

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 815 575**

51 Int. Cl.:

H02J 9/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.07.2015 E 15176637 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.06.2020 EP 2980960**

54 Título: **Sistemas y procedimientos para voltaje híbrido y control de corriente en sistemas de ups estáticos**

30 Prioridad:

30.07.2014 US 201462030843 P

12.12.2014 US 201414568632

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

30.03.2021

73 Titular/es:

ABB SCHWEIZ AG (100.0%)

Brown Boveri Strasse 6

5400 Baden, CH

72 Inventor/es:

MANNUCCINI, ANDREA y

COLOMBI, SILVIO

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 815 575 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

Sistemas y procedimientos para voltaje híbrido y control de corriente en sistemas de ups estáticos

El campo de la invención se refiere en general a suministros de alimentación ininterrumpida, y más particularmente, a reducir un componente de corriente de falla de CC en el caso de una falla atomillada.

- 5 Los sistemas de alimentación robustos permiten suministrar alimentación a una o más cargas. Dichos sistemas de alimentación pueden incluir combinaciones de generación, transporte, rectificación, inversión y conversión de alimentación para suministrar energía para aplicaciones y cargas electrónicas, ópticas, mecánicas y/o nucleares. Cuando se implementan sistemas y arquitecturas de alimentación, las consideraciones prácticas incluyen coste, tamaño, confiabilidad y facilidad de implementación.
- 10 En al menos algunos sistemas de alimentación conocidos, uno o más suministros de alimentación ininterrumpida (UPSs) facilitan el suministro de alimentación a una carga. Los UPSs facilitan garantizar que la alimentación se suministre de manera continua a una o más cargas críticas, incluso cuando fallan uno o más componentes de un sistema de alimentación. En consecuencia, los UPSs proporcionan una fuente de alimentación redundante. Los UPSs pueden utilizarse en diversas aplicaciones (por ejemplo, subestaciones de servicios, plantas industriales, sistemas marinos, sistemas de alta seguridad, hospitales, centros de comunicación de datos y telecomunicaciones, sitios de fabricación de semiconductivos, plantas de alimentación nuclear, etc.). Además, los UPSs se pueden utilizar en aplicaciones de alta, media o baja alimentación. Por ejemplo, los UPSs pueden usarse en sistemas de alimentación relativamente pequeños (por ejemplo, sistemas de entretenimiento o de consumo) o microsistemas (por ejemplo, un sistema en base a un chip).
- 15
- 20 El documento US 5579197 A1 describe un sistema de alimentación de respaldo, a la vez que cuando se produce una caída de alimentación, se abre un relé y se conecta un inversor para proporcionar alimentación de respaldo. La alimentación de respaldo se libera mediante una batería cuya alimentación de CC se invierte para proporcionar alimentación de CA a un transformador.
- 25 El documento WO 2013/101432 describe sistemas de alimentación ininterrumpida (UPSs), en particular un sistema para proteger contra el cableado incorrecto de los UPSs conectados en paralelo a través de circuitos de análisis. En respuesta a la determinación de un cableado falso, se desenergiza un UPS correspondiente. El documento US6191500 divulga una pluralidad de suministros de alimentación ininterrumpida acoplados a un bus de anillo.
- 30 En un aspecto, se proporciona un sistema. El sistema incluye una pluralidad de suministros de alimentación ininterrumpida (UPSs), cada UPS de la pluralidad de UPSs que incluye un inversor, un bus de anillo, al menos un controlador acoplado de manera comunicativa a la pluralidad de UPSs, el al menos un controlador configurado para determinar cuándo una corriente de puente en al menos un UPS de la pluralidad de UPS alcanza un límite de corriente de puente predeterminado y modifica, en respuesta a la determinación, un voltaje de condensador en dicho inversor del al menos un UPS para reducir un componente de corriente de falla de CC de una carga de corriente en el inversor.
- 35 En otro aspecto, se proporciona al menos un controlador para controlar un sistema de suministro de alimentación que incluye una pluralidad de suministros de alimentación ininterrumpida (UPSs), un bus de anillo y al menos una carga acoplada eléctricamente a la pluralidad de UPSs y el bus de anillo. El al menos un controlador incluye un procesador, y un dispositivo de memoria acoplado de manera comunicativa a dicho procesador, dicho dispositivo de memoria almacena instrucciones ejecutables configuradas para hacer que el procesador determine cuándo una corriente de puente en un inversor de al menos un UPS de la pluralidad de UPSs alcanza un límite de corriente de puente predeterminado, y modifica, en respuesta a la determinación, un voltaje de condensador en el inversor para reducir un componente de corriente de falla de CC de una corriente de carga en el inversor.
- 40
- 45 En aún otro aspecto, se proporciona un procedimiento para controlar un sistema de suministro de alimentación que incluye una pluralidad de suministros de alimentación ininterrumpida (UPSs), un bus de anillo y al menos una carga acoplada eléctricamente a la pluralidad de UPSs y el bus de anillo. El procedimiento incluye determinar cuándo una corriente de puente en un inversor de al menos un UPS de la pluralidad de UPSs alcanza un límite de corriente de puente predeterminado, y modifica, en respuesta a la determinación, un voltaje de condensador en el inversor para reducir un componente de corriente de falla de CC de una corriente de carga en el inversor.
- 50 La Figura 1 es un diagrama de una arquitectura de bus de anillo ejemplar.
- La Figura 2 es un diagrama de circuito de un inversor de dos niveles de fuente de voltaje monofásico ejemplar.
- La Figura 3 es un diagrama de circuito de un inversor de tres niveles de fuente de voltaje monofásico ejemplar.
- La Figura 4 es un diagrama de circuito simplificado de un inversor monofásico.
- La Figura 5 es un diagrama de bloques de un algoritmo de control de voltaje con limitación de corriente que puede usarse con el circuito que se muestra en la Figura 4.
- La Figura 6 es un gráfico que ilustra períodos de limitación de corriente.

La Figura 7 es un gráfico que ilustra el comportamiento de una corriente de falla.

La Figura 8 es un gráfico que ilustra el comportamiento de una corriente de falla cuando se utiliza un algoritmo híbrido de control de voltaje/corriente.

Descripción detallada

5 Los sistemas y procedimientos descritos en el presente documento utilizan un control híbrido de limitación de voltaje/corriente. Específicamente, utilizar el control híbrido de limitación de voltaje/corriente descrito en el presente documento, es posible volver a centrar rápidamente una corriente de falla, lo que permite reducir (por ejemplo, reducir a la mitad) el tamaño de un regulador en comparación con otros enfoques. El control de limitación de corriente toma control tan pronto como se alcanza un límite de corriente de puente predeterminado. Como resultado, el voltaje cae brevemente, volviendo a centrar una corriente de falla y eliminando sustancialmente una gran corriente de falla de CC que se produciría.

10 Se describen aquí realizaciones ejemplares de un sistema de suministro de alimentación ininterrumpida. Una pluralidad de suministros de alimentación ininterrumpida está dispuesta en una configuración de bus de anillo y configurada para suministrar alimentación a al menos una carga. Al menos un dispositivo de control está acoplado de manera comunicativa a la pluralidad de suministros de alimentación ininterrumpida.

15 La Figura 1 es un diagrama esquemático de una arquitectura 300 de bus de anillo de suministro de alimentación ininterrumpida (UPS) paralela aislada (IP) redundante ejemplar. En la realización ejemplar, la arquitectura 300 incluye una pluralidad de UPSs 302 dispuestos en una arquitectura de anillo, o arquitectura paralela, como se describe en el presente documento. Específicamente, la arquitectura 300 incluye cuatro UPSs 302 en la realización ejemplar. Alternativamente, la arquitectura 300 puede incluir cualquier número de UPSs 302 que permitan que la arquitectura 300 funcione como se describe en el presente documento. En la realización ejemplar, la arquitectura 300 es un sistema de tres cables. Alternativamente, la arquitectura 300 puede ser un sistema de cuatro cables (típicamente para suministrar cargas que requieren un cable neutro).

20 En la realización ejemplar, los UPSs 302 son UPSs estáticos de doble conversión (es decir, sistemas de sistema en línea verdaderos). Los UPSs estáticos y rotativos pueden requerir técnicas de control de caída tanto para voltaje como para frecuencia. En algunos casos, el control de caída para la frecuencia sola puede ser suficiente. En algunas realizaciones, las técnicas de control de caída se modifican con el fin de manejar cargas no lineales.

25 La arquitectura 300 facilita proporcionar alimentación a una o más cargas 304. Bajo funcionamiento normal, una o más utilidades funcionan como una fuente 303 de voltaje y proporcionan alimentación de corriente alterna (CA) a las cargas 304. Los generadores también pueden funcionar como fuentes 303 de voltaje. Notablemente, las fuentes 303 de voltaje no necesitan estar sincronizadas en la arquitectura 300. Esto es ventajoso, ya que cada UPS 302 puede ser alimentado por un generador y/o utilidad individual, y no hay necesidad de agregar equipos adicionales para sincronizar las fuentes 303 de voltaje.

30 En caso de falla de la fuente 303 de voltaje o del rectificador del UPS, el UPS 302 utiliza sistemas 358 de almacenamiento de energía (por ejemplo, baterías, volantes, etc. con su convertidor) conectados a los UPSs 302 para mantener el flujo de alimentación a las cargas 304, como se describe en el presente documento. Además, si falla un UPS 302 dado, las cargas 304 se alimentan a través de un bus 306 de anillo, como se describe en el presente documento. En la realización ejemplar, la arquitectura 300 incluye cuatro cargas 304. Alternativamente, la arquitectura 300 puede incluir cualquier número adecuado de cargas 304 que permitan que la arquitectura 300 funcione como se describe en el presente documento.

35 En la realización ejemplar, cada UPS 302 está acoplado eléctricamente a una carga 304 asociada, y está acoplado al bus 306 de anillo a través de un regulador 308 asociado (por ejemplo, un inductor). En la arquitectura 300, sin una sincronización adecuada, los UPSs 302 no pueden operar correctamente debido a las corrientes de circulación indeseables. Por consiguiente, en la realización ejemplar, al menos un controlador 309 controla el funcionamiento de los UPSs 302. Más específicamente, al menos un controlador 309 controla una frecuencia de un voltaje de salida de cada UPS 302, como se describe en el presente documento. La frecuencia para cada UPS 302 se calcula como una función de la alimentación, como se describe en el presente documento.

40 En algunas realizaciones, la arquitectura 300 incluye un controlador 309 separado y dedicado para cada UPS 302. Alternativamente, el sistema puede incluir un solo controlador 309 que controla el funcionamiento de todos los UPSs 302. Cada controlador 309 puede incluir su propio sistema de alimentación (no se muestra) tal como una fuente de energía dedicada (por ejemplo, una batería). En algunas realizaciones, cada controlador 309 está acoplado a un controlador sustituto (no se muestra) que puede usarse en el caso de que el controlador 309 falle.

45 En la realización ejemplar, cada controlador 309 se implementa mediante un procesador 311 acoplado de manera comunicativa a un dispositivo 313 de memoria para ejecutar instrucciones. En algunas realizaciones, las instrucciones ejecutables se almacenan en el dispositivo 313 de memoria. Alternativamente, el controlador 309 puede implementarse usando cualquier circuito que permita al controlador 309 controlar el funcionamiento de los UPSs 302 como se describe en el presente documento. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el controlador 309 puede incluir

una máquina de estados que aprende o está previamente programada para determinar información relevante para lo cual las cargas 304 requieren alimentación.

En la realización ejemplar, el controlador 309 realiza una o más operaciones descritas en el presente documento mediante el procesador 311 de programación. Por ejemplo, el procesador 311 puede programarse codificando una operación como una o más instrucciones ejecutables y proporcionando las instrucciones ejecutables en el dispositivo 313 de memoria. El procesador 311 puede incluir una o más unidades de procesamiento (por ejemplo, en una configuración de múltiples núcleos). Además, el procesador 311 puede implementarse usando uno o más sistemas de procesador heterogéneos en los cuales un procesador principal está presente con procesadores secundarios en un solo chip. Como otro ejemplo ilustrativo, el procesador 311 puede ser un sistema multiprocesador simétrico que contiene múltiples procesadores del mismo tipo. Además, el procesador 311 puede implementarse usando cualquier circuito programable adecuado, que incluye uno o más sistemas y microcontroladores, microprocesadores, circuitos de conjunto de instrucciones reducidas (RISC), circuitos integrados específicos de aplicación (ASIC), circuitos lógicos programables, formaciones de puertas programables en campo (FPGA), y cualquier otro circuito capaz de ejecutar las funciones descritas en el presente documento. En la realización ejemplar, el procesador 311 hace que el controlador 309 opere los UPSs 302, como se describe en el presente documento.

En la realización ejemplar, el dispositivo 313 de memoria es uno o más dispositivos que permiten almacenar y recuperar información tal como instrucciones ejecutables y/u otros datos. El dispositivo 313 de memoria puede incluir uno o más medios legibles por ordenador, tales como, sin limitación, memoria dinámica de acceso aleatorio (DRAM), memoria estática de acceso aleatorio (SRAM), un disco de estado sólido y/o un disco duro. El dispositivo 313 de memoria puede configurarse para almacenar, sin limitación, el código de fuente de aplicación, el código objeto de aplicación, las porciones de interés del código de fuente, las porciones de interés del código de objeto, los datos de configuración, los eventos de ejecución y/o cualquier otro tipo de datos.

En la realización ejemplar, como se describe con más detalle a continuación, uno o más controladores 309, y más específicamente el procesador 311, calcula una frecuencia de voltaje de salida para cada UPS 302, y uno o más controladores 309 operan cada UPS 302 en la frecuencia calculada. El funcionamiento de cada UPS 302 en sus respectivas frecuencias calculadas como se determina mediante los controles de caída, hace que sea posible lograr compartir la carga y la estabilidad en la arquitectura 300. Las frecuencias de operación en los diversos UPS 302 son diferentes en condiciones transitorias (por ejemplo, después de una variación de una o más cargas 304). Una vez que los controles de caída están en estado estable, todos los UPSs 302 operan a la misma frecuencia, pero con un cambio de fase a través de los reguladores 308 que iguala la alimentación activa proporcionada por cada UPS 302.

En la arquitectura 300, cada UPS 302 puede suministrar alimentación a una carga 304 local asociada, así como transferir alimentación activa y reactiva al bus 306 de anillo a través de un regulador 308 asociado. En la realización ejemplar, la arquitectura 300 facilita compartir cargas 304 locales por igual entre los UPSs 302 sin ninguna comunicación usando controles de caída, y en particular, frecuencia versus alimentación activa y voltaje versus alimentación reactiva. Esto elimina las limitaciones en los diversos UPS 302 en la arquitectura 300.

En la realización ejemplar, la arquitectura 300 incluye varios disyuntores. Específicamente, para cada UPS 302, un primer disyuntor 310 está acoplado eléctricamente entre el UPS 302 y el regulador 308, un segundo disyuntor 312 está acoplado eléctricamente entre el primer disyuntor 310 y la carga 304 local, un tercer disyuntor 314 está acoplado eléctricamente entre el primer el disyuntor 310 y el bus 306 de anillo, y un cuarto disyuntor 316 está acoplado entre el regulador 308 y el bus 306 de anillo. Además, en el bus 306 de anillo, un disyuntor 320 central, un disyuntor 322 izquierdo y un disyuntor 324 derecho están asociados con cada UPS 302, y facilitan el aislamiento del UPS 302 a partir del bus 306 de anillo y/u otros UPS 302 en el bus 306 de anillo. Cada disyuntor 310, 312, 314, 316, 320, 322 y 324 incluye lógica y relés asociados (ninguno se muestra) para la operación. El esquema de protección proporcionado por los disyuntores 310, 312, 314, 316, 320, 322 y 324 facilita la localización de fallas en la arquitectura 300 y el aislamiento de esas fallas abriendo los disyuntores apropiados. Además, los terceros disyuntores 314, también denominados como disyuntores de derivación, facilitan la derivación del regulador 308 cuando el UPS asociado 302 falla o está bajo mantenimiento. Esto facilita mejorar la calidad del voltaje en la carga 304 local asociada a medida que se elimina la caída de voltaje en el regulador 308.

Para aplicaciones de bus de anillo, los reguladores 308 se dimensionan para sostener una falla atornillada en el bus 306 de anillo durante un tiempo suficientemente largo para garantizar el aislamiento de la falla a través de la activación de los disyuntores específicos en la arquitectura 300. Además, para situaciones donde un disyuntor falla para abrir, se debe incorporar tiempo adicional para determinar y ejecutar una estrategia alternativa de aislamiento de falla. En consecuencia, para facilitar la maximización de un período de tiempo donde el inversor en un UPS 302 asociado puede sostener una falla atornillada en el bus 306 de anillo, los reguladores 308 pueden dimensionarse para operar el inversor en un modo lineal bajo un corto circuito en el bus 306 de anillo. Los sistemas y procedimientos descritos en el presente documento facilitan una rápida eliminación del componente de corriente de falla de CC, como se describe en el presente documento. En consecuencia, el tamaño de los reguladores 308 puede reducirse proporcionalmente.

Como se muestra en la Figura 1, cada UPS 302 incluye un inversor 330. Son posibles diferentes diseños para los inversores 330. Por ejemplo, para diseños sin transformador, la Figura 2 es un diagrama de circuito de un inversor 400

de dos niveles de fuente de voltaje monofásico ejemplar, y la Figura 3 es un diagrama de circuito de un inversor 500 de tres niveles de fuente de voltaje monofásico ejemplar.

Como se muestra en la Figura 2, el inversor 400 incluye un primer dispositivo 402 de conmutación y un segundo dispositivo 404 de conmutación. El primer dispositivo 402 de conmutación incluye un primer conmutador 405 (por ejemplo, un transistor) acoplado eléctricamente en paralelo con un primer diodo 406, y el segundo dispositivo 404 de conmutación incluye un segundo conmutador 407 (por ejemplo, un transistor) acoplado eléctricamente en paralelo con un segundo diodo 408. Un voltaje a través del segundo dispositivo 404 o inferior de conmutación se denomina en el presente documento como un voltaje de comando, u_{cmd} . Un nodo 410 entre el primer y el segundo dispositivos 402 y 404 de conmutación emite una corriente de puente, i_s , a través de un inductor 412 y una resistencia 414. La corriente de puente i_s se divide en una corriente de carga, i_L , que fluye a la carga 416 (tal como la carga 304 local) y una corriente que fluye a través de un condensador 418. La corriente de carga total es la suma de la corriente de carga i_L y una corriente de falla potencial. Un voltaje a través del condensador 418 se denomina como voltaje de condensador, u_c . El inversor 400 incluye un primer condensador 430 de CC acoplado eléctricamente entre el primer dispositivo 402 de conmutación y el neutro 420, y un segundo condensador 432 de CC acoplado eléctricamente entre el segundo dispositivo 404 de conmutación y el neutro 420. El voltaje a través del primer condensador 430 de CC es un voltaje de enlace de CC superior, V_{dcP} , y el voltaje a través del segundo condensador 432 de CC es un voltaje de enlace de CC inferior, V_{dcN} .

A menos que se indique lo contrario, el inversor 500 es sustancialmente similar al inversor 400. Como se muestra en la Figura 3, el inversor 500 incluye un tercer dispositivo 502 de conmutación y un cuarto dispositivo 504 de conmutación acoplado eléctricamente en serie entre el nodo 410 y el neutro 420. El tercer dispositivo 502 de conmutación incluye un tercer conmutador 505 (por ejemplo, un transistor) acoplado eléctricamente en paralelo con un tercer diodo 506, y el cuarto dispositivo 504 de conmutación incluye un cuarto conmutador 507 (por ejemplo, un transistor) acoplado eléctricamente en paralelo con un cuarto diodo 508. El tercer y cuarto dispositivos 502 y 504 de conmutación implementan un dispositivo de conmutación bidireccional. Alternativamente, el dispositivo de conmutación bidireccional puede implementarse usando otros componentes (por ejemplo, usando dispositivos de bloqueo inverso). Las topologías del inversor 400 y el inversor 500 pueden implementarse como convertidores trifásicos usando tres tramos.

Tanto para el inversor 400 como para el inversor 500, la Figura 4 es un diagrama de circuito del circuito 600 equivalente de un inversor monofásico. El circuito 600 incluye el voltaje de comando u_{cmd} representado como una fuente 602 de voltaje. El voltaje de comando u_{cmd} discontinuo modela el inversor de dos o tres niveles. Por lo tanto, este voltaje puede tener variaciones de onda cuadrada entre dos o tres valores posibles. En la realización ejemplar, un controlador 604, tal como el controlador 309 (que se muestra en la Figura 1), controla el funcionamiento de uno o más componentes del circuito 600.

La Figura 5 es un diagrama 700 de bloques de un algoritmo de control de voltaje ejemplar con limitación de corriente que se puede usar con el circuito 600. Las etapas del diagrama 700 de bloques se pueden realizar, por ejemplo, usando el controlador 604 (que se muestra en la Figura 4). En el diagrama 700 de bloques, un bloque 702 controlador de voltaje, R_u , implementa y determina el voltaje de comando u_{cmd} en base a un voltaje de referencia, u_{ref} , un voltaje de referencia en cuadratura, u_{refQ} , el voltaje del condensador u_c , la corriente de carga i_L y la corriente de puente i_s . El voltaje de referencia u_{ref} y el voltaje de referencia en cuadratura u_{refQ} pueden ser valores predeterminados almacenados en una memoria, tal como el dispositivo 313 de memoria (que se muestra en la Figura 1). Alternativamente, el voltaje de referencia u_{ref} y el voltaje de referencia en cuadratura u_{refQ} pueden calcularse usando ecuaciones, por ejemplo, en la siguiente manera: $u_{ref} = A \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot \text{tiempo})$ y $u_{refQ} = B \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f \cdot \text{tiempo})$.

Un bloque 704 de modulación, M , implementa la modulación que determina las señales de activación d_i para los conmutadores de alimentación (por ejemplo, las señales de activación d_1 y d_2 para el primer y segundo conmutadores 405 y 407 del inversor 400, y las señales de activación $d_1 \dots d_4$ para el primer, segundo, tercero y cuarto conmutadores 405, 407, 505 y 507 del inversor 500). La modulación se adapta como una función de los voltajes instantáneos V_{dcP} y V_{dcN} de los enlaces CC superior e inferior, respectivamente. Un bloque 706 de limitación, L_{is} , implementa una limitación de corriente de puente que puede modificar las señales de activación d_i para los conmutadores de alimentación. En la realización ejemplar, el bloque 706 de limitación usa un comparador de histéresis para verificar si la corriente de puente i_s excede un límite de corriente predefinido, I_{smax} .

En particular, considerando una corriente positiva, cuando la corriente de puente i_s excede el límite I_{smax} , las señales de activación d_i para los conmutadores se modifican de tal manera que hace que la corriente i_s disminuya. Esto depende de la topología del inversor usado. Como un ejemplo, se considera el inversor 400 de la Figura 2. Para una corriente i_s positiva y creciente, el primer conmutador 405 está cerrado y el segundo conmutador 407 está abierto. Si la corriente i_s excede el límite I_{smax} , se ordena que el primer conmutador 405 se abra mediante el bloque 706 de limitación. Como resultado, la corriente i_s fluirá a través del segundo diodo 408 y disminuirá a medida que el filtro LC formado por el inductor 412 y el condensador 418 tenga polarización inversa. Cuando la corriente cae por debajo de un límite máximo inferior $I_{smaxBAJO}$ (por ejemplo, aproximadamente el 70 % de I_{smax}), el bloque 702 de control de voltaje y el bloque 704 de modulación toman el control nuevamente. El control se realiza de manera similar para una corriente negativa, operando los conmutadores para hacer que la corriente i_s de puente negativa aumente (es decir, se mueva hacia la corriente cero) una vez que la corriente i_s de puente negativa cae por debajo de un límite $-I_{smax}$.

El bloque 706 de limitación puede implementar características adicionales para mejorar el rendimiento en realizaciones que incluyen un inversor de tres niveles (por ejemplo, el inversor 500). Por ejemplo, en el inversor 500, el dispositivo de conmutación bidireccional formado por los dispositivos 502 y 504 de conmutación tercero y cuarto puede usarse durante el proceso de limitación de corriente con el fin de impedir conmutaciones de dos niveles (es decir, a partir de V_{dcP} a $-V_{dcN}$ o el recíproco del mismo). Por ejemplo, para una corriente i_s de puente positiva y creciente, que excede el límite I_{smax} , los conmutadores 405, 407, 506 y 508 son ordenados mediante el bloque 706 de limitación con el fin de conmutar el voltaje U_{cmd} de comando de V_{dcP} a 0 y luego $-V_{dcN}$. Esto reduce el sobre voltaje de conmutación en los conmutadores.

En el diagrama 700 de bloques, un bloque 708 de sistema, S, representa el sistema controlado, en particular el puente inversor y el filtro LC (véanse las Figuras 2-4). Para un sistema trifásico, se puede usar un inversor trifásico en combinación con un controlador 604 diferente para cada fase. Alternativamente, la estrategia de limitación de corriente descrita en el presente documento puede implementarse usando un enfoque de vector espacial.

Esta operación del diagrama 700 de bloques se ilustra en la Figura 6, la cual es un gráfico 800 que ilustra períodos de limitación de corriente cuando $S_{lim} = 1$. La operación de limitación de corriente del diagrama 700 de bloques puede controlarse mediante un mecanismo de temporizador implementado usando el controlador 604 que se activa cuando la limitación de corriente I_{smax} se alcanza por primera vez y luego verifica la duración contra un límite definido (por ejemplo, 100 milisegundos (ms)). Para facilitar la optimización del diseño de los inversores en la arquitectura 300, el límite de corriente puede establecerse ligeramente por encima de la capacidad de sobrecarga máxima típica del 150 % de los inversores que usualmente puede sostenerse durante 30 segundos (s).

Con referencia de nuevo a la Figura 1, para facilitar la maximización de un período de tiempo en el que un inversor 330 en un UPS 302 asociado puede sostener una falla atornillada en el bus 306 de anillo, los reguladores 308 se dimensionan típicamente para operar el inversor 330 en un modo lineal bajo un corto circuito en el bus 306 de anillo.

La Figura 7 es un gráfico 900 que ilustra el comportamiento de una corriente de falla sin implementar el algoritmo híbrido de control de voltaje/corriente que se muestra en la Figura 5. El gráfico 900 incluye una curva 902 de corriente de falla inductiva y una curva 904 de voltaje trazada en el tiempo durante una falla atornillada en el bus 306 de anillo. Como se muestra en la Figura 7, dependiendo del ángulo de fase del corto circuito en el bus 306 de anillo, una corriente de falla inductiva a través del regulador 308 puede incluir un componente de CC relativamente grande (véase, por ejemplo, la caída inicial en la curva 902 de corriente de falla inductiva). Este componente de CC decae con el tiempo para "volver a centrar" con una constante de tiempo L/R del regulador 308. Como se muestra en la Figura 7, la curva 902 de corriente de falla inductiva se vuelve a centrar relativamente de manera lenta. En consecuencia, una corriente de falla pico transitoria puede alcanzar el doble de una corriente de falla en estado estable (véase, por ejemplo, la caída inicial en la curva 902 de corriente de falla inductiva).

Para mantener el inversor 330 del UPS 302 funcionando en un modo de funcionamiento lineal, un enfoque es para aumentar (por ejemplo, duplicar) el tamaño de los reguladores 308. Esto puede ser poco práctico, ya que los UPSs estáticos, tales como los UPSs 302, tienen una capacidad de corriente de falla limitada que puede exigir un regulador relativamente grande.

Sin embargo, usando el algoritmo híbrido de control de voltaje/corriente descrito en el presente documento, es posible volver a centrar una corriente de falla relativamente rápido, típicamente en una fracción de un ciclo. Por ejemplo, en la Figura 8, un tiempo de volver a centrar es aproximadamente $\frac{1}{4}$ de un ciclo. En consecuencia, el tamaño del regulador 308 puede mantenerse relativamente pequeño. Específicamente, como se describió anteriormente en referencia a la Figura 7, se utiliza un control de limitación de corriente cuando se alcanza un límite de corriente de puente máximo, $\pm I_{smax}$. Como resultado, el voltaje cae brevemente (en valor absoluto), volviendo a centrar rápidamente la corriente de falla.

Por ejemplo, la Figura 8 es un gráfico 1000 que ilustra el comportamiento de una corriente de falla a la vez que implementa el algoritmo híbrido de control de voltaje/corriente que se muestra en la Figura 5. El gráfico 1000 incluye una curva 1002 de corriente de falla inductiva y una curva 1004 de voltaje trazada sobre el tiempo durante una falla atornillada en el bus 306 de anillo. Como se muestra en la Figura 10, una vez que la corriente i_s de puente (véanse las Figuras 2 y 3) alcanza el umbral $-I_{smax}$ inferior, el algoritmo híbrido de control de voltaje/corriente hace que la curva 1004 de voltaje caiga brevemente, lo que resulta en un re-centrado relativamente rápido de la curva 1002 de corriente de falla inductiva. Con referencia a las Figuras 4 y 8, en el caso de una falla atornillada en el bus 306 de anillo, la carga 416 es el regulador 308, la curva 1002 de corriente de falla inductiva es la corriente i_L de carga, y la curva 1004 de voltaje es el voltaje u_c del condensador.

En conclusión, utilizando el control híbrido de limitación de voltaje/corriente descrito en el presente documento, es posible volver a centrar rápidamente la corriente de falla, permitiendo reducir (por ejemplo, reducir a la mitad) el tamaño del regulador en comparación con otros enfoques. El control de limitación de corriente toma control tan pronto como se alcanza un límite de corriente de puente predeterminado. Como resultado, el voltaje cae brevemente (en valor absoluto), volviendo a centrar la corriente de falla y eliminando sustancialmente la gran corriente de falla de CC que de otro modo ocurriría.

5 Los sistemas y procedimientos descritos en el presente documento son aplicables independientemente del nivel de voltaje, y más particularmente, son aplicables tanto a aplicaciones de bajo voltaje (BV) (por ejemplo, 480V fase-fase) como de medio voltaje (MV) (por ejemplo, 13.8kV fase-fase). Por ejemplo, aunque las topologías de inversor descritas en el presente documento se usan típicamente en sistemas de BV, los principios de las realizaciones descritas en el presente documento pueden aplicarse igualmente a sistemas de MV que usan tecnologías de inversor apropiadas.

10 En comparación con al menos algunos sistemas de alimentación conocidos, los sistemas y procedimientos descritos en el presente documento facilitan la reducción de corrientes de falla de CC relativamente grandes. Específicamente, un dispositivo de control determina cuándo una corriente de puente en un inversor alcanza un límite de corriente de puente predeterminado, e implementa, en respuesta a la determinación, un algoritmo híbrido de control de limitación de voltaje/corriente que modifica un voltaje de condensador en el inversor para reducir un componente de corriente de falla de CC de una corriente de carga en el inversor.

15 Las realizaciones ejemplares de sistemas y procedimientos para suministros de alimentación ininterrumpida se describen anteriormente en detalle. Los sistemas y procedimientos no se limitan a las realizaciones específicas descritas en el presente documento, sino que, más bien, los componentes de los sistemas y/u operaciones de los procedimientos pueden utilizarse de manera independiente y por separado de otros componentes y/u operaciones descritas en el presente documento. Además, los componentes y/u operaciones descritas también pueden definirse en, o usarse en combinación con, otros sistemas, procedimientos y/o dispositivos, y no se limitan a la práctica solo con los sistemas descritos en el presente documento.

20 Al menos un efecto técnico de los sistemas y procedimientos descritos en el presente documento incluye (a) determinar cuándo una corriente de puente en un inversor de un UPS de una pluralidad de UPSs alcanza un límite de corriente de puente predeterminado; y (b) modificar, en respuesta a la determinación, un voltaje de condensador en el inversor para reducir un componente de corriente de falla de CC de una corriente de carga en el inversor.

25 El orden de ejecución o realización de las operaciones en las realizaciones de la invención ilustradas y descritas en el presente documento no es esencial, a menos que se especifique lo contrario. Es decir, las operaciones pueden realizarse en cualquier orden, a menos que se especifique lo contrario, y las realizaciones de la invención pueden incluir operaciones adicionales o menos que las descritas en el presente documento. Por ejemplo, se contempla que ejecutar o realizar una operación particular antes, simultáneamente con, o después de otra operación está dentro del alcance de los aspectos de la invención.

30 Aunque las características específicas de diversas realizaciones de la invención pueden mostrarse en algunos dibujos y no en otros, esto es solo por conveniencia. De acuerdo con los principios de la invención, cualquier característica de un dibujo puede ser referenciada y/o reivindicada en combinación con cualquier característica de cualquier otro dibujo.

35 Esta descripción escrita usa ejemplos para divulgar la invención, que incluye el mejor modo, y también para permitir que cualquier persona experta en la técnica practique la invención, que incluye la fabricación y uso de cualquier dispositivo o sistema y la realización de cualquier procedimiento incorporado. El alcance patentable de la invención está definido por las reivindicaciones, y puede incluir otros ejemplos que se les ocurran a los expertos en la técnica. Se pretende que dichos otros ejemplos estén dentro del alcance de las reivindicaciones si tienen elementos estructurales que no difieren del lenguaje literal de las reivindicaciones, o si incluyen elementos estructurales equivalentes con diferencias insustanciales del lenguaje literal de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (300) que comprende:

una pluralidad de suministros de alimentación ininterrumpida (UPSs) (302), comprendiendo cada UPS (302) de la pluralidad de UPSs (302) un inversor (330);
 5 un bus (306) de anillo, en el que una salida del inversor (330) de cada UPS (302) de la pluralidad de UPSs (302) está acoplada al bus (306) de anillo; y
 al menos un controlador (309) acoplado de manera comunicativa a la pluralidad de UPSs (302), comprendiendo el al menos un controlador (309):

10 un procesador (311); y
 un dispositivo (313) de memoria acoplado de manera comunicativa a dicho procesador (311), almacenando dicho dispositivo (313) de memoria instrucciones ejecutables, **caracterizado porque** las instrucciones ejecutables están configuradas para hacer que dicho procesador (311):

15 determine cuándo una corriente i_s de puente en el inversor (330) de al menos un UPS (302) de la pluralidad de UPSs (302) alcanza un límite $\pm I_{smax}$ de corriente de puente predeterminado; y
 modifique señales de activación para los conmutadores (405, 407) en el inversor (330) para modificar un voltaje u_c de condensador de salida en el inversor (330) del al menos un UPS (302), en respuesta a una
 20 determinación de que la corriente i_s de puente ha alcanzado el límite $\pm I_{smax}$ de corriente de puente predeterminado, para reducir un componente de corriente de falla de CC de una corriente de carga en el inversor (330).

2. El sistema (300) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho al menos un controlador (309) está configurado para implementar un algoritmo de control que modifica las señales de activación de tal modo que disminuya la
 25 magnitud del componente de corriente de falla de CC de la corriente de carga.

3. Un sistema (300) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho inversor (330) comprende un inversor (400) de dos niveles de fuente de voltaje monofásico.

4. Un sistema (300) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho inversor (330) comprende un inversor (500) de tres niveles de fuente de voltaje monofásico.

30 5. Un sistema (300) de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que la corriente de carga es una suma de una corriente a través de la al menos una carga (304) asociada con el menos un UPS (302) y una corriente de falla en el al menos un UPS (302).

6. Un sistema (300) de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, que comprende además al menos un disyuntor (310) acoplado entre dicho al menos un UPS (302) y dicho bus (306) de anillo.

35 7. Un procedimiento de control de un sistema (300) de suministro de alimentación que incluye una pluralidad de suministros de alimentación ininterrumpida (UPSs) (302) acoplados a un bus (306) de anillo, y al menos una carga (304) acoplada eléctricamente a la pluralidad de UPSs (302) y el bus (306) de anillo, el procedimiento **caracterizado por:**

40 determinar cuándo una corriente i_s de puente en un inversor (330) de al menos un UPS (302) de la pluralidad de UPSs (302) alcanza un límite $\pm I_{smax}$ de corriente de puente predeterminado; y
 modificar señales de activación para los conmutadores (405, 407) en el inversor (330), en respuesta a una determinación de que la corriente i_s de puente ha alcanzado el límite $\pm I_{smax}$ de corriente de puente predeterminado, para modificar un voltaje u_c de condensador de salida en el inversor (330) para reducir un componente de corriente
 45 de falla de CC de una corriente de carga en el inversor (330).

8. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, en el que la modificación de las señales de activación comprende la implementación de un algoritmo de control que modifica las señales de activación de tal manera que disminuye la magnitud del componente de corriente de falla de CC de la corriente de carga.

9. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7 o la reivindicación 8, en el que modificar un voltaje u_c de condensador comprende modificar un voltaje u_c de condensador en un inversor (330) de fuente de voltaje monofásico de tres niveles.

10. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7 o la reivindicación 8, en el que modificar un voltaje u_c de condensador comprende modificar un voltaje u_c de condensador en un inversor (400) de fuente de voltaje monofásico de dos niveles.

55 11. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, en el que modificar un voltaje u_c de condensador comprende implementar un algoritmo de control que reduce un componente de corriente de falla de CC de una corriente de carga a través de un regulador (308) asociado con el al menos un UPS (302).

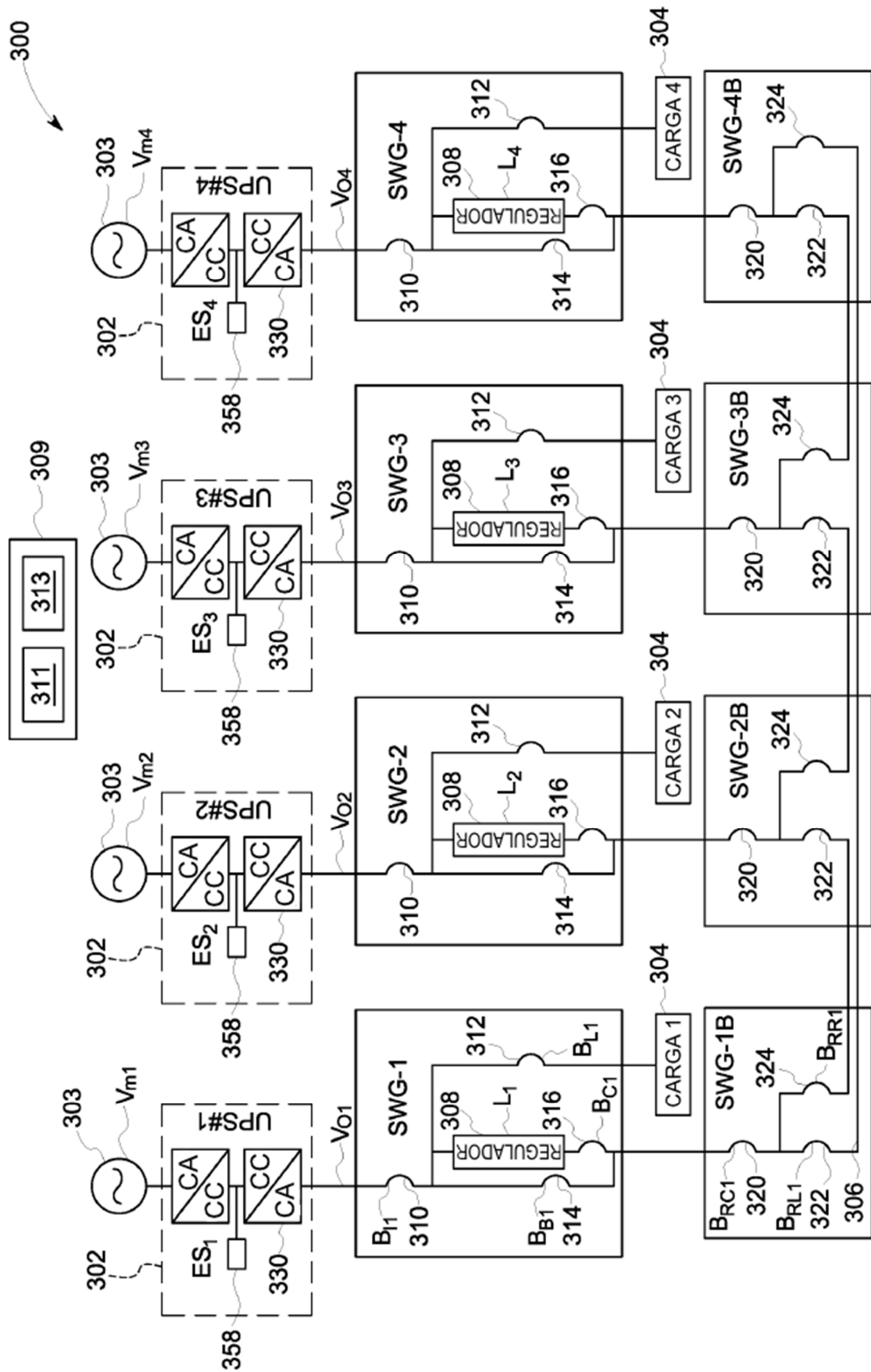


FIG. 1

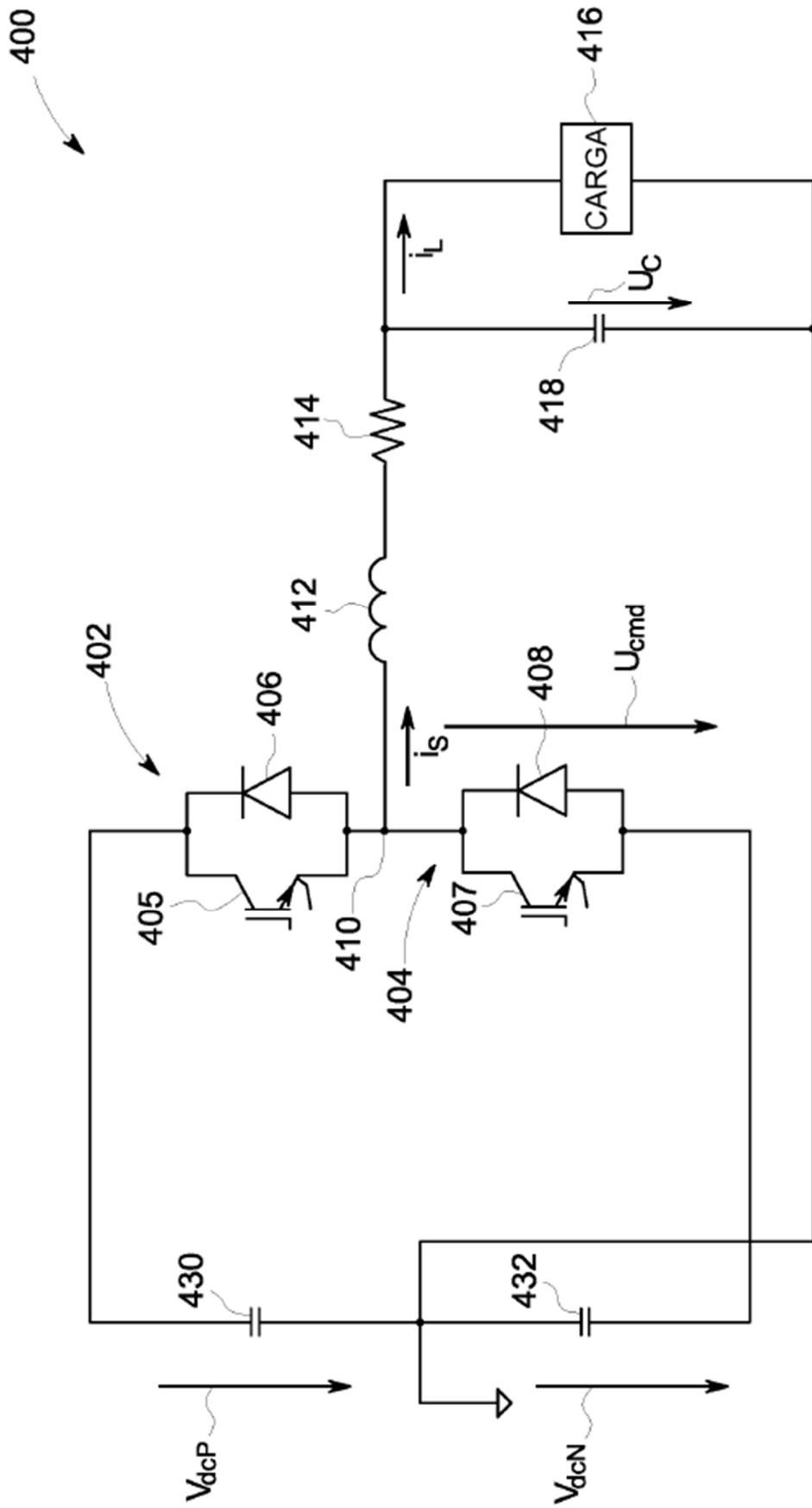


FIG. 2

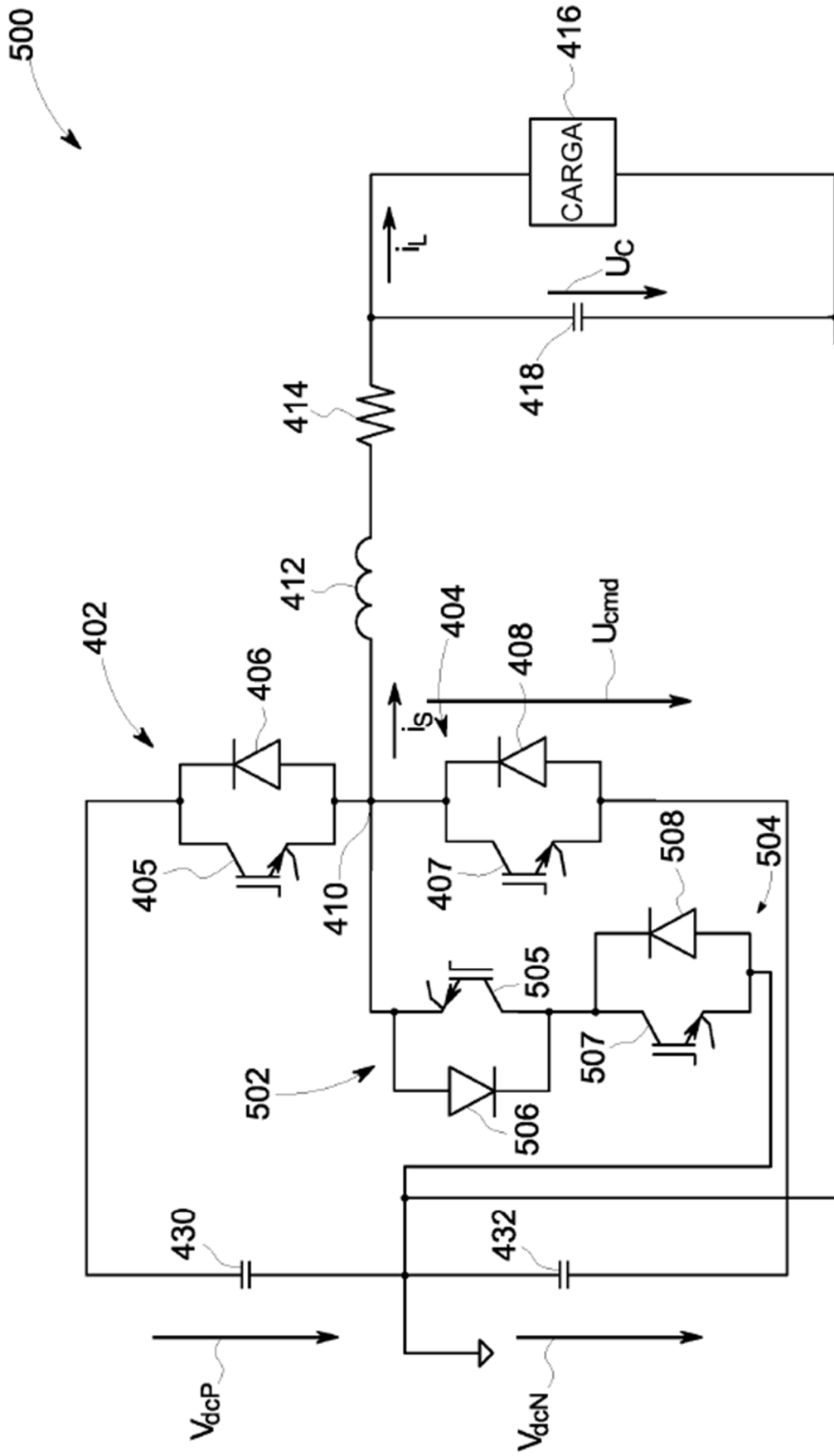


FIG. 3

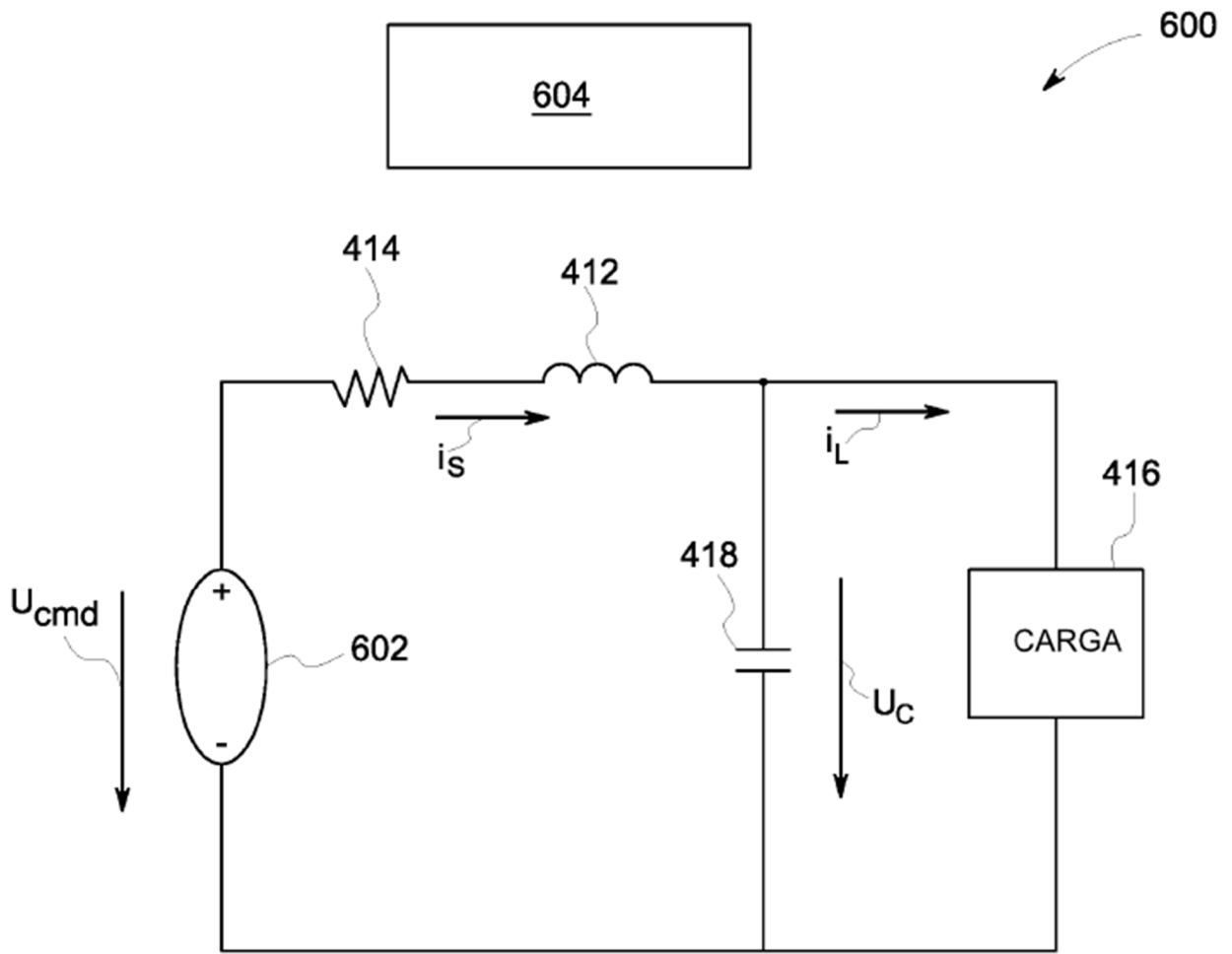


FIG. 4

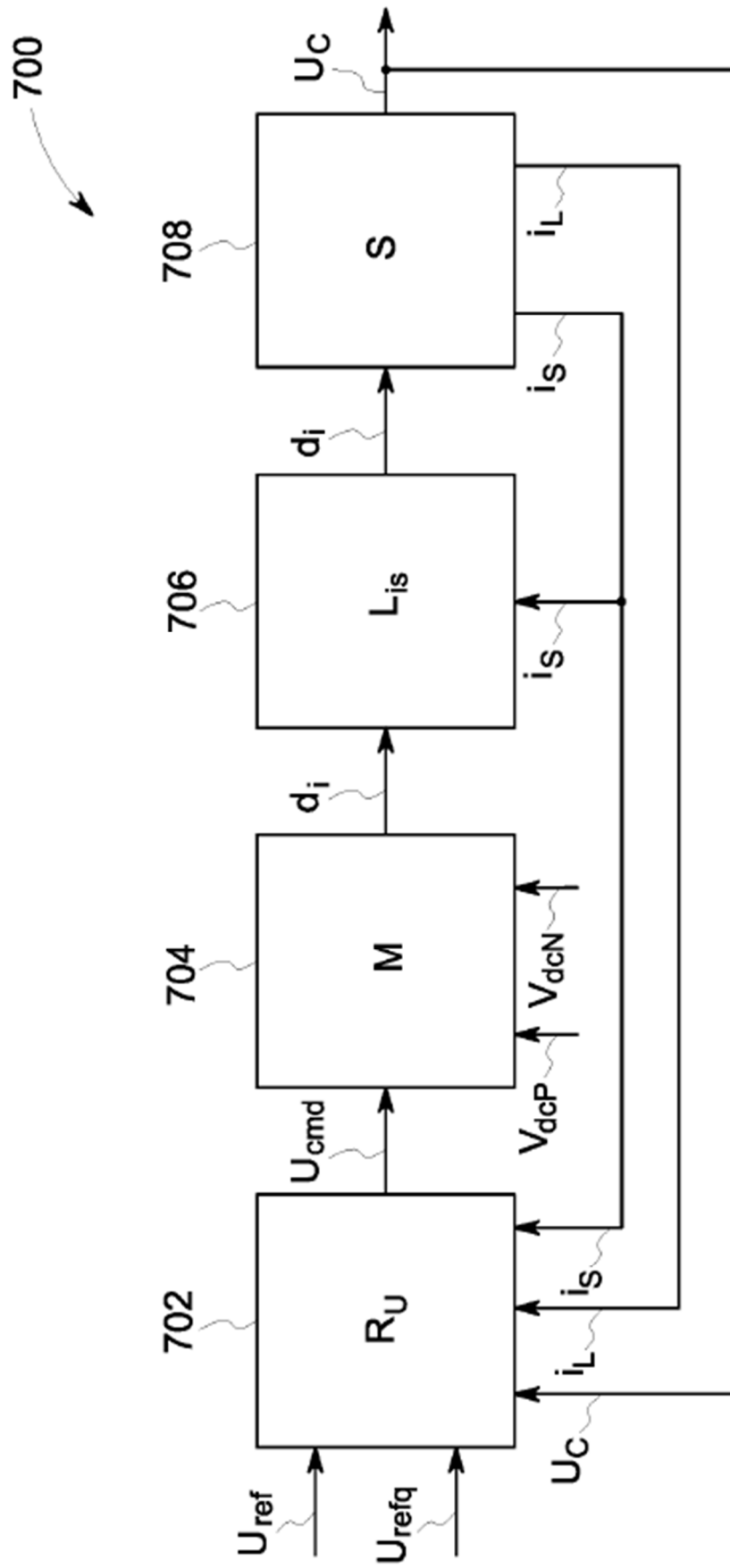


FIG. 5

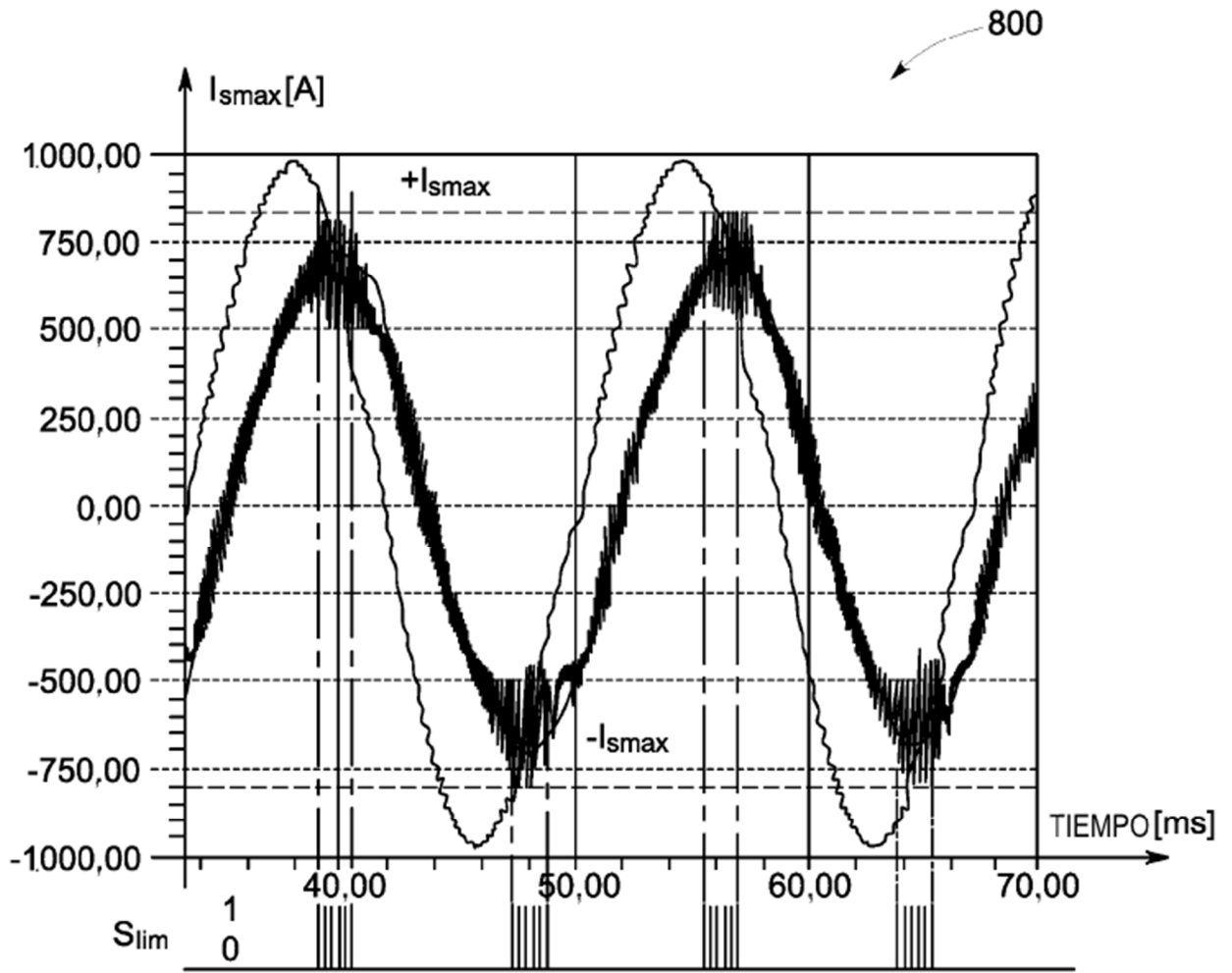


FIG. 6

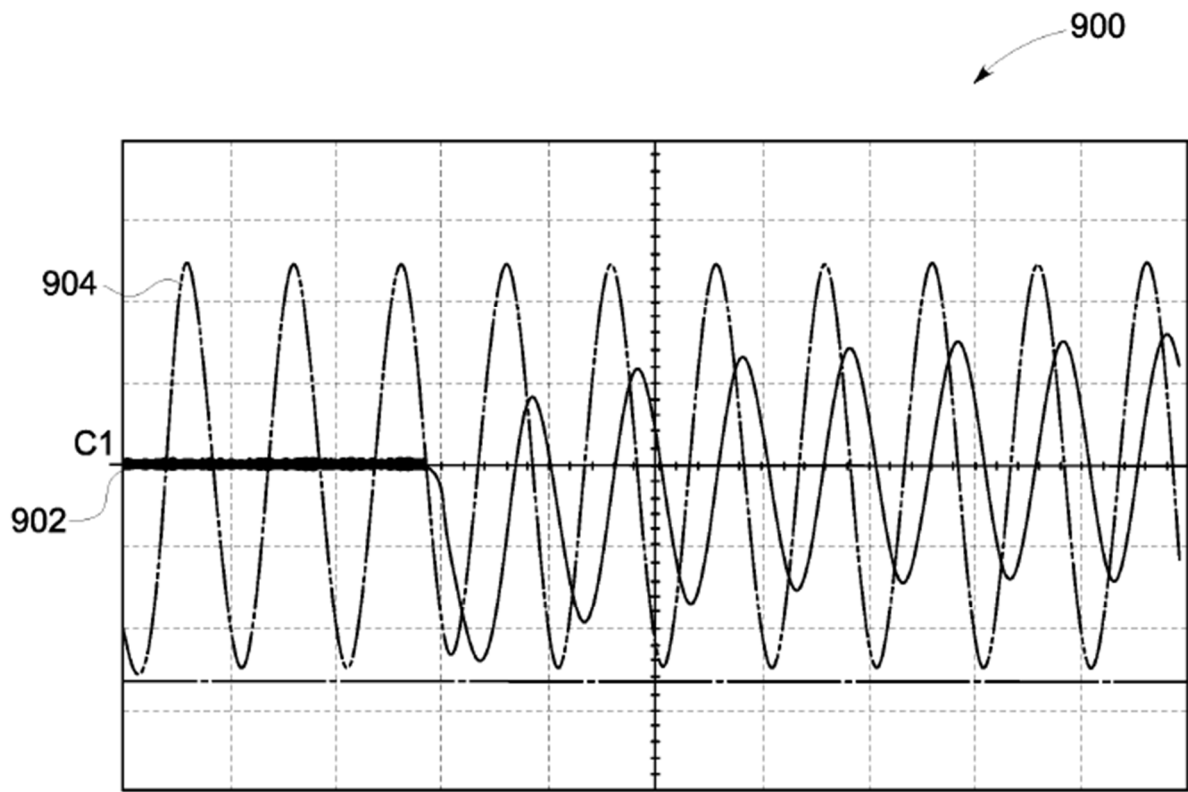


FIG. 7

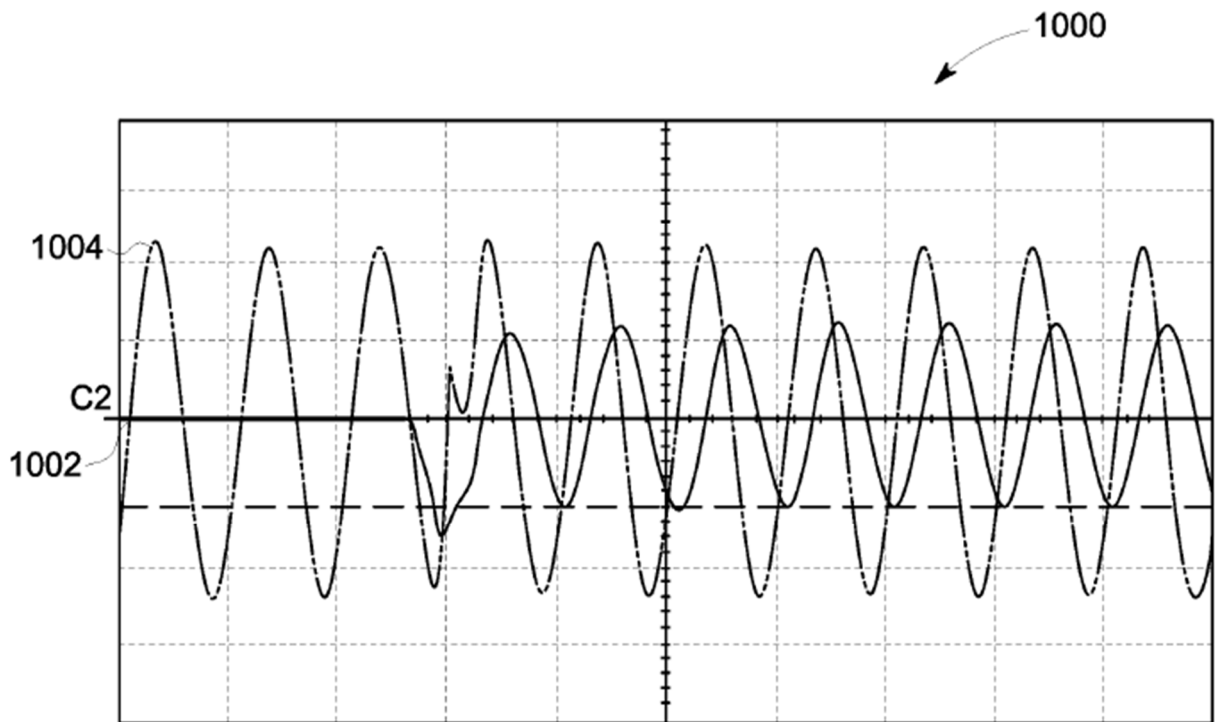


FIG. 8