

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 692 348**

51 Int. Cl.:

H03K 17/73 (2006.01)

H03K 17/0814 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.03.2016** E 16163180 (9)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.08.2018** EP 3076551

54 Título: **Un método para el control de un voltaje en terminales de un semiconductor de potencia en un circuito de potencia eléctrica y un circuito de potencia eléctrica**

30 Prioridad:

01.04.2015 IT BO20150160

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

03.12.2018

73 Titular/es:

ENERGY TECHNOLOGY S.R.L. (100.0%)
Via della Solidarieta' 2/1
40056 Valsamoggia, IT

72 Inventor/es:

TADDIA, GIUSEPPE y
TENCONI, SANDRO MARIA

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 692 348 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

Un método para el control de un voltaje en terminales de un semiconductor de potencia en un circuito de potencia eléctrica y un circuito de potencia eléctrica

5 La invención se refiere a un método para controlar el voltaje en los terminales de un semiconductor en un circuito de potencia eléctrica y un circuito de potencia eléctrica.

10 Se conocen aparatos electrónicos en el sector de la electrónica de potencia que tienen circuitos de potencia equipados con semiconductores (en particular IGCT) utilizados sustancialmente con la función de conmutadores unidireccionales.

15 Todos los conmutadores (ya sean de estado sólido o electromecánicos) tienen el fenómeno de sobrevoltaje en la apertura, estos sobrevoltajes son causados por la energía magnética almacenada en la inductancia de la red que interrumpe al conmutador.

Debe anotarse que existen sobrevoltajes en estos circuitos, en particular durante el "corte" (inhibición) de los semiconductores, es decir, voltajes superiores al voltaje de alimentación.

20 Estos sobrevoltajes se deben básicamente a la corriente derivada de corte alto de los semiconductores de potencia y a las inductancias presentes en la red de conmutación. Además, estos sobrevoltajes también pueden deberse a las inductancias parásitas o capacitancias no deseadas presentes en los circuitos.

25 Dado que estos voltajes también serían destructivos para componentes con altos voltajes de bloque máximos, de acuerdo con una primera solución, normalmente se instala un circuito denominado "de protección" en paralelo al conmutador, que consiste de un diodo, un condensador y una resistencia que "retarda" el descenso de la corriente en el circuito principal.

30 En estos circuitos, también se debe tener en cuenta que la capacidad del circuito que constituye el circuito "de protección" no debe ser excesiva para no aumentar excesivamente la conmutación del tiempo de los semiconductores. De acuerdo con una segunda solución, como alternativa al circuito "de protección", hay en paralelo al semiconductor/conmutador un dispositivo de protección del tipo "bloqueo" diseñado para controlar, es decir, limitar, el voltaje de funcionamiento de los semiconductores.

35 El circuito de bloqueo consiste generalmente en un circuito que consta de un diodo y una fuente de bajo voltaje de impedancia (generalmente un condensador de alta capacidad cargado con un voltaje predeterminado). Sin embargo, también en este caso, la red del circuito de bloqueo tiene a su vez una inductancia parásita no insignificante, empeorada por el comportamiento inductivo del diodo de alto voltaje, que entra en conducción con un cierto retardo (fenómeno conocido como "recuperación directa"). Incluso en presencia de estos dispositivos de protección, todavía
40 se encuentran sustancialmente sobrevoltajes significativos en los terminales del semiconductor, en particular durante oscilaciones momentáneas.

45 Normalmente, por lo tanto, el semiconductor se usa a voltajes de funcionamiento que son significativamente menores que los voltajes máximos que puede soportar el componente, es decir, se utiliza un semiconductor de gran tamaño en el circuito. Por lo tanto, existe una necesidad fuertemente sentida de proteger el semiconductor de estos circuitos eléctricos, a fin de evitar sobrevoltajes en el semiconductor (en particular en las oscilaciones momentáneas) que pueden causar daños.

50 También se siente la necesidad en el sector en cuestión de ajustar de forma particularmente exacta y precisa el voltaje presente en el semiconductor durante el apagado, para poder usar el semiconductor a voltajes de funcionamiento próximos a los voltajes operativos máximos del componente.

55 El documento EP0509118 divulga una disposición de circuito con componentes GTO conectados en serie que se simplifica y las dimensiones de los componentes del circuito se reducen debido a que las diferencias en los tiempos t_d de retardo de conmutación de los componentes individuales GTO se reducen a una dimensión no crítica empleando una unidad "dura" por medio de unidades de puerta adecuadas.

60 El objetivo de esta invención es satisfacer la necesidad mencionada anteriormente, en particular para proporcionar un circuito de potencia eléctrica que comprende un semiconductor y un método para controlar el voltaje de un semiconductor en un circuito de potencia eléctrica. Las características técnicas de la invención, con referencia a los objetivos anteriores, se describen claramente en las reivindicaciones siguientes, mientras que la invención está limitada por las reivindicaciones independientes. Sus ventajas son evidentes a partir de la descripción detallada que sigue, con referencia a los dibujos adjuntos que ilustran una realización preferida de la invención proporcionada
65 meramente a modo de ejemplo sin restringir el alcance del concepto de la invención, y en la cual:

- La Figura 1 es una vista esquemática de una realización del circuito de potencia eléctrica de acuerdo con esta invención;

5 - La figura 2 es una vista esquemática de la tendencia del voltaje en los extremos del circuito de potencia eléctrica de acuerdo con la invención durante el paso de una condición de conducción a una condición de corte;

- Las Figuras 3 a 5 ilustran las respectivas realizaciones del circuito eléctrico de acuerdo con la invención;

10 - Las Figuras 6 y 7 ilustran dos diagramas de aplicación respectivos del circuito eléctrico de la Figura 4 (conmutador de serie de la Figura 6, la Figura 7 paralelo o conmutador de derivación).

Con referencia a los dibujos adjuntos, el número 1 denota un circuito de potencia eléctrica de acuerdo con esta invención.

15 El circuito eléctrico está equipado con un semiconductor 2 de potencia, que define un conmutador unidireccional.

El dispositivo 2 semiconductor de potencia es preferiblemente, pero sin restringir el alcance de la invención, un Tiristor Conmutado por Puerta integrada (conocido por el acrónimo IGCT).

20 El dispositivo 2 semiconductor está diseñado para ser conmutable entre un estado de conducción (en el que está permitido el paso de corriente a través del dispositivo 2 semiconductor) y un estado de inhibición (en el que se evita el paso de corriente a través del dispositivo 2 semiconductor). Más específicamente, el dispositivo 2 semiconductor comprende un primer y un segundo terminal 2A, 2B, a través de los cuales se permite o evita el paso de la corriente, en los estados de conducción o inhibición, respectivamente.

25 Este circuito 1 de potencia está diseñado para integrarse en un aparato de potencia eléctrica (de cualquier tipo). El circuito 1 de potencia eléctrica, comprende:

30 - un semiconductor 2 de potencia sometido a un voltaje V_a de alimentación que define un conmutador unidireccional;

35 - un dispositivo 5 de protección asociado (operativamente, es decir, eléctricamente) con el semiconductor 2 de potencia para limitar la derivada de tiempo del voltaje V_a presente entre el primer y el segundo terminal 2A, 2B (durante la apertura del conmutador, es decir, en el paso del estado de conducción al estado de corte) a un primer valor límite predeterminado;

- un dispositivo 3 de bloqueo asociado eléctricamente al semiconductor 2 de potencia para limitar el voltaje V_a presente entre el primer y el segundo terminal 2A, 2B a un segundo valor límite predeterminado;

40 - una alimentación 4 de potencia reguladora asociada al dispositivo 3 de bloqueo, para hacer que un control de voltaje V_c esté disponible para el dispositivo 3 de bloqueo, con el fin de regular el segundo valor límite predeterminado.

45 Como se mencionó anteriormente, el semiconductor 2 de potencia está equipado con un primer conector 2A (en lo sucesivo también denominado terminal 2A) y un segundo conector 2B (en lo sucesivo también denominado terminal 2B) al que se aplica el voltaje de alimentación V_a (que es, el voltaje al que está sometido el semiconductor, más específicamente, durante el estado de corte). Preferiblemente, pero sin restringir el alcance de la invención, el primer conector 2A y el segundo conector 2B están definidos, respectivamente, por el ánodo y por el cátodo del semiconductor 2.

50 De conformidad con lo anterior, el dispositivo 5 de protección está conectado tanto al primer conector 2A como al segundo conector 2B del semiconductor 2.

55 Como se ilustra, el dispositivo 5 de protección comprende (al menos) un diodo 6, una capacitancia 7 y una resistencia 8.

60 Debe anotarse que la función del dispositivo 5 de protección es esencialmente la de limitar la derivada de tiempo del voltaje V_a presente entre los terminales 2A y 2B (primer y segundo terminal) a un primer valor límite predeterminado, es decir, que previene la derivada de tiempo del voltaje V_a entre el primer y el segundo terminal 2A y 2B que exceda de un primer valor límite predeterminado.

Básicamente, en uso, el dispositivo 5 de protección está activo durante las oscilaciones eléctricas momentáneas del semiconductor 2, en particular durante el paso desde una condición de activación (conducción) a una condición de corte (inhibición) por el semiconductor 2.

65

En este paso, desde la condición de activación (conducción) hasta la condición de corte (inhibición), la tensión V_a presente en los terminales del semiconductor 2 aumenta (como se ilustra en la Figura 2), y se estabiliza en estado estable en valores cercanos al voltaje V_a de alimentación.

5 Una región etiquetada R1 se indica en la figura 2 en la que se produce la desactivación del semiconductor 2 y en la cual el dispositivo 5 de protección toma el control operativo (ya que todavía no está activo): la figura 2 muestra cómo el dispositivo 5 de protección no ha permitido esta primera fase/región R1 la limitación (es decir, mantener un valor inferior a un valor predeterminado) de la derivada del voltaje V_a presente entre los terminales 2A y 2B en la región R1.

10 La corriente se transfiere en la región R1 desde el semiconductor 2 de potencia al dispositivo 5 de protección, con una velocidad establecida básicamente por el mecanismo para apagar el semiconductor 2.

15 Una región (segunda) etiquetada R2 se indica en la figura 2 en la que la desactivación del semiconductor 2 ya se ha completado, y en la que el dispositivo 5 de protección está operativamente activo: la figura 2 muestra cómo el dispositivo 5 de protección ha permitido en esta primera fase/región R2 la limitación (es decir, mantener un valor inferior a un valor predeterminado) de la derivada del voltaje V_a presente entre los terminales 2A y 2B.

20 Debe anotarse que el semiconductor 2 está provisto preferiblemente con al menos una entrada de control, para permitir que se ajuste el estado, es decir, la condición del semiconductor 2, entre una condición de apagado (inhibición) y una condición de encendido (conducción).

25 Debe anotarse que el semiconductor 2 de potencia está equipado con un primer conector 2A y un segundo conector 2B entre los cuales hay un voltaje V_a instantáneo (igual a V_a durante el estado de desactivación). Preferiblemente, el dispositivo 3 de bloqueo está conectado tanto al primer conector 2A como al segundo conector 2B.

El dispositivo 3 de bloqueo comprende al menos una capacitancia 9 (definida por uno o más condensadores).

30 Debe anotarse que la alimentación 4 de potencia reguladora está conectado a la al menos una capacitancia 9 del dispositivo 3 de bloqueo (para mantener la capacitancia cargada en un voltaje V_c de control).

35 De acuerdo con otro aspecto, la alimentación 4 de potencia reguladora está conectado a la al menos una capacitancia 9 del dispositivo 3 de bloqueo a través de dos resistencias de valor adecuado que limitan la corriente y, por lo tanto, la potencia de la alimentación 4 de potencia reguladora.

También Debe anotarse que, ventajosamente, el hecho de combinar un dispositivo de protección con un dispositivo de bloqueo permite evitar sobrevoltajes durante el funcionamiento del dispositivo de bloqueo.

40 Una región (tercera) etiquetada R3 se indica en la figura 2 en la que el dispositivo 3 de bloqueo está operativamente activo: el dibujo muestra cómo el dispositivo 3 de bloqueo ha permitido la limitación (es decir, mantener un valor inferior a un valor predeterminado) del voltaje V_a presente entre los terminales 2A y 2B en la tercera región R3.

Debe anotarse que la energía se transfiere al condensador C_c de bloqueo en la región.

45 Debe anotarse que en el momento de la operación de bloqueo ya no hay sobrevoltajes, ya que la transferencia de la corriente desde el dispositivo 5 de protección al dispositivo 3 de bloqueo es progresiva.

50 En efecto, la transferencia de energía se controla mediante la diferencia de voltaje entre el condensador C_s de protección y el condensador C_c de bloqueo (voltaje que aumenta progresivamente, a medida que el voltaje en el condensador C_s de protección aumenta más allá del voltaje de la operación del condensador V_c de bloqueo).

Además, la transferencia de energía también se controla mediante la inductancia parásita de las dos redes, indicada con una línea discontinua en las Figuras 3, 4 y 5.

55 Se debe observar, como ya se ha mencionado, que entre la primera región R1 y la tercera región R3 hay una segunda región R2, en la que hay un aumento en el voltaje en el circuito 5 de protección, hasta alcanzar el voltaje V_c de bloqueo.

60 Ventajosamente, ya no es necesario usar el semiconductor de potencia a un voltaje que es significativamente menor que el voltaje nominal, es decir, el voltaje de diseño del semiconductor (de 30% a 50%, como es el caso en las soluciones de la técnica anterior).

En este caso, es suficiente que el voltaje máximo que actúa sobre el semiconductor de potencia sea menor que el máximo pico repetitivo permitido por el semiconductor de potencia (IGCT).

65

De acuerdo con otro aspecto, el voltaje de carga V_c del condensador C_c de bloqueo puede basarse en la siguiente fórmula (especialmente en el caso de inductancias de red particularmente altas):

$$V_c = \sqrt{\left(1 + \frac{C_s}{C_c}\right) V_{DM}^2 - \frac{L}{C_c} I^2}$$

- 5 en dónde:
- C_s representa la capacidad del condensador de protección;
 - 10 - C_c representa la capacidad del condensador de bloqueo
 - V_{dm} representa el voltaje máximo a la que opera el semiconductor 2 utilizado con un conmutador unidireccional;
 - L representa la inductancia de la red que interrumpe el semiconductor 2 que define el conmutador;
 - 15 - I representa la corriente general que circula en la red que conmuta el semiconductor 2 que define el conmutador;
- Más específicamente, este aspecto es ventajoso si:
- 20 - el semiconductor 2 que define el conmutador debe intervenir si se excede una corriente permisible máxima I ;
 - el valor de la corriente I que el semiconductor 2 que define el conmutador debe interrumpir si se conoce de antemano;
 - 25 - la corriente I continua tiene una variación relativamente lenta, de modo que el voltaje de carga del condensador C_c de bloqueo puede estar relacionada con la corriente I que fluye en el conmutador 2.
- Las Figuras 3, 4 y 5 muestran realizaciones alternativas del circuito de acuerdo con la invención en el que los diodos, del dispositivo 3 de bloqueo y del dispositivo 5 de protección, respectivamente están conectados respectivamente al ánodo y al cátodo del semiconductor 2 que define el conmutador.
- 30 Debe anotarse que, ventajosamente, de acuerdo con la invención, la combinación del dispositivo de bloqueo con el dispositivo de protección permite reducir al mínimo las inductancias parásitas.
- 35 La invención también se refiere a un método para controlar el voltaje de un semiconductor 2 en un circuito 1 de potencia eléctrica de acuerdo con el método independiente de la reivindicación 5. El método comprende los siguientes pasos:
- 40 - - predisponer un circuito 1 eléctrico que comprende un semiconductor 2 de potencia que tiene un primer terminal 2A y un segundo terminal 2B, que define el semiconductor 2 un conmutador unidireccional diseñado para ser conmutable entre un paso de conducción y un paso de corte;
 - hacer que un voltaje V_a esté disponible entre el primer y el segundo terminal 2A, 2B del semiconductor 2;
 - 45 - controlar el voltaje V_a presente entre el primer y el segundo terminal 2A, 2B del semiconductor 2 durante el paso del estado de conducción al estado de corte del semiconductor 2 de acuerdo con los siguientes pasos:
 - limitar una derivada de tiempo del voltaje V_a presente entre los terminales 2A, 2B a un valor más bajo que un primer valor límite predeterminado;
 - 50 - limitar el voltaje V_a presente entre los terminales 2A y 2B del semiconductor 2 a un segundo valor límite predeterminado. El paso de limitar el voltaje entre los terminales 2A y 2B a un segundo valor límite predeterminado comprende los pasos de:
 - 55 - preparar un dispositivo 3 de bloqueo y un dispositivo 4 de alimentación;
 - conectar el dispositivo 4 de alimentación al dispositivo 3 de bloqueo para alimentar el dispositivo 3 de bloqueo usando un voltaje V_c de control;
 - 60 - regular el voltaje V_c de control para limitar el voltaje V_a presente entre los terminales 2A, 2B a un segundo valor límite predeterminado.

5 El paso de regular el voltaje V_c de control para limitar el voltaje V_a presente entre los terminales 2A, 2B a un segundo valor límite predeterminado comprende un paso de regular el voltaje V_c de control de acuerdo con un voltaje máximo deseado entre los terminales 2A, 2B. El método comprende un paso para posicionar un dispositivo "de protección" para limitar una derivada de tiempo del voltaje V_a a un valor inferior que un primer valor límite predeterminado. Ventajosamente, de acuerdo con el método ilustrado, es posible evitar sobrevoltajes en el semiconductor 2 durante las oscilaciones momentáneas.

10 En consecuencia, en ausencia de sobrevoltajes que actúen sobre el semiconductor 2, es posible usar un semiconductor que tenga un voltaje de falla cercano al voltaje V_a de alimentación máximo, en lugar de ser forzado a usar (de acuerdo con la técnica anterior) un semiconductor de gran tamaño, es decir, que tenga un voltaje de falla mucho más alto que el voltaje V_a máximo que puede alcanzarse (ya que era necesario un margen de seguridad en la técnica anterior para evitar un fallo del dispositivo).

15 Se proporciona un circuito eléctrico de acuerdo con la invención que es particularmente simple, altamente confiable y de bajo coste.

REIVINDICACIONES

5 1. Un método para controlar un voltaje de un semiconductor (2) de potencia de un circuito (1) de potencia eléctrica, que comprende los siguientes pasos:

10 - predisponer un circuito (1) eléctrico que comprende un semiconductor (2) de potencia que tiene al menos un primer terminal (2A) y un segundo terminal (2B), cuyo semiconductor (2) es un conmutador unidireccional y puede conmutarse entre un estado de conducción y un estado de bloqueo;

15 - hacer que un voltaje (Va) esté disponible entre el primer y el segundo terminal (2A, 2B) del semiconductor (2) mediante un voltaje (V'a) de alimentación;

20 - controlar el voltaje (Va) presente entre el primer y el segundo terminal (2A, 2B) del semiconductor (2) durante la transición desde el estado de conducción al estado de bloqueo del semiconductor (2) de acuerdo con los siguientes pasos:

25 - limitar una derivada de tiempo del voltaje (Va) presente entre el primer y el segundo terminal (2A, 2B) a un valor más bajo que un primer valor límite predeterminado;

30 - limitar el voltaje (Va) presente entre el primer y el segundo terminal (2A, 2B) a un segundo valor límite predeterminado mediante un dispositivo (5) de protección; el método se caracteriza porque el paso de limitar el voltaje (Va) presente entre el primer y el segundo terminal (2A, 2B) a dicho segundo valor límite predeterminado comprende los pasos de:

35 - predisponer un dispositivo (3) de bloqueo conectado al primer y segundo terminal y que tiene una capacitancia (9) predeterminada;

40 - predisponer un dispositivo (4) de alimentación de potencia de regulación;

45 - conectar el dispositivo (4) de alimentación de potencia de regulación a la capacitancia (9) del dispositivo (3) de bloqueo para cargar la capacitancia (9) a un voltaje (Vc) de control

50 - regular el voltaje (Vc) de control para limitar el voltaje (Va) presente entre el primer y el segundo terminal (2A, 2B) a dicho segundo valor límite predeterminado.

55 2. El método de acuerdo con la reivindicación 1 anterior, en el que el paso de regular el voltaje (Vc) de control para limitar el voltaje (Va) presente entre el primer y el segundo terminal (2A, 2B) a dicho segundo valor límite predeterminado comprende un paso de regular el voltaje (Vc) de control de acuerdo con un voltaje máximo admisible deseado entre el primer y el segundo terminal (2A, 2B).

60 3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el paso de regular el voltaje (Vc) de control comprende un paso de regulación de el voltaje (Vc) de control sobre la base de la fórmula: control de voltaje.

$$45 \quad (Vc) = \sqrt{\left(1 + \frac{Cs}{Cc}\right)V_{DM}^2 - \frac{L}{Cc} I^2} \quad \text{dónde:}$$

50 - Cs representa la capacidad del condensador de protección;

55 - Cc representa la capacidad del condensador de bloqueo;

60 - V_{DM} representa el voltaje de alimentación máximo al que opera el semiconductor (2);

- L representa la inductancia de un bucle que el semiconductor (2) apaga;

65 - I representa la corriente general que circula en el bucle que el semiconductor (2) apaga.

4. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende los pasos de:

70 - - predisponer dicho dispositivo (5) de protección para limitar una derivada de tiempo del voltaje (Va) presente entre el primer y el segundo terminal (2A, 2B) a un valor más bajo que un primer valor límite predeterminado.

5. Un circuito (1) eléctrico, que comprende:

- un semiconductor (2) de potencia que tiene al menos un primer conector (2A) y un segundo conector (2B) conectables a un voltaje (V'a) de alimentación y que define un conmutador unidireccional;

5 - un dispositivo (5) de protección conectado al primer y al segundo conector (2A, 2B) del semiconductor (2) de potencia para limitar una derivada de tiempo de un voltaje (Va) presente entre el primer y el segundo terminal (2A, 2B) a un valor inferior más bajo que un primer valor límite predeterminado;

10 - un dispositivo (3) de bloqueo conectado al primer y al segundo conector (2A, 2B) del semiconductor (2) de potencia para limitar el voltaje (Va) presente entre el primer y el segundo terminal (2A, 2B) a un segundo valor límite predeterminado;

15 - una alimentación (4) de potencia reguladora conectada al dispositivo (3) de bloqueo, para hacer que un voltaje (Vc) de control esté disponible para el dispositivo (3) de bloqueo, a fin de regular el segundo valor límite predeterminado.

6. El circuito eléctrico de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el dispositivo (5) de protección comprende un diodo (6), una capacitancia (7) y una resistencia (8) conectadas eléctricamente entre sí.

20 7. El circuito eléctrico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores de 5 a 6, en el que el dispositivo (3) de bloqueo comprende al menos una capacitancia (9).

25 8. El circuito eléctrico de acuerdo con la reivindicación precedente, en el que la alimentación (4) de potencia reguladora está conectado eléctricamente a la al menos una capacitancia (9) del dispositivo (3) de bloqueo, para cargar la capacitancia (9).

9. El circuito eléctrico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, en el que el semiconductor (2) es un Tiristor Conmutado por Puerta integrada.

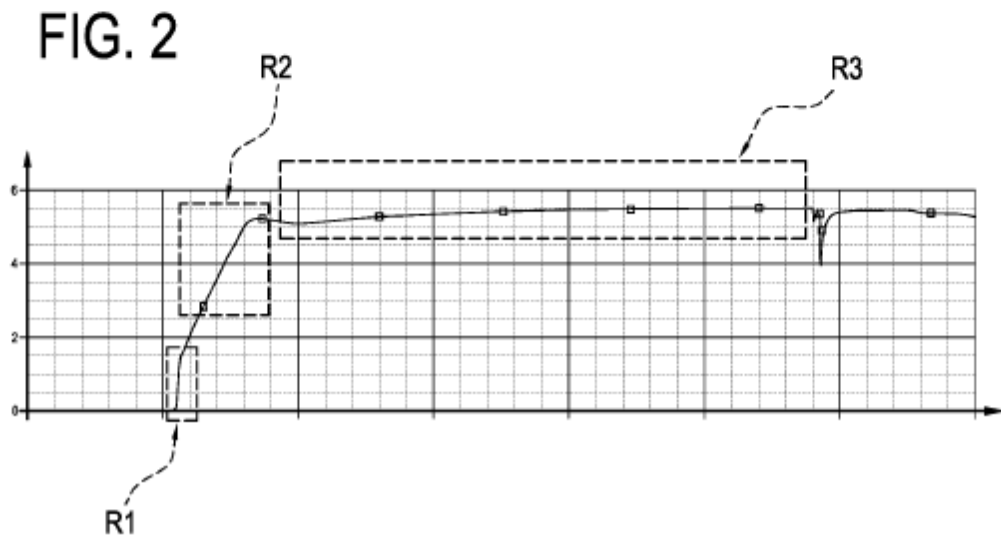
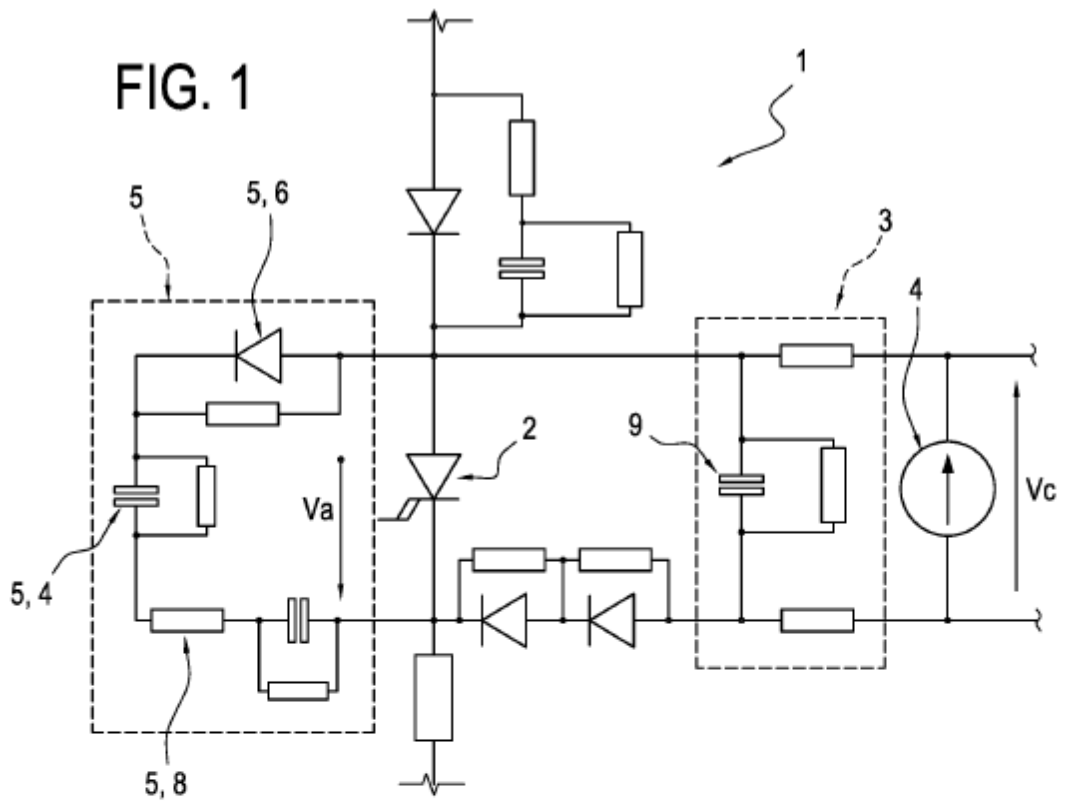


FIG. 3

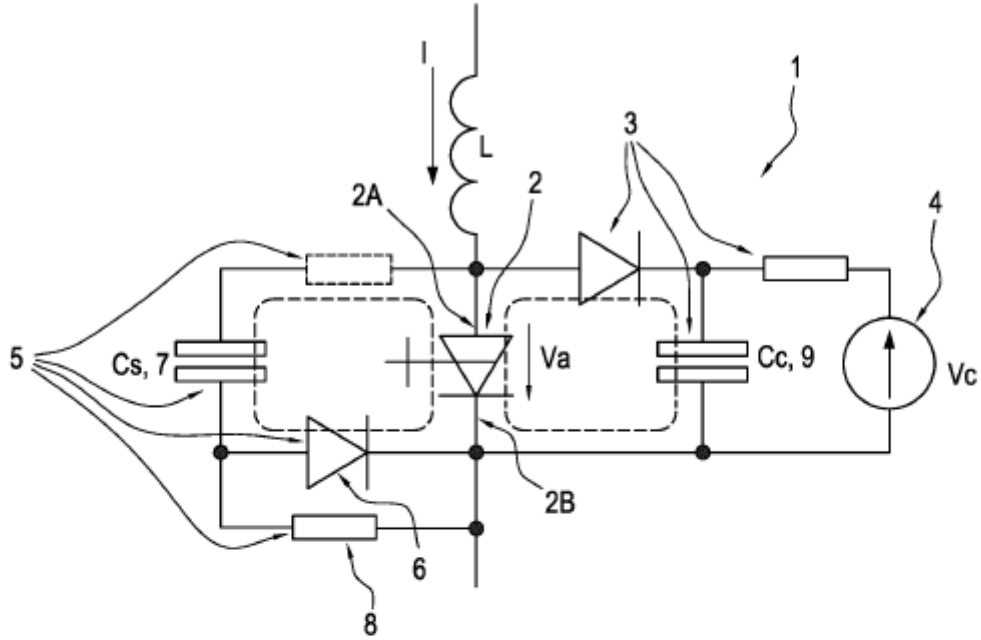


FIG. 4

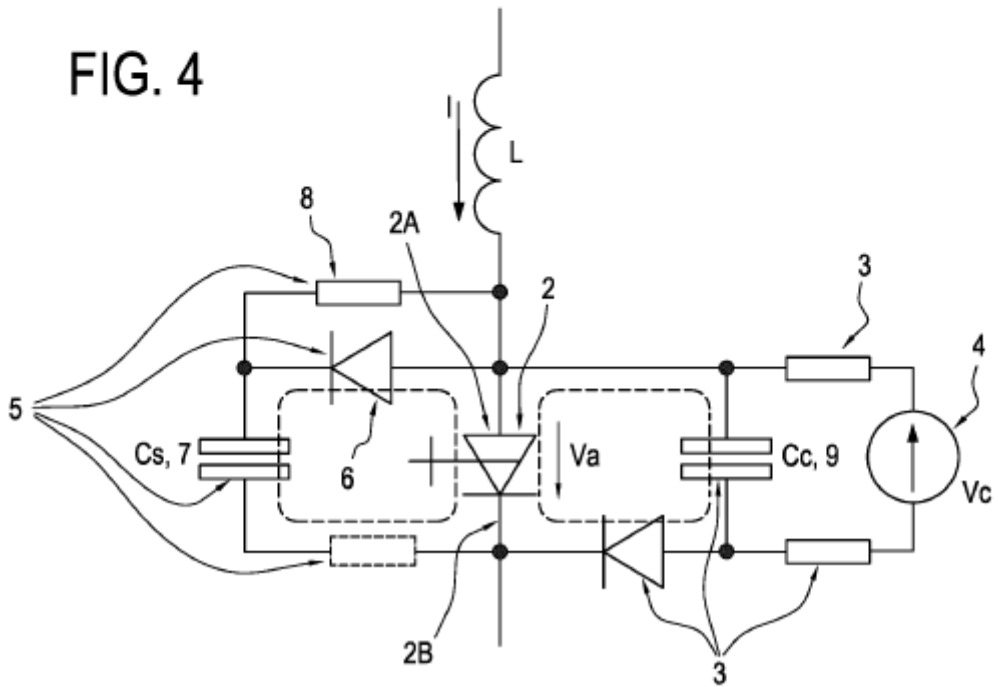


FIG. 5

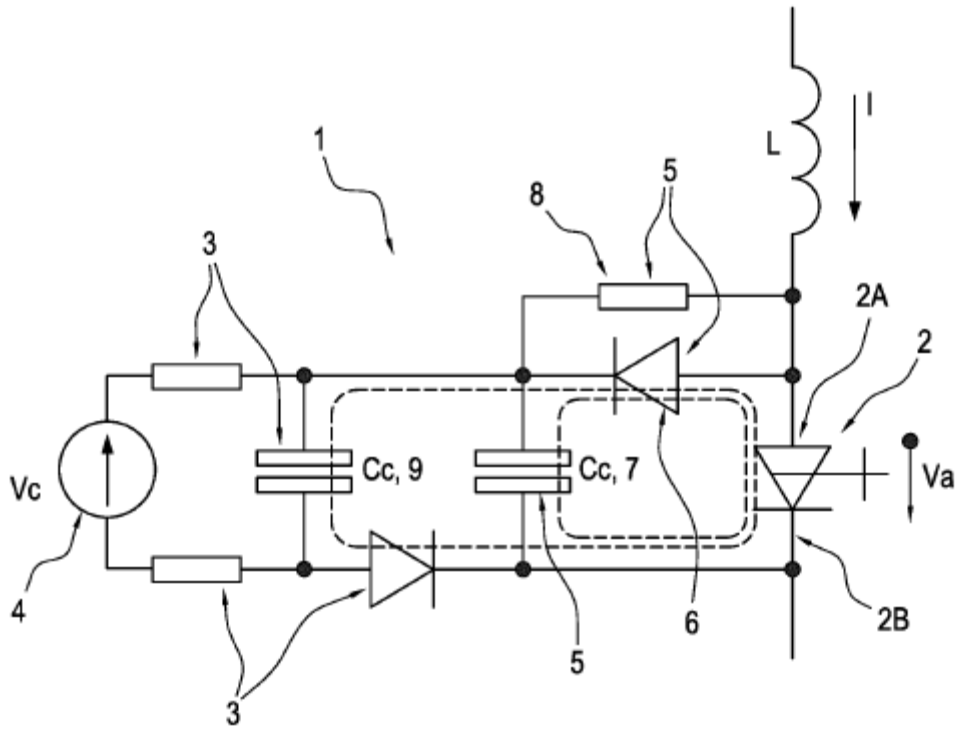


FIG. 6

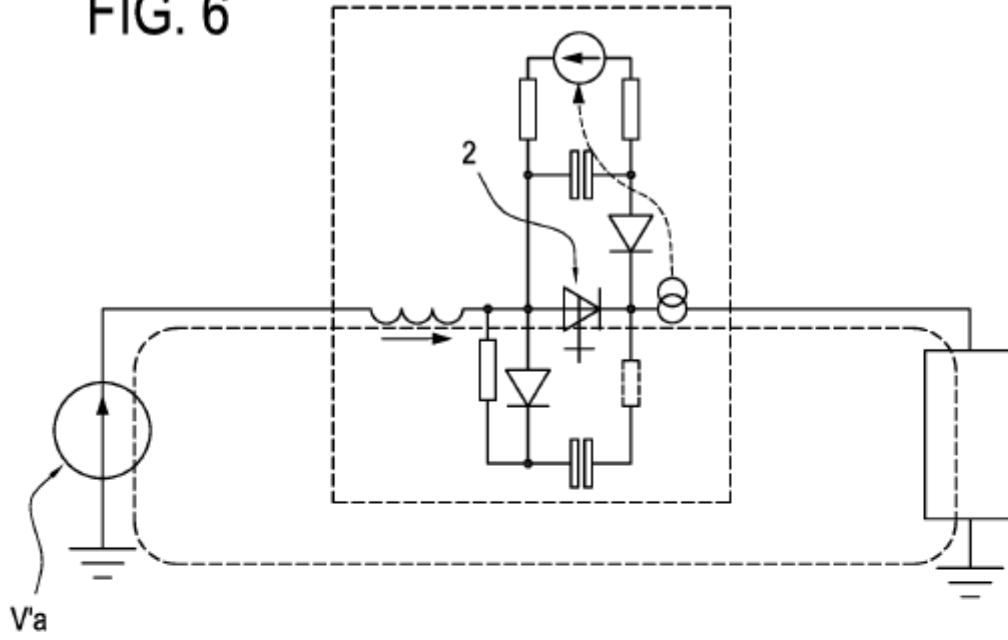


FIG. 7

