

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 861 157**

21 Número de solicitud: 202130224

51 Int. Cl.:

H01H 9/54 (2006.01)

H01H 33/59 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

15.03.2021

43 Fecha de publicación de la solicitud:

05.10.2021

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

04.02.2022

Fecha de concesión:

14.03.2022

45 Fecha de publicación de la concesión:

21.03.2022

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
(100.0%)**

**Avda. Ramiro de Maeztu, nº 7
28040 MADRID (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**VASIC, Miroslav y
GALINDOS VICENTE, Javier**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

54 Título: **SISTEMA DE PROTECCION PARA REDES DE CORRIENTE CONTINUA**

57 Resumen:

Sistema de protección para redes de corriente continua.

Se divulga un sistema de protección para redes de corriente continua. El sistema (1) es situable en una red DC (7), y comprende un dispositivo disyuntor de DC (4) y un dispositivo de control (2) conectados en serie con interposición de una inductancia (3). El dispositivo disyuntor consiste en: un dispositivo interruptor (5) que comprende dos interruptores (10, 11) en serie; y, un balanceador de tensión (6) que comprende dos condensadores (12, 13) en serie, cuatro interruptores (14, 15, 16, 17); un tercer condensador (18) y una resistencia (19). El dispositivo de control (2) cuando detecta fallos a tierra de la red DC, abre los interruptores (10, 11) y controla los interruptores (14, 15, 16, 17) mediante un ciclo de trabajo, consiguiendo que se equilibre la tensión entre los condensadores, así como disipar la energía producida por la acumulación de la corriente del fallo en las inductancias.

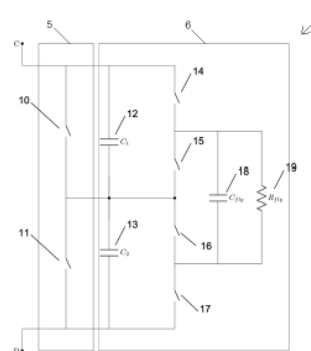


FIG. 5

ES 2 861 157 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015. Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

DESCRIPCIÓN**SISTEMA DE PROTECCIÓN PARA REDES DE CORRIENTE CONTINUA****5 Objeto de la invención**

La presente invención se refiere a un sistema de protección para redes de corriente continua (DC) para interrumpir fallos en un conductor de DC basado íntegramente en semiconductores. Los interruptores de DC de estado sólido son, en comparación, mucho más rápidos que los
10 interruptores mecánicos de DC en la interrupción de un fallo. Para que puedan bloquear altas tensiones, los interruptores se implementan con varios transistores puestos en serie y de ahí proviene el problema del reparto de tensión. El interruptor de la presente invención mejora el reparto de tensión, manteniendo la rapidez de acción ante un fallo, propia de los interruptores de estado sólido.

15

Más concretamente, la presente invención se refiere a un sistema de protección para DC, configurado para interrumpir una corriente, provocada por un fallo, que se produzca en un conductor de DC. El sistema puede disponerse entre dos nodos de tensión continua, como puede ser un sistema de transporte de DC, para alcanzar la interrupción de la corriente de fallo que se
20 produzca en el conductor. En general, este fallo suele ser consecuencia de un cortocircuito a tierra. Por lo que precede, es de vital importancia que el sistema sea capaz, en muy corto plazo, tal como en el orden de magnitud de unos pocos centenares de μs , al producirse la sobrecorriente producida por el fallo, impedir que esta corriente produzca impactos importantes sobre los equipos conectados a la red. El sistema de la presente invención consigue lo anterior.

25

Sector de la técnica

La invención se encuadra en el sector técnico de sistemas de electrónica de potencia y los sistemas de transmisión de energía eléctrica y, en particular, a un medio para interrumpir o
30 conmutar una corriente continua (DC).

La presente invención se puede utilizar en el campo de las redes de DC. En la actualidad, debido al reciente interés en las energías renovables y la electrificación de los medios de transporte, la evolución de la red eléctrica conduce a una demanda de métodos avanzados de transmisión de
35 energía y más redes de DC. Transportar la electricidad de fuentes renovables distantes a centros de carga con una alta eficiencia y un impacto ambiental bajo, son características importantes que pueden lograrse con redes de corrientes continuas de media y alta tensión (MVDC y HVDC). Sin embargo, la DC presenta una desventaja respecto a la corriente alterna, la más difícil interrupción de un fallo, la corriente alterna tiene un carácter sinusoidal que le permite un cruce natural de la

corriente por cero para ayudar al aislamiento de los fallos. La presente invención tiene interés industrial, por tanto, para la interrupción de fallos en las redes de DC.

Antecedentes de la invención

5

Los “interruptores de protección” de DC también se conocen como “disyuntores” o “magnetotérmicos”, según el país.

10

Actualmente, en el mundo de los disyuntores de DC, se distinguen tres grandes familias: los disyuntores mecánicos, los disyuntores de estado sólido y los disyuntores híbridos.

15

Las pérdidas de conducción de los disyuntores mecánicos son, en comparación, muy reducidas. Sin embargo, a pesar de ofrecer una resistencia en conducción muy baja, comparados con los de estado sólido, no son aceptables para subsanar un fallo, ya que son demasiado lentos. Su tiempo de interrupción de un fallo es del orden de las decenas de milisegundos. Esta es la razón por la cual los disyuntores mecánicos de DC no son adecuados para la interrupción de una corriente de fallo.

20

En la patente con número de publicación US9208979B2 (inventores: Jurgén Häfner y Gunnar Asplund) se propone un aparato interruptor de estado sólido de DC de alto voltaje configurado para interrumpir una corriente de fallo que se produce en un conductor de DC de alto voltaje. La figura 1, correspondiente a la figura 2 de la patente US9208979B2, muestra un dispositivo limitador de corriente que tiene una sección con dispositivos semiconductores normalmente apagados y un protector conectado en paralelo con él, y un interruptor mecánico de DC conectado en serie con el dispositivo limitador de corriente. El interruptor mecánico de DC está configurado para permitir la ruptura de una corriente de fallo en dicho conductor de DC una vez que dichos dispositivos semiconductores se hayan apagado.

25

30

En la patente con número de publicación US9640973B2 se utiliza una solución híbrida donde se combina el uso de un disyuntor mecánico con uno de estado sólido, intentando obtener las ventajas de cada uno de ellos. Un interruptor híbrido de DC, consiste en una serie de módulos interruptores idénticos conectados en serie. Cada uno de los módulos interruptores comprende un circuito de corriente principal, un circuito de corriente de transferencia, un circuito de limitación de sobretensión y un sistema de control. El sistema de control está compuesto por un interruptor mecánico de alta velocidad, un circuito de corriente de transferencia y un circuito de limitación de sobretensión, todos ellos conectados en paralelo. La figura 2, correspondiente a la figura 1 de la patente US9640973B2 consta de los circuitos 1-4, en los que el circuito 1 y el circuito 4 se conectan en serie primero y luego se conectan con el circuito de corriente principal en paralelo; un condensador precargado se conecta con el circuito 4 en paralelo después de estar conectado con el circuito 3 en serie; y, un extremo del circuito 2 se conecta con el extremo izquierdo del

35

40

circuito de corriente principal mientras que el otro extremo del mismo está conectado con un punto de conexión del condensador precargado y el circuito 3.

En el artículo "A review of technologies for MVDC circuit breakers" (X. Pei, O. Cwikowski, D. S. Vilchis-Rodriguez, M. Barnes, A. C. Smith and R. Shuttleworth, IECON 2016 - 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Florence, 2016, pp. 3799-3805, doi: 10.1109/IECON.2016.7793492.) se analizan los distintos disyuntores de DC disponibles. Los autores repasan los distintos tipos de disyuntores mecánicos de DC, revisan los interruptores de estado sólido de DC. Por último, presentan el concepto del disyuntor híbrido de DC exponiendo distintos modos de realización de estos. El presente artículo revisa las distintas soluciones para disyuntores de media tensión de DC, sin embargo, las topologías para tensiones superiores o inferiores son semejantes.

En la patente con número de publicación US2020212666 se divulgan interruptores de protección de estado sólido para su uso en circuitos de corriente continua. Estos interruptores de protección de estado sólido están configurados para participar en la disipación de energía eléctrica cuando se producen unas condiciones predeterminadas en el circuito, como por ejemplo, cortocircuitos o sobrecorrientes. Dichos interruptores de protección divulgados comprenden, entre otros elementos, un dispositivo disyuntor, una inductancia y una unidad de control.

20

Descripción de la invención

Con objeto de resolver los problemas indicados anteriormente, la presente invención divulga un sistema de protección para redes de corriente continua. El sistema de la presente invención es situable en una red DC. El sistema de la presente invención comprende un dispositivo disyuntor de DC, una inductancia y un dispositivo de control conectados en serie. Es decir, la inductancia está situada entre el dispositivo disyuntor de DC y el dispositivo de control. El dispositivo disyuntor consiste en:

- un dispositivo interruptor que comprende un primer interruptor conectado en serie con un segundo interruptor, donde el primer interruptor y el segundo interruptor están cerrados, en un funcionamiento normal sin fallos;
- un balanceador de tensión que comprende:
 - un primer condensador conectado en serie con un segundo condensador, donde el primer condensador está conectado en paralelo con el primer interruptor y el segundo condensador está conectado en paralelo con el segundo interruptor;
 - un tercer interruptor y un cuarto interruptor, donde el tercer interruptor conectado en serie con el cuarto interruptor, están conectados en paralelo con el primer condensador;
 - un quinto interruptor y un sexto interruptor, donde el quinto interruptor conectado en serie con el sexto interruptor, están conectados en paralelo con el segundo condensador;

40

- un tercer condensador conectado en paralelo con la conexión en serie del cuarto interruptor y del quinto interruptor;
- una resistencia conectada en paralelo con el tercer condensador.

5 Donde el dispositivo de control está configurado para detectar fallos a tierra de la red DC y, en caso de haber detectado un fallo a tierra, está adicionalmente configurado para abrir el primer interruptor y el segundo interruptor; y para controlar el tercer interruptor, el cuarto interruptor, el quinto interruptor y el sexto interruptor mediante un ciclo de trabajo en el que en una primera parte del ciclo de trabajo, mantiene cerrados el tercer interruptor y el quinto interruptor, y abiertos el cuarto interruptor y el sexto interruptor, y en el que en una segunda parte del ciclo de trabajo
10 mantiene abiertos el tercer interruptor y el quinto interruptor, y cerrados el cuarto interruptor y el sexto interruptor, consiguiendo que se equilibre la tensión entre el primer y el segundo condensador, así como disipar la energía producida por la acumulación de la corriente del fallo en la inductancia.

15 En una forma de realización de la presente invención, el sistema comprende dos dispositivos disyuntores conectados en serie y un balanceador de tensión (con la misma configuración que el balanceador de tensión comprendido en el dispositivo disyuntor) conectado entre sendos puntos medios de cada dispositivo disyuntor, siendo cada punto medio el punto de conexión entre el primer interruptor y el segundo interruptor de cada dispositivo interruptor de cada
20 dispositivo disyuntor, quedando un primer condensador del balanceador de tensión conectado en paralelo con el segundo interruptor del dispositivo interruptor del disyuntor, y quedando el segundo condensador del balanceador de tensión conectado en paralelo con el primer interruptor del dispositivo interruptor del disyuntor.

25 En una forma de realización de la presente invención, el primer interruptor, el segundo interruptor, el tercer interruptor, el cuarto interruptor, el quinto interruptor y el sexto interruptor son interruptores bidireccionales. En una forma realización, el primer interruptor, el segundo interruptor, el tercer interruptor, el cuarto interruptor, el quinto interruptor y el sexto interruptor son interruptores bidireccionales formados por un primer transistor conectado en serie en
30 contrasentido con un segundo transistor, de tal forma que el primer transistor bloquea/permite la circulación de corriente en un sentido, y el segundo transistor bloquea/permite la circulación de corriente en el otro sentido. El primer transistor y el segundo transistor están seleccionados de entre el grupo consistente en transistores bipolares de puerta aislada "IGBT", transistores de efecto de campo metal-óxido-semiconductor "MOSFET" y transistores de alta movilidad de
35 electrones "HEMT".

En una forma de realización de la invención, la primera parte del ciclo de trabajo es igual a la segunda parte del ciclo de trabajo. Es decir, cada parte se corresponde con el 50% del ciclo de trabajo.

40

En una forma de realización de la invención, el primer condensador tiene la misma capacidad que el segundo condensador, para balancear correctamente las tensiones en los mencionados condensadores.

5 Breve descripción de las figuras

FIG. 1.- Muestra una vista muy esquemática de un disyuntor para DC de alta tensión conocido en el estado de la técnica (US9208979B2).

10 FIG. 2.- Muestra un diagrama de la estructura de un disyuntor híbrido de DC conocido en el estado de la técnica (US9640973B2).

FIG. 3.- Muestra un esquema del contexto en el que se despliega el sistema de la presente invención. El sistema de la presente invención tiene especial aplicación entre dos nodos de DC, en cada uno de ellos puede estar conectado a distintos dispositivos como pueden ser: un aerogenerador, una turbina, una pila de combustible, sistema de almacenamiento de energía, un generador o una carga de DC, entre otros.

15 FIG. 4.- Muestra el sistema de la presente invención situado en la línea de fase de una red DC entre dos redes de DC/DC.

FIG. 5.- Muestra el disyuntor de la presente invención formado por el dispositivo interruptor y por el balanceador de tensión.

20 FIG. 6.- Muestra el esquema eléctrico del balanceador de tensión.

FIG. 7.- Muestra el esquema equivalente del balanceador de tensión funcionado durante la primera parte del ciclo de trabajo.

FIG. 8.- Muestra el esquema equivalente del balanceador de tensión funcionado durante la segunda parte del ciclo de trabajo.

25 FIG. 9.- Muestra: a) una señal representativa de un cortocircuito de la red DC; b) una señal representativa de la tensión en el primer condensador del balanceador de tensión cuando hay un cortocircuito de la red DC; c) una señal representativa de la tensión en el segundo condensador del balanceador de tensión cuando hay un cortocircuito de la red DC; d) una señal representativa de la corriente en la red DC cuando hay un cortocircuito de la red DC.

30 FIG. 10.- Muestra una implementación del esquema mostrado en la figura 6 donde los interruptores están implementados como una pareja de transistores, cada uno de ellos bloqueando en un sentido, dando lugar a un interruptor bidireccional.

35 FIG. 11.- Muestra una implementación del esquema mostrado en la figura 7 donde los interruptores están implementados como una pareja de transistores, cada uno de ellos bloqueando en un sentido, dando lugar a un interruptor bidireccional.

FIG. 12.- Muestra unas fuentes de tensión alterna que simulan una red de corriente alterna. Esta se rectifica a DC mediante un rectificador. El sistema de la presente invención se coloca en la línea de DC, de tal forma que, si ocurre un fallo, este no se reproduce en los demás dispositivos conectados a la línea, como puede ser la carga o el rectificador.

FIG. 13.- Muestra una implementación del esquema mostrado en la figura 6 donde los interruptores están implementados como una pareja de transistores bipolares de puerta aislada (IGBT).

5 FIG. 14.- Muestra una implementación del esquema de la figura 6 donde los interruptores están implementados como una pareja de transistores de efecto de campo metal-óxido-semiconductor (MOSFET).

FIG. 15.- Muestra una implementación del esquema de la figura 6 donde los interruptores están implementados como una pareja de transistores de unión bipolar (BJT).

10 Descripción de una forma de realización de la invención

Listado de referencias:

- 1.- sistema de protección para redes de Corriente Continua "DC";
- 15 2.- dispositivo de control;
- 3.- inductancia;
- 4.- dispositivo disyuntor de DC: dispositivo interruptor (5) conectado en paralelo con el balanceador de tensión (6);
- 5.- dispositivo interruptor;
- 20 6.- balanceador de tensión;
- 7.- red DC;
- 8.- (línea) fase de la red DC;
- 9.- (línea) neutro de la red DC;
- 10.- primer interruptor;
- 25 11.- segundo interruptor;
- 12.- primer condensador;
- 13.- segundo condensador;
- 14.- tercer interruptor;
- 15.- cuarto interruptor;
- 30 16.- quinto interruptor;
- 17.- sexto interruptor;
- 18.- tercer condensador;
- 19.- resistencia;
- 20.- señal representativa de un cortocircuito de la red DC;
- 35 21.- señal representativa de la tensión en el primer condensador del balanceador de tensión cuando hay un cortocircuito de la red DC;
- 22.- señal representativa de la tensión en el segundo condensador del balanceador de tensión cuando hay un cortocircuito de la red DC;
- 23.- señal representativa de la corriente en la red DC cuando hay un cortocircuito de la red DC;
- 40 24.- red DC/DC;

25.- fuentes de tensión alterna;

26.- rectificador trifásico;

27.- carga.

5 La presente invención se refiere a una nueva topología para un sistema de protección para redes de corriente continua "DC" (1), configurado para interrumpir una corriente producida por un fallo en una red DC (7). El sistema (1) se conecta en serie en la línea de fase (8) de la red DC (7), como se muestra, por ejemplo, en la figura 4 donde el sistema (1) se encuentra entre dos red DC/DC (24) o también entre varios grupos de redes DC/DC (24) como se muestra en la figura 3.

10 En la figura 4 también se observa la línea de neutro (9) de la red DC (7). Continuando con la figura 4, el sistema de protección para redes de corriente continua "DC" (1) de la presente invención comprende el dispositivo de control (2), la inductancia (3) y el dispositivo disyuntor de DC (4) conectados en serie. . El dispositivo disyuntor de DC (4) consiste en:

- el dispositivo interruptor (5) que comprende los interruptores (10, 11) conectados en

15 serie, los cuales se encuentran normalmente cerrados y que son abiertos por el dispositivo de control (2) en caso de que el dispositivo de control (2) detecte un fallo;- el balanceador de tensión (6) que tiene al menos una sección con condensadores (12,13) para equilibrar la tensión, y al menos una sección de semiconductores (14, 15, 16, 17) junto a otros elementos pasivos (18, 19) cuyo objeto es balancear la tensión.

20

Debido a que el fallo puede ocurrir por ambos lados de la línea, todos los interruptores (10, 11, 14, 15, 16, 17) deben ser bidireccionales, es decir, deben bloquear tensión y corriente en ambos sentidos, de esta forma el aparato es capaz de interrumpir el fallo en ambos sentidos.

25 El esquema general para el dispositivo disyuntor de DC (4) se puede observar en la Figura 5. El dispositivo disyuntor de DC (4) tiene el dispositivo interruptor (5) y el balanceador de tensión (6). El dispositivo interruptor (5) comprende los interruptores (10) y (11). Los interruptores (10) y (11) están normalmente cerrados, ya que la línea de fase de la red DC (8) está conduciendo. Cuando el dispositivo de control (2) detecta un fallo en la red DC (7), los interruptores (10) y (11) se abren

30 y el balanceador de tensión (6) comienza a funcionar. El balanceador de tensión (6) comprende en la configuración mostrada en la figura 5: el primer condensador (12), el segundo condensador (13), el tercer interruptor (14), el cuarto interruptor (15), el quinto interruptor (16), el sexto interruptor (17), el tercer condensador (18) y la resistencia (19). El balanceador de tensión (6) se encarga de equilibrar la tensión entre primer condensador (12) y segundo condensador (13),

35 mientras tanto la energía producida por la acumulación de la corriente del fallo en las inductancia (3) se disipa en la resistencia (19).

El balanceador de tensión (6), representado en la figura 6, tiene dos condensadores (12) y (13), preferiblemente del mismo valor o valores similares, de tal forma, que al estar conectados en

40 serie, la tensión en cada uno debe ser idéntica o muy similar. Adicionalmente, el balanceador de

tensión (6) tiene cuatro interruptores (14), (15), (16) y (17), y una zona flotante formada por el condensador (18) y la resistencia (19), en la configuración mostrada en la figura 6. Los interruptores están controlados por el dispositivo de control (2), el cual genera dos señales de control: una señal "A" (no mostrada) que controla los interruptores (14) y (16) y una señal "B" (no mostrada) que controla los interruptores (15) y (17). La señal "B" es la complementaria de la señal "A". El ciclo de trabajo de cada una de las señales es del cincuenta por ciento, por consecuencia, la mitad del tiempo de ciclo están encendidos los interruptores (14) y (16) (y cerrados los interruptores 15 y 17), y la otra mitad están encendidos los interruptores (15) y (17) (y cerrados los interruptores 14 y 16).

10

Por lo expuesto anteriormente, cuando el dispositivo de control (2) detecta un fallo, el circuito correspondiente al balanceador de tensión (6) tiene dos subintervalos de funcionamiento: el primero representado en la Figura 7 y el segundo representado en la Figura 8. En el primer subintervalo los interruptores (14) y (16) están encendidos/cerrados, la tensión cargada en el primer condensador (12) se equilibra con la tensión del tercer condensador (18); la corriente $I_{línea}$ circula desde primer condensador (12) pasando por el tercer interruptor (14) a la zona flotante compuesta por el tercer condensador (18) y la resistencia (19) y retorna por (16). En el segundo subintervalo los interruptores (15) y (17) están encendidos, la tensión cargada en (13) se equilibra con la tensión precargada previamente en (18); la corriente circula desde (13) pasando por (15) a la zona flotante compuesta por (18) y (19) y retorna por el sexto interruptor (17). Si la frecuencia de conmutación es lo suficientemente grande, la tensión queda equilibrada entre el primer condensador (12) y el segundo condensador (13) incluso aunque exista un fallo en la línea, como puede ser un cortocircuito referido a tierra.

25

El funcionamiento de sistema de la presente invención, según la forma de realización expuesta hasta el momento, se ve reflejado en las gráficas (a) a (d) de la Figura 9. La señal (20) simula en comportamiento de un cortocircuito en la línea, la tensión es contante y en un determinado momento, se produce un fallo y esta cae bruscamente. En el caso de la Figura 9 (a) a (c), para ilustrar como ocurre el corto, la tensión cae con una pendiente de 10 V/ms En ese instante, se observar como las tensiones (21) y (22) en el primer condensador (12) y en el segundo condensador (13), respectivamente, oscilan durante un corto periodo de tiempo, para rápidamente equilibrarse, repartiendo equitativamente la tensión del fallo. Mientras tanto se observar en la señal (23) (figura 9(d)) como la corriente en la línea sufre un pico, propio de un cortocircuito, y con celeridad esta se disipa y vuelve a su valor anterior.

35

Los interruptores se pueden implementar de diversas formas, por ejemplo, se pueden utilizar transistores bipolares de puerta aislada (IGBT) (figura 13), transistores de efecto de campo metal-óxido-semiconductor (MOSFET) (figura 14), transistores de alta movilidad de electrones (HEMT) (figura 15), entre otros. Una posible implementación se puede observar en las Figuras 10 y 11, donde los interruptores están representados físicamente como una pareja de transistores, cada

40

uno de ellos bloqueando en un sentido, con el objeto de ser un interruptor bidireccional y poder interrumpir un fallo en ambos lados de la línea.

5 Para que las pérdidas de potencia sean reducidas, es recomendable utilizar transistores de tecnología de banda ancha prohibida. Dentro de esta tecnología, se recomienda optar por soluciones basadas en Nitruro de Galio (GaN), en lugar de Carburo de Silicio (SiC), ya que el canal de gas bidimensional de electrones (2DEG) permite unas pérdidas de conducción reducidas. Además, el uso de esta tecnología permite unas frecuencias de conmutación mucho mayores que soluciones similares en Silicio (Si), así como unas pérdidas de conmutación mucho
10 menores.

La presente invención se puede utilizar en redes de media tensión, es decir, aproximadamente para tensiones superiores a 1500 VDC. Para ello será necesario modelar cada interruptor como tantas parejas de transistores en paralelo como sea necesario para soportar la corriente que va
15 a circular por ellos. Además, será necesario apilar tantos circuitos como el presentado en la Figura 5 necesarios para soportar la tensión requerida por la aplicación. Para ello, tal y como se muestra en la figura 16, y para garantizar el equilibrado de tensiones, dos dispositivos disyuntores 4A, 4B están conectados en serie, y entre los puntos medios A,B de cada uno de los dos dispositivos disyuntores 4A,4B, se conecta el balanceador de tensión 6C. Es decir, el primer
20 condensador 12 del balanceador de tensión 6C queda conectado en paralelo con el segundo interruptor 11 del dispositivo interruptor 5 del dispositivo disyuntor 4A, y el segundo condensador 13 del balanceador de tensión 6C queda conectado en paralelo con el primer interruptor 10 del dispositivo interruptor 5 del dispositivo disyuntor 4B. De esta forma, se asegura el reparto equitativo de tensiones entre dispositivo disyuntores, y por tanto, el correcto funcionamiento del
25 sistema de protección para redes de corriente continua de la presente invención. Como se puede observar en la figura 16, el balanceador de tensión 6C es exactamente igual al balanceador de tensión 6 comprendido en el dispositivo disyuntor 4A, 4B, y estos a la vez iguales al dispositivo disyuntor 4 de la figura 5.

30 Alternativa, la presente invención se puede aplicar a una línea de DC con una carga que consume DC como la representada en la Figura 12. Se parte de una red trifásica de corriente alterna (25) de una determinada tensión, esta se rectifica mediante un rectificador trifásico (26) a DC para alimentar una carga (27) que consume DC. En la línea se dispondrá en serie del esquema representado en la Figura 5, este girado noventa grados respecto a la línea, es decir cada
35 terminal se conecta a una parte de la línea. El primer interruptor (10) y el segundo interruptor (11) están normalmente cerrados si no ocurre ningún fallo. En caso de que ocurra algún fallo, tal como puede ser un cortocircuito a tierra, el dispositivo de control (2) abrirá el primer interruptor (10) y el segundo interruptor (11) y el balanceador de tensión (6) se encargará de disipar la corriente producida por el fallo mientras se equilibra la tensión.

40

REIVINDICACIONES

1.- **SISTEMA DE PROTECCIÓN PARA REDES DE CORRIENTE CONTINUA**, donde el sistema (1) es situable en una red DC (7), caracterizado por que comprende un dispositivo disyuntor de DC (4), una inductancia (3) y un dispositivo de control (2) conectados en serie; el dispositivo disyuntor consiste en:

- un dispositivo interruptor (5) que comprende un primer interruptor (10) conectado en serie con un segundo interruptor (11), donde el primer interruptor (10) y el segundo interruptor (11) están cerrados;

- un balanceador de tensión (6) que comprende:

- un primer condensador (12) conectado en serie con un segundo condensador (13), donde el primer condensador (12) está conectado en paralelo con el primer interruptor (10) y el segundo condensador (13) está conectado en paralelo con el segundo interruptor (11);

- un tercer interruptor (14) y un cuarto interruptor (15), donde el tercer interruptor (14) conectado en serie con el cuarto interruptor (15), están conectados en paralelo con el primer condensador (12);

- un quinto interruptor (16) y un sexto interruptor (17), donde el quinto interruptor (16) conectado en serie con el sexto interruptor (17), están conectados en paralelo con el segundo condensador (13);

- un tercer condensador (18) conectado en paralelo con la conexión en serie del cuarto interruptor (15) y del quinto interruptor (16);

- una resistencia (19) conectada en paralelo con el tercer condensador (18);

donde el dispositivo de control (2) está configurado para detectar fallos a tierra de la red DC y, en caso de haber detectado un fallo a tierra, está adicionalmente configurado para abrir el primer interruptor (10) y el segundo interruptor (11); y para controlar el tercer interruptor (14), el cuarto interruptor (15), el quinto interruptor (16) y el sexto interruptor (17) mediante un ciclo de trabajo en el que en una primera parte del ciclo de trabajo, mantiene cerrados el tercer interruptor (14) y el quinto interruptor (16), y abiertos el cuarto interruptor (15) y el sexto interruptor (17), y en el que en una segunda parte del ciclo de trabajo mantiene abiertos el tercer interruptor (14) y el quinto interruptor (16), y cerrados el cuarto interruptor (15) y el sexto interruptor (17);

donde el primer interruptor (10), el segundo interruptor (11), el tercer interruptor (14), el cuarto interruptor (15), el quinto interruptor (16) y el sexto interruptor (17) son interruptores bidireccionales; y

donde la primera parte del ciclo de trabajo es igual a la segunda parte del ciclo de trabajo.

2.- **SISTEMA DE PROTECCIÓN PARA REDES DE CORRIENTE CONTINUA**, según la reivindicación 1, caracterizado por que comprende dos dispositivos disyuntores (4A, 4B) conectados en serie y un balanceador de tensión (6C) conectado entre sendos puntos medios (A,B) de cada dispositivo disyuntor (4A,4B), siendo cada punto medio el punto de conexión entre

el primer interruptor (10) y el segundo interruptor (11) de cada dispositivo interruptor (5) de cada dispositivo disyuntor (4, 4B), quedando un primer condensador (12) del balanceador de tensión (6C) conectado en paralelo con el segundo interruptor (11) del dispositivo interruptor (5) del disyuntor (4A), y quedando el segundo condensador (13) del balanceador de tensión (6C) conectado en paralelo con el primer interruptor (10) del dispositivo interruptor (5) del disyuntor (4B).

5

3.- SISTEMA DE PROTECCIÓN PARA REDES DE CORRIENTE CONTINUA, según la reivindicación 1, caracterizado por que el primer interruptor (10), el segundo interruptor (11), el tercer interruptor (14), el cuarto interruptor (15), el quinto interruptor (16) y el sexto interruptor (17) son interruptores bidireccionales formados por un primer transistor conectados en serie en contrasentido con un segundo transistor, de tal forma que el primer transistor bloquea/permite la circulación de corriente en un sentido, y el segundo transistor bloquea/permite la circulación de corriente en el otro sentido.

10

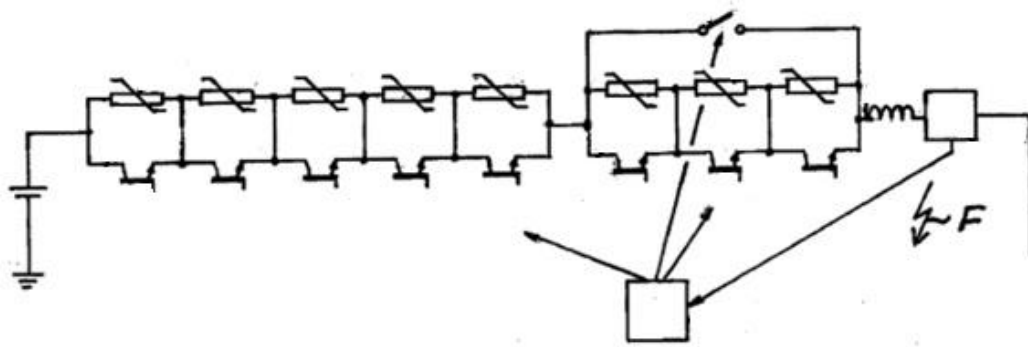
15

4.- SISTEMA DE PROTECCIÓN PARA REDES DE CORRIENTE CONTINUA, según la reivindicación 3, caracterizado por que el primer transistor y el segundo transistor están seleccionados entre el grupo consistente en transistores bipolares de puerta aislada "IGBT", transistores de efecto de campo metal-óxido-semiconductor "MOSFET" y transistores de alta movilidad de electrones "HEMT".

20

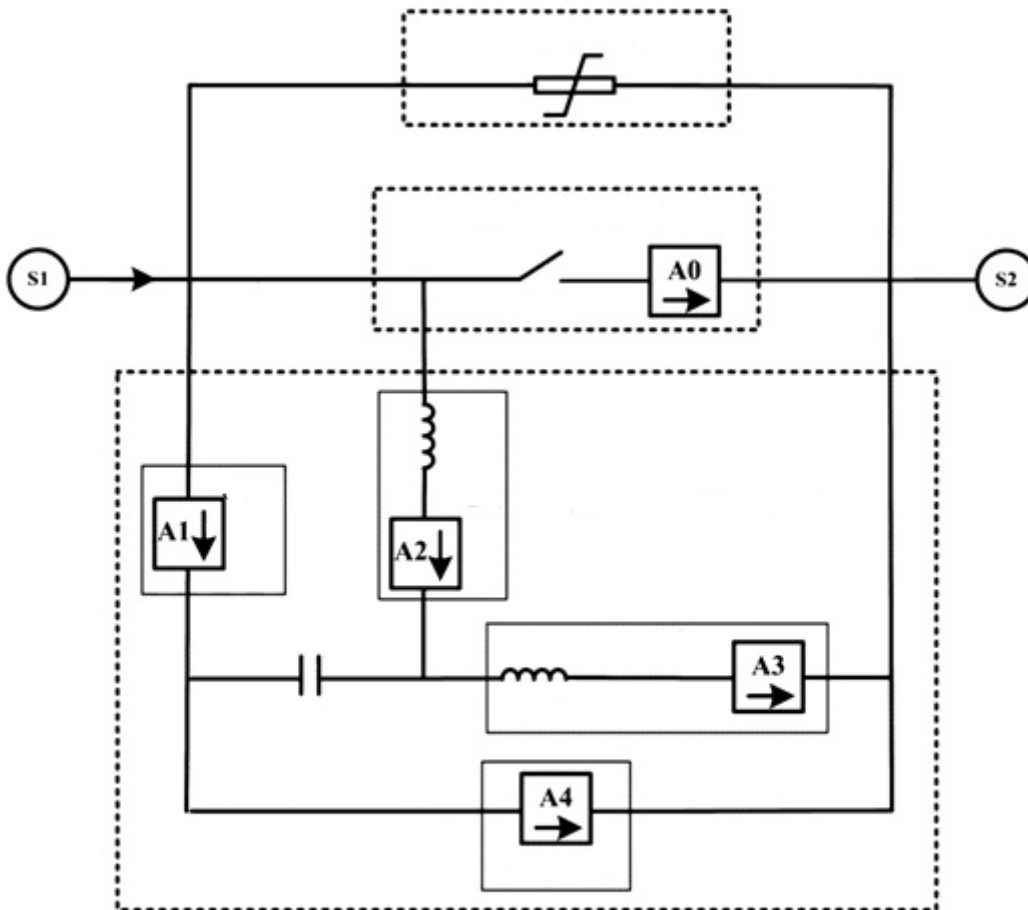
5.- SISTEMA DE PROTECCIÓN PARA REDES DE CORRIENTE CONTINUA, según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que el primer condensador tiene la misma capacidad que el segundo condensador.

25



ESTADO DE LA TÉCNICA

FIG. 1



ESTADO DE LA TÉCNICA

FIG. 2

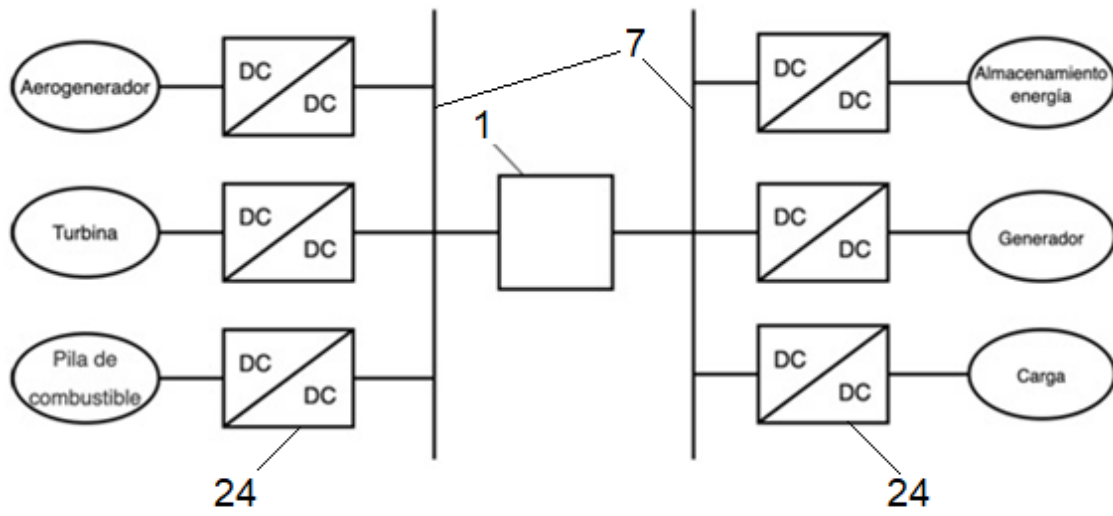


FIG. 3

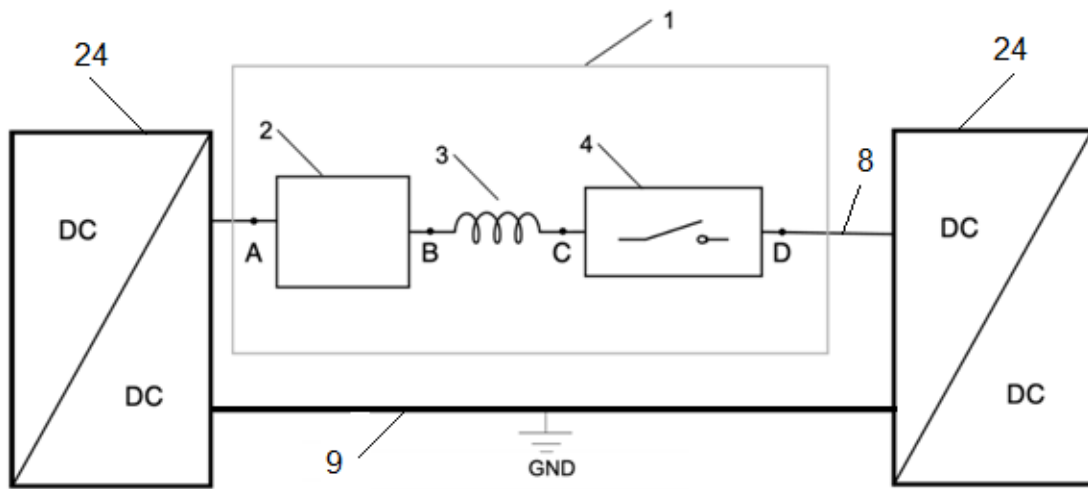


FIG. 4

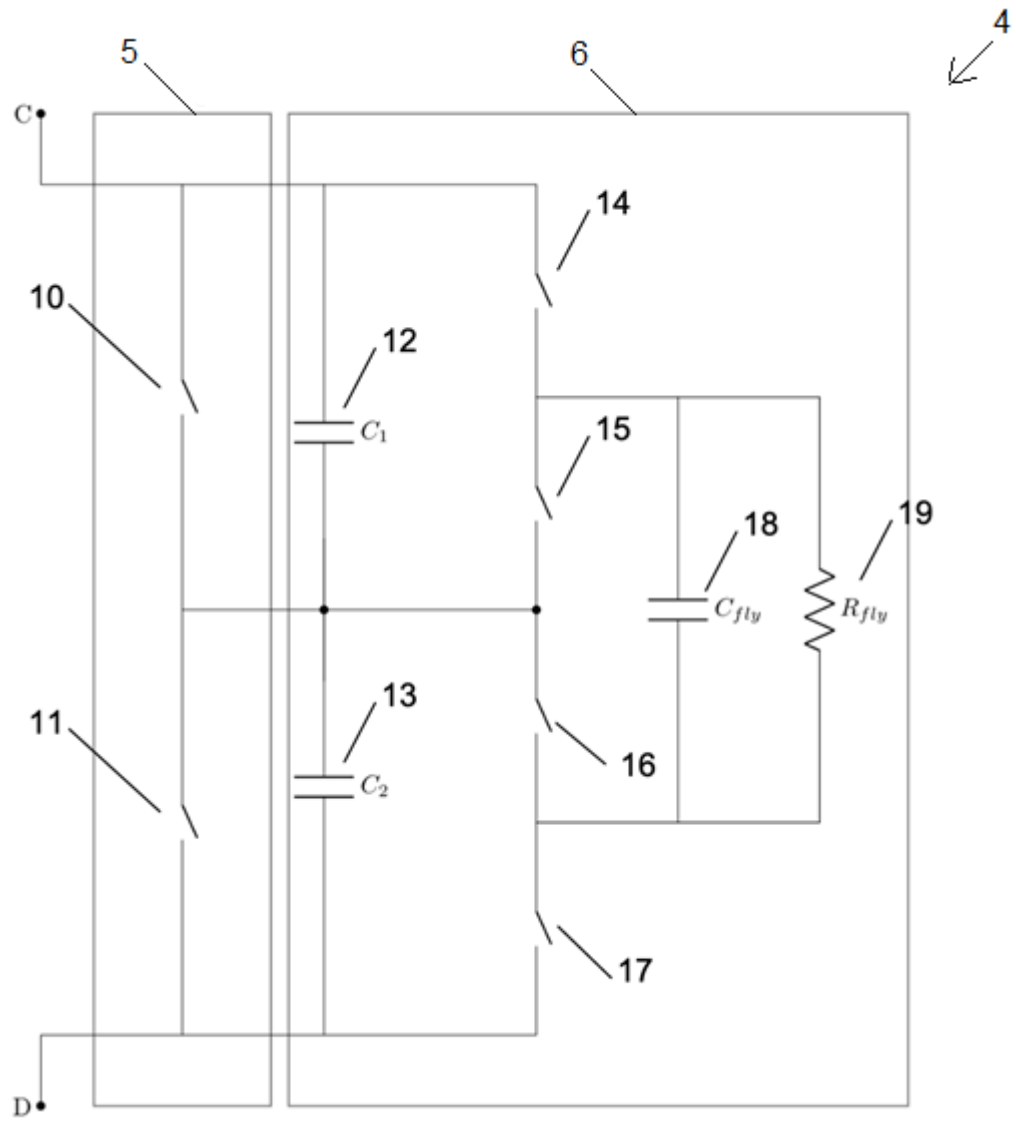


FIG. 5

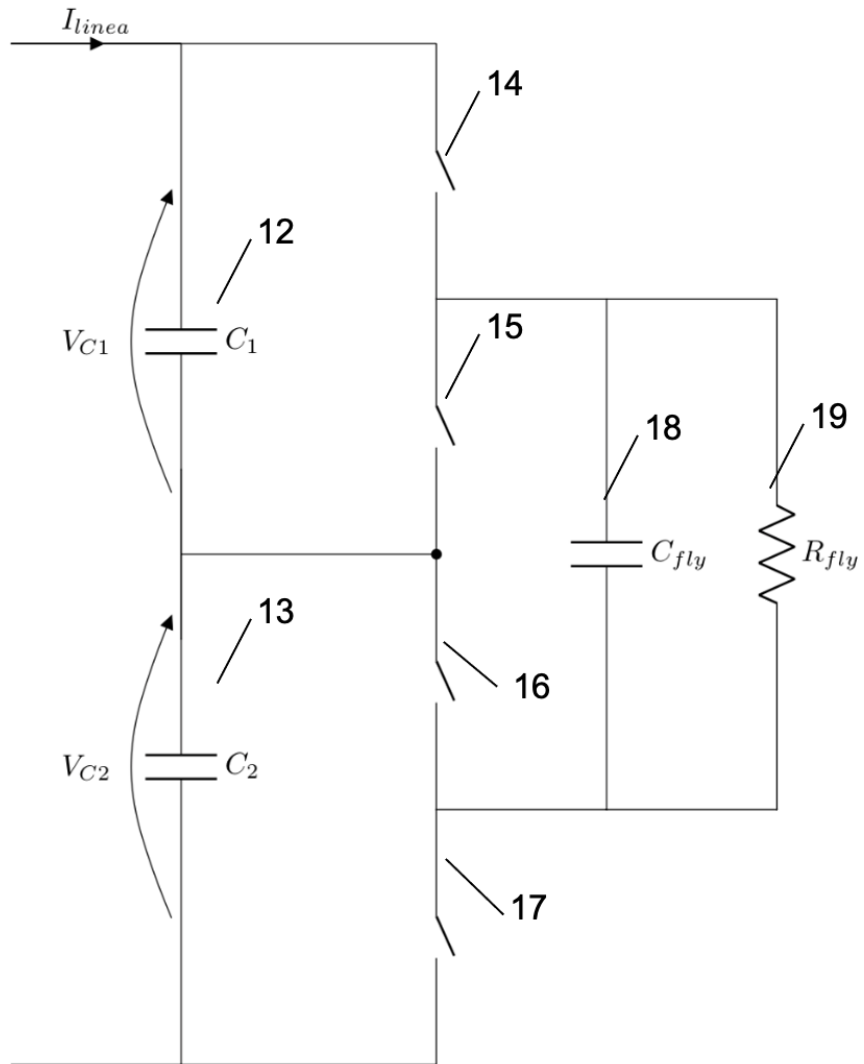


FIG. 6

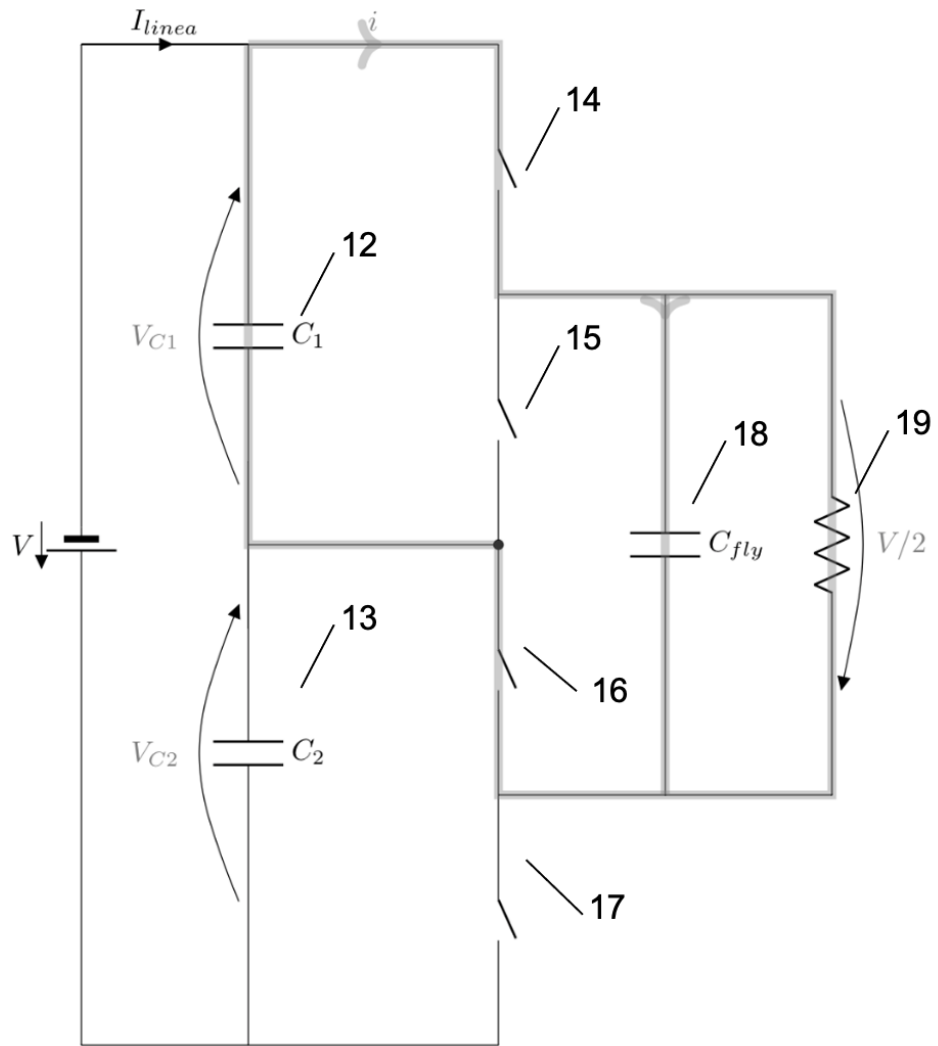


FIG. 7

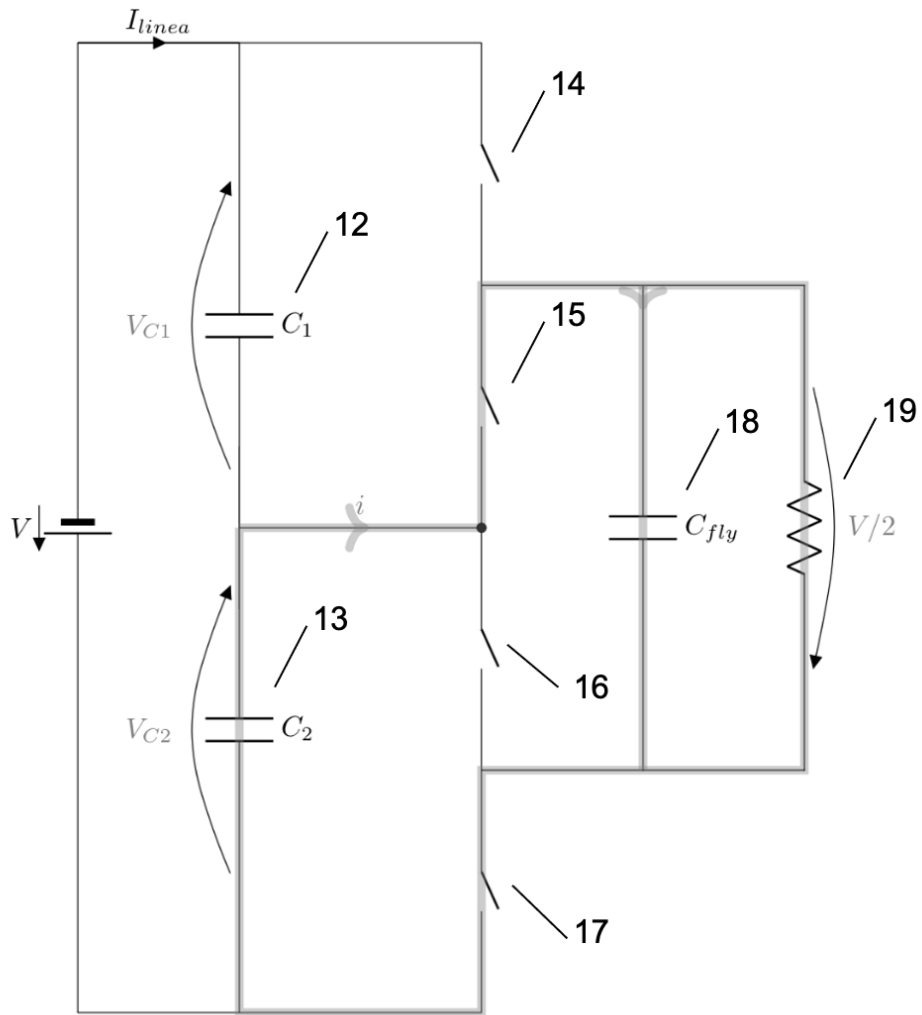


FIG. 8

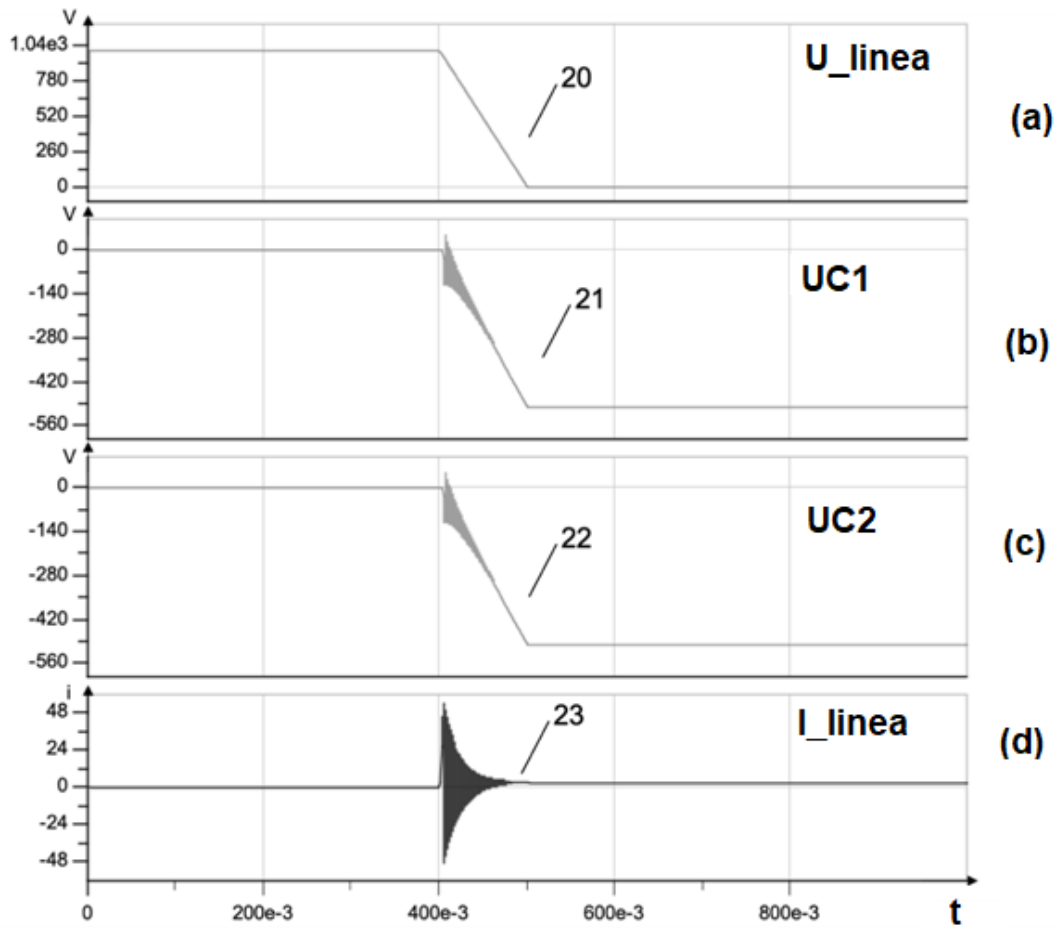


FIG. 9

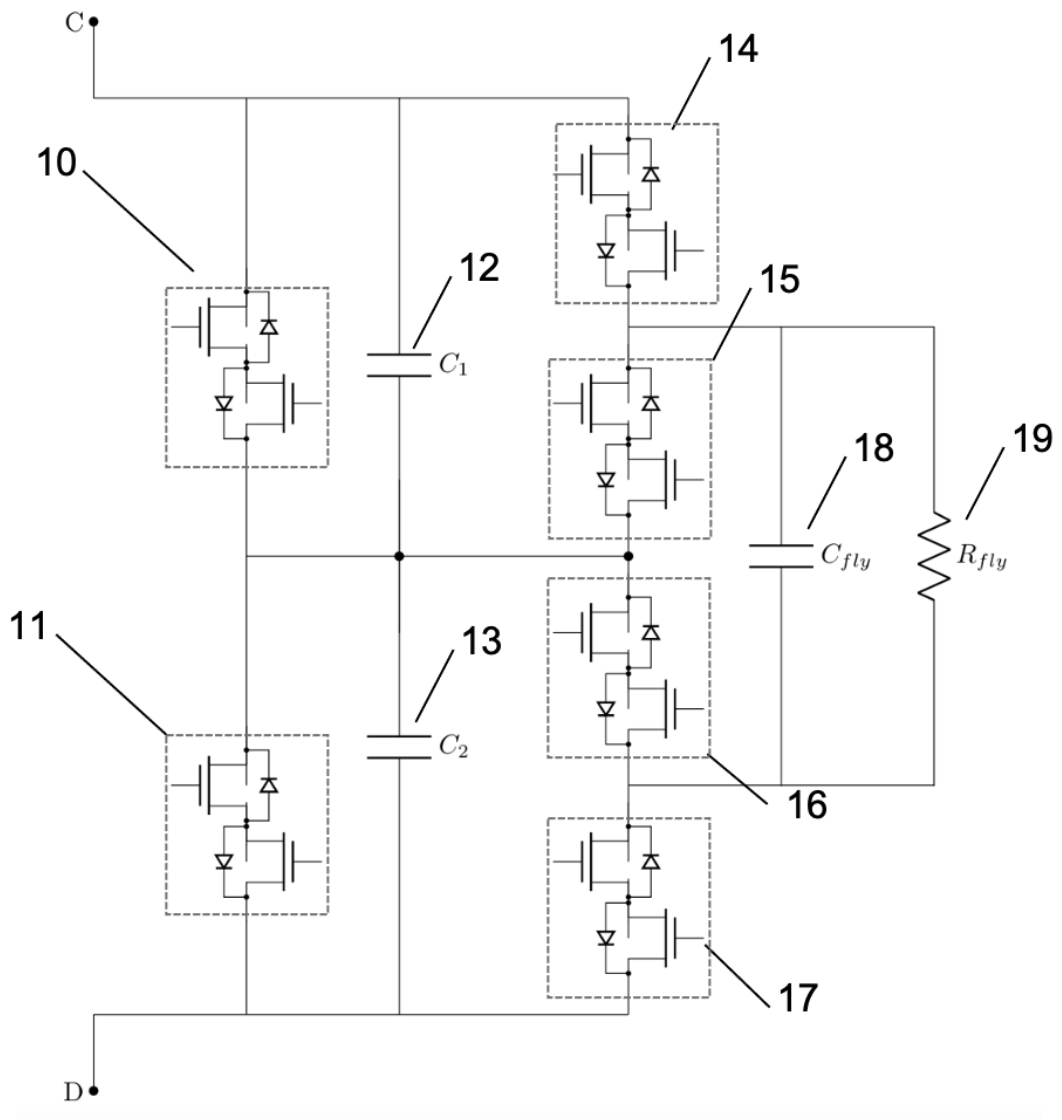


FIG. 10

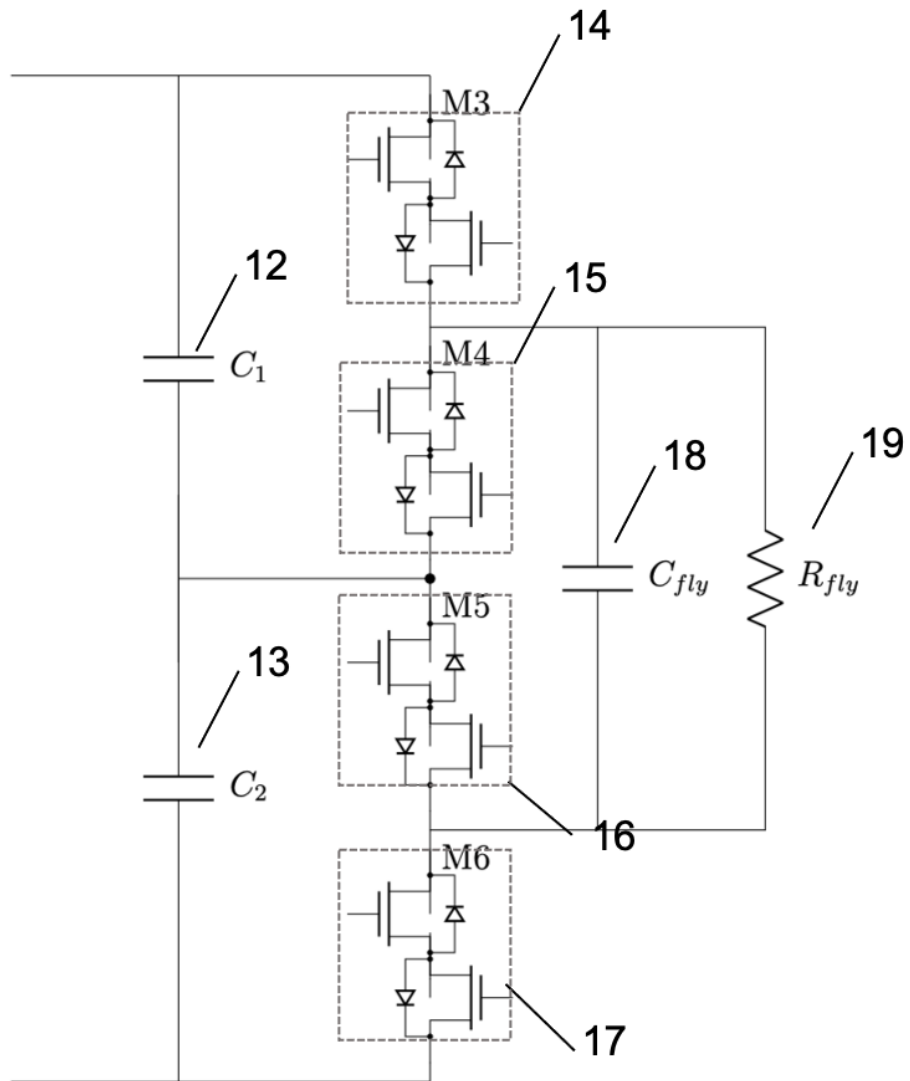


FIG. 11

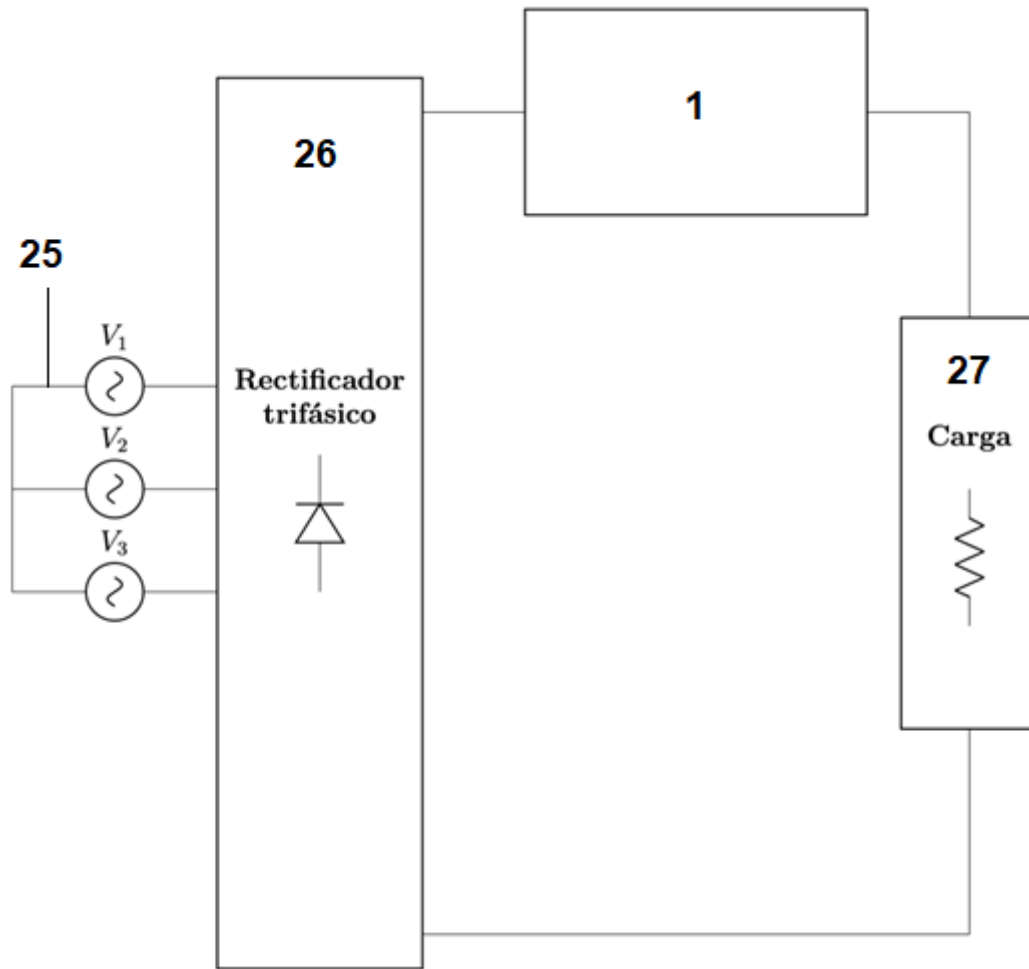


FIG. 12

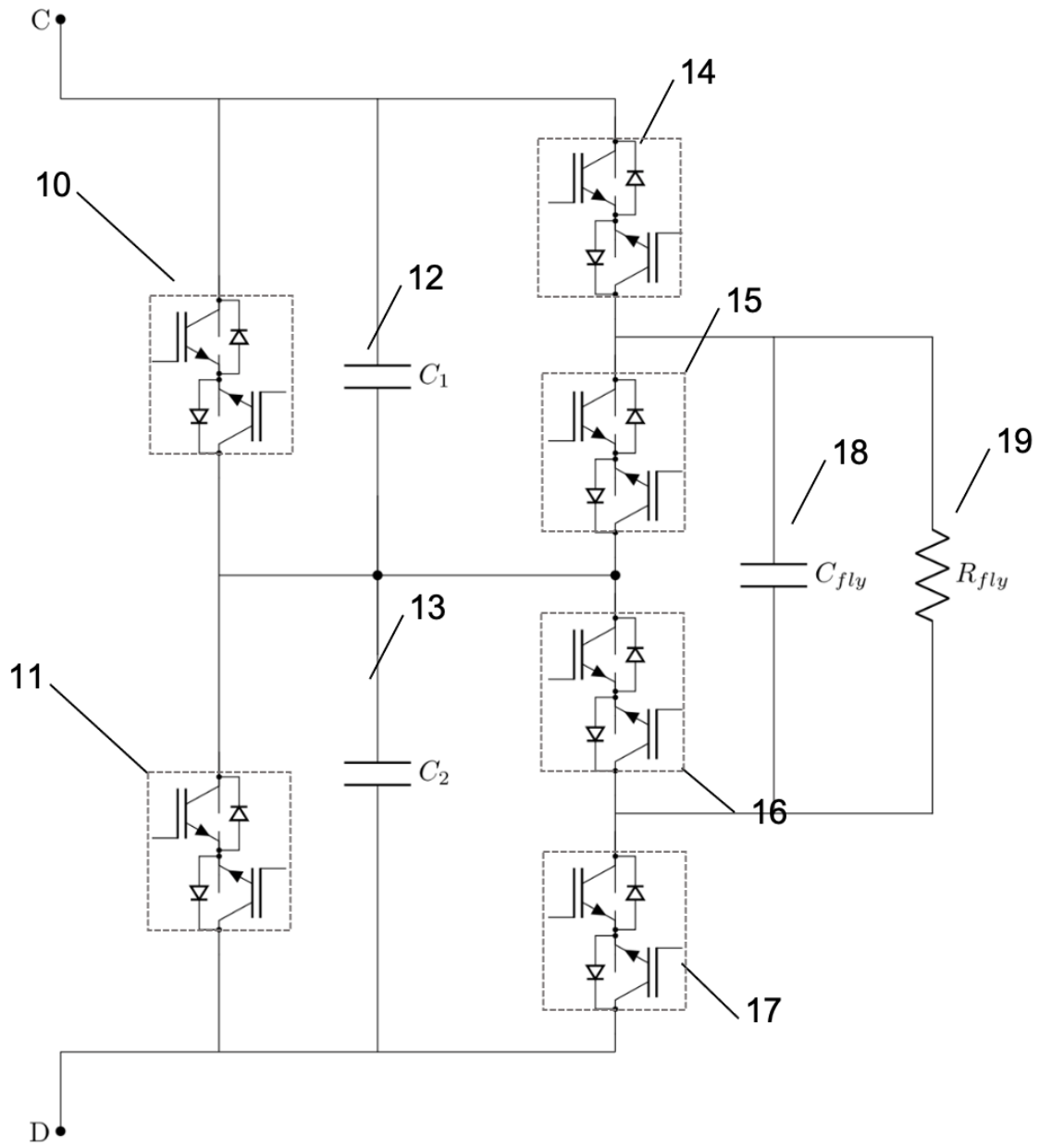


FIG. 13

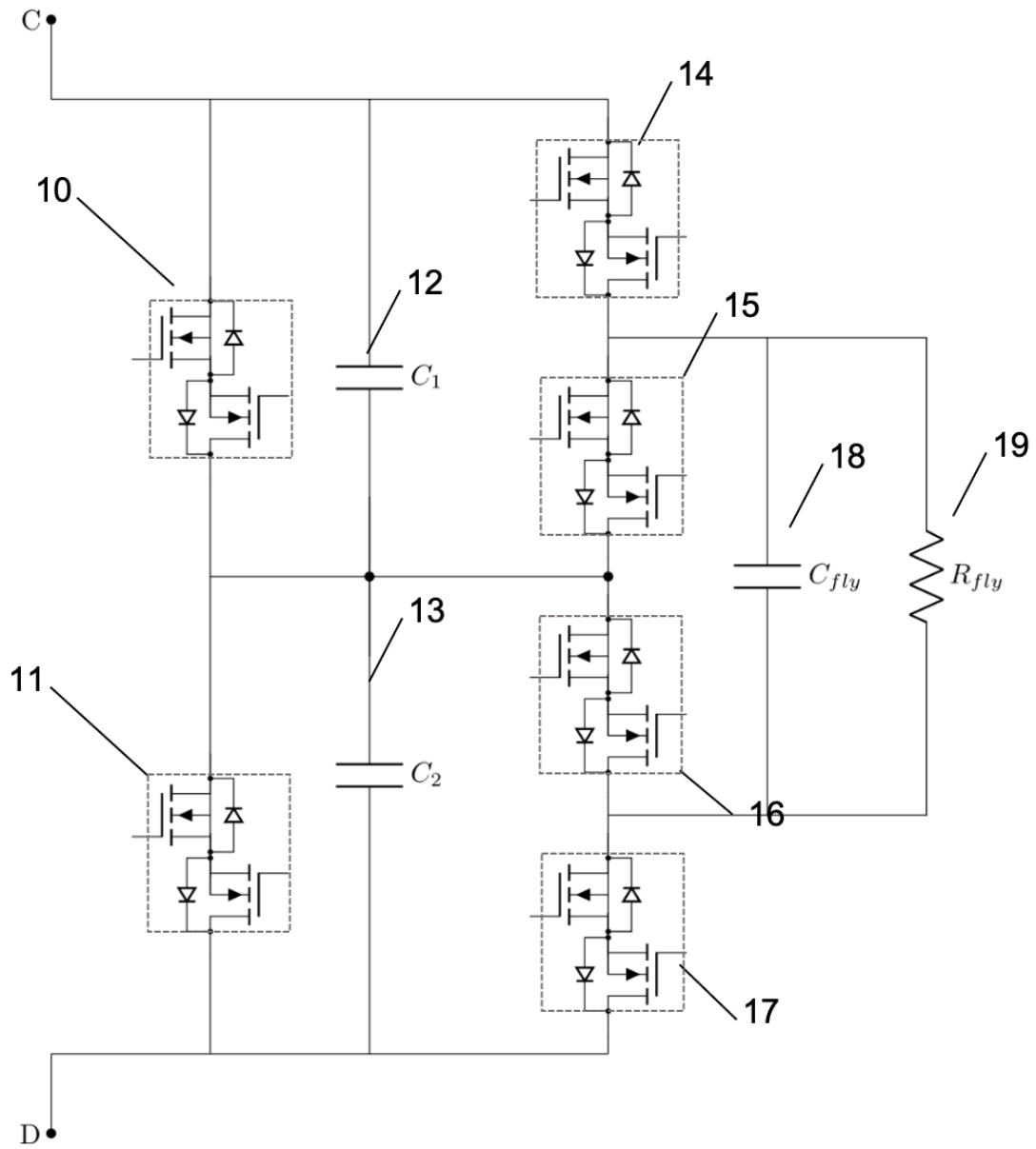


FIG. 14

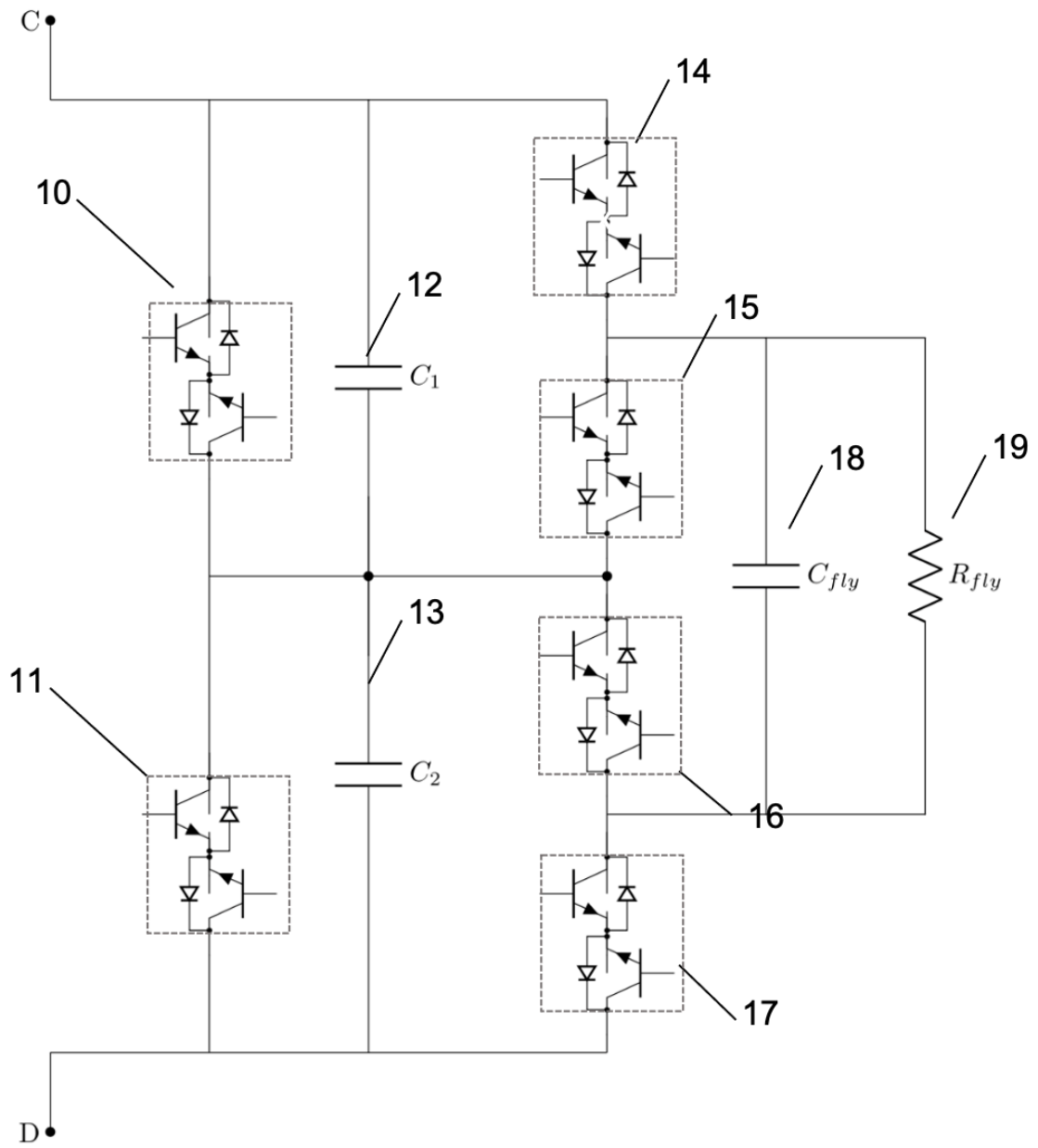


FIG. 15

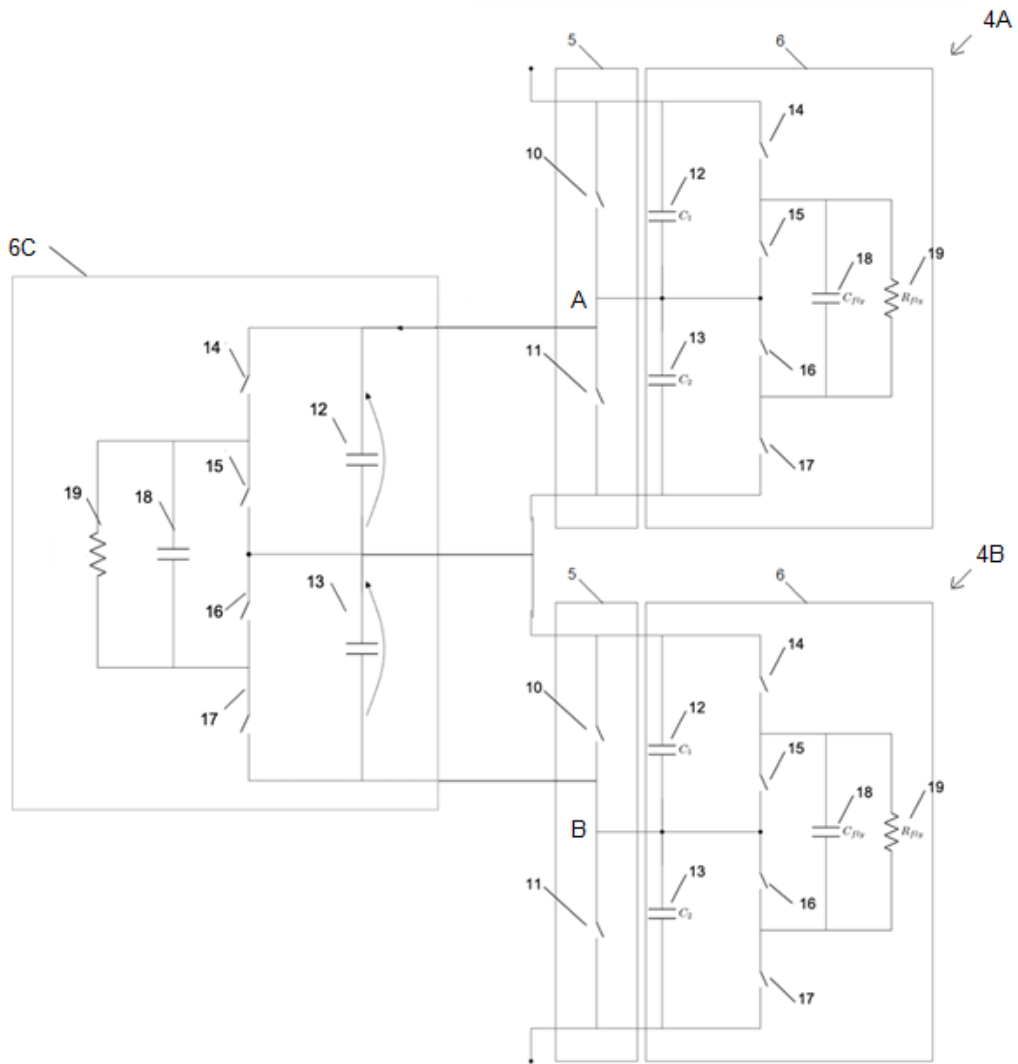


FIG. 16