( $U_1$ ) a una segunda tensión ( $U_2$ ); y
- 15 - determinación de la temperatura (T) del interruptor semiconductor (1) basándose en el tiempo (dt) determinado.

2. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, con las siguientes etapas adicionales:

- 20 - desactivación del interruptor semiconductor (1) cuando la temperatura (T) determinada del interruptor semiconductor (1) alcanza o sobrepasa un valor límite de temperatura ( $T_K$ ).

3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la segunda tensión ( $U_2$ ) se encuentra por debajo de la tensión umbral ( $U_S$ ) del interruptor semiconductor (1).

4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el interruptor semiconductor (1) está configurado como un IGBT o un MOSFET.

5. Aparato para determinar la temperatura (T) de un interruptor semiconductor (1), que tiene una resistencia eléctrica de puerta integrada ( $R_{Gint}$ ), que comprende:

- 30 - un circuito de control (3), configurado para activar el interruptor semiconductor (1) aumentando la tensión de puerta-emisor ( $U_{GE}$ ) del interruptor semiconductor (1) mediante una resistencia eléctrica externa ( $R_{ext}$ ), conectada a la conexión de resistencia de puerta (GA) del interruptor semiconductor (1), caracterizado por:
- 35 - una unidad para determinar el tiempo (14), configurada para determinar el tiempo (dt) que requiere la tensión de puerta-emisor ( $U_{GE}$ ) durante el aumento de la tensión de puerta-emisor ( $U_{GE}$ ) del interruptor semiconductor (1), para aumentar de una primera tensión ( $U_1$ ) a una segunda tensión ( $U_2$ ); y
- una unidad para determinar la temperatura (14), configurada para determinar la temperatura (T) del interruptor semiconductor (1) basándose en el tiempo determinado (dt).

6. Disposición de circuito con un aparato (13) de acuerdo con la Reivindicación 6, en la que la disposición de circuito cuenta con un interruptor semiconductor (1), que tiene una resistencia eléctrica de puerta integrada ( $R_{Gint}$ ), en la que el circuito de control (3) del aparato (13) está eléctricamente conectado a la conexión de resistencia de puerta (GA) del interruptor semiconductor (1), mediante la resistencia eléctrica externa ( $R_{ext}$ ), en la que la unidad para determinar el tiempo (14) está eléctricamente conectada a la conexión de resistencia de puerta (GA) del interruptor semiconductor (1).

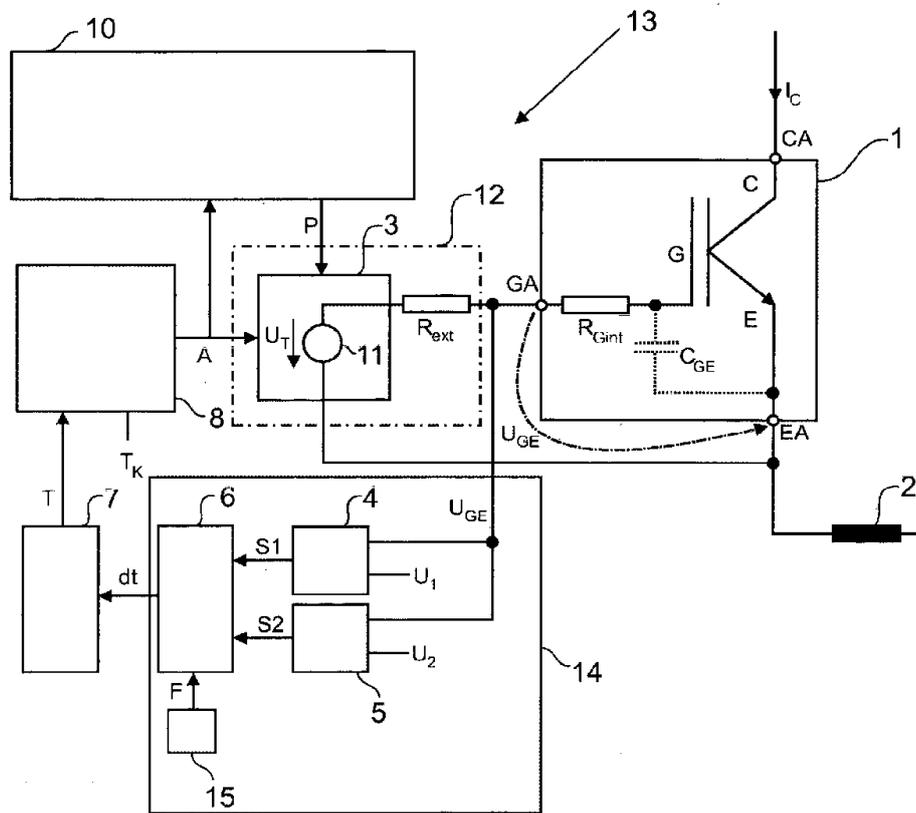


FIG 1

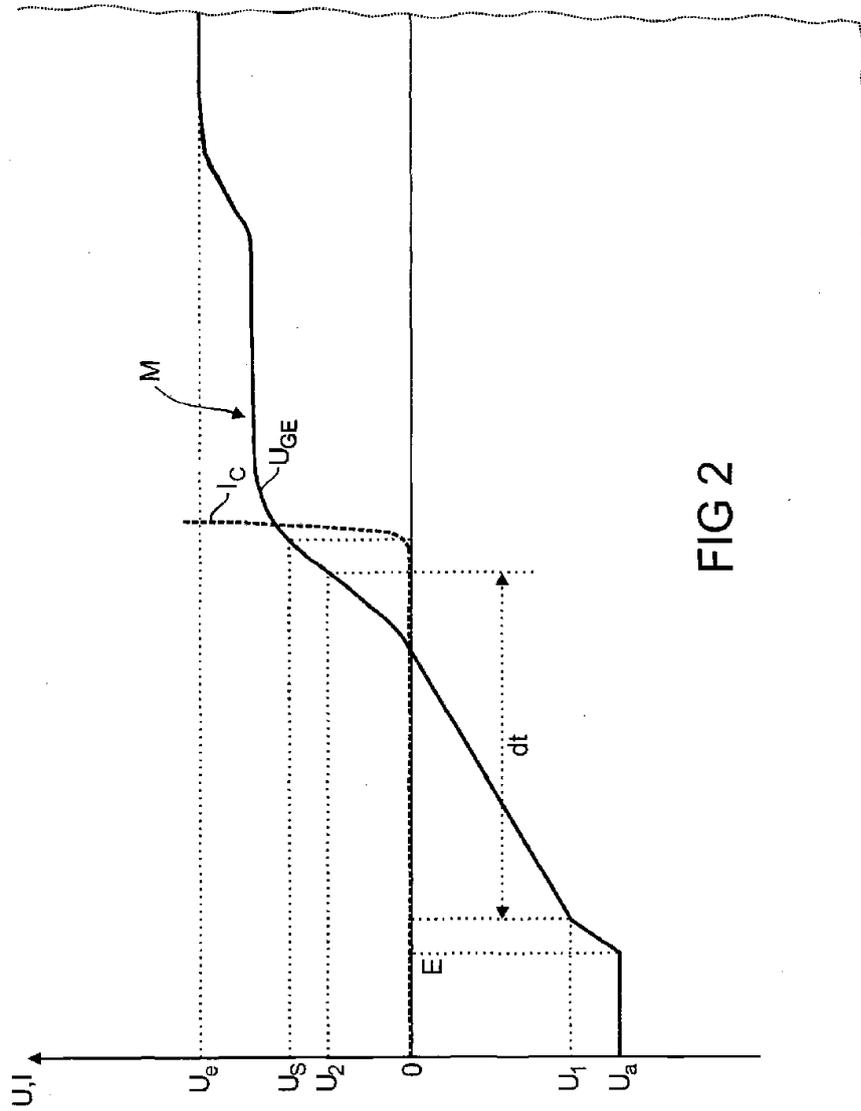


FIG 2

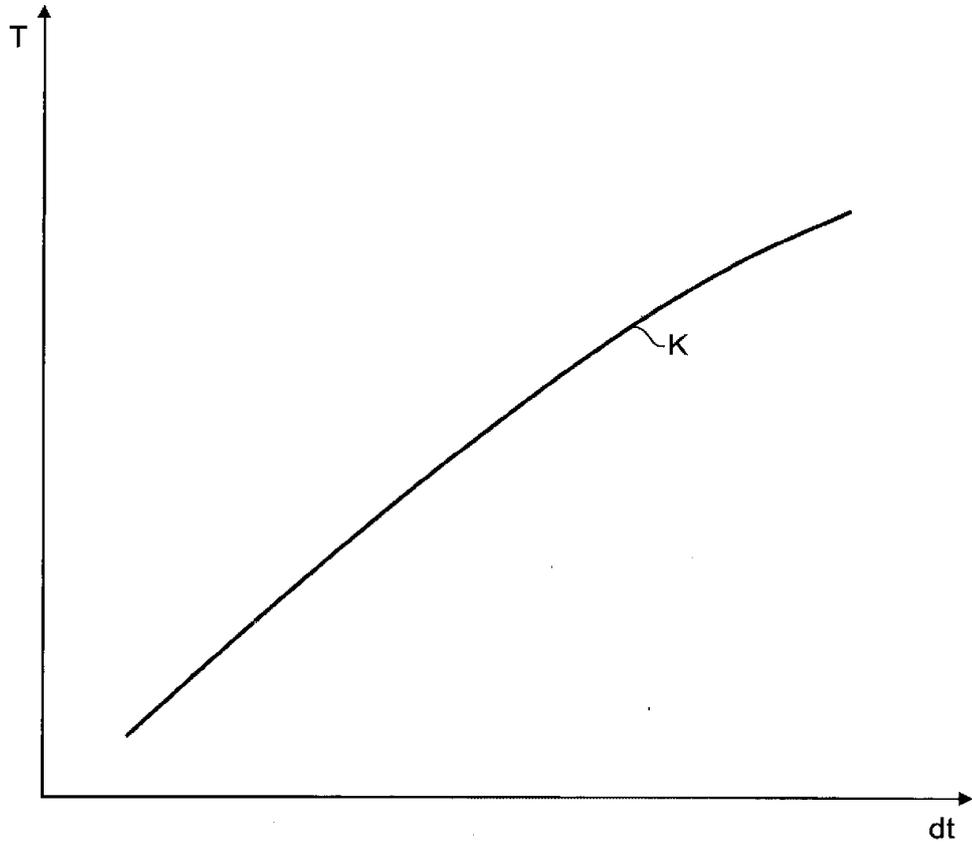


FIG 3