

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 533 237**

51 Int. Cl.:

H02M 7/487 (2007.01)

H02M 1/32 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.04.2011** **E 11163978 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.02.2015** **EP 2383878**

54 Título: **Sistema y procedimiento de protección de un convertidor multinivel**

30 Prioridad:

30.04.2010 US 770800

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

08.04.2015

73 Titular/es:

GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US

72 Inventor/es:

ROESNER, ROBERT y
SCHROEDER, STEFAN

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 533 237 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

Sistema y procedimiento de protección de un convertidor multinivel

La presente invención se refiere, en general, a un convertidor multinivel con punto neutro bloqueado (NPC) o de diodo bloqueado, y, más específicamente, se refiere a un procedimiento de protección de un convertidor multinivel.

5 Un convertidor multinivel de diodo bloqueado se utiliza generalmente en aplicaciones industriales de alta potencia, tales como los sistemas de accionamiento de velocidad variable (VSD) o en aplicaciones de conversión de energía, tales como los sistemas de generación de energía solar (o fotovoltaica) o eólica. Los convertidores multinivel sintetizan una tensión sinusoidal por medio de varios niveles de tensiones, obtenidos típicamente de fuentes de tensión de condensadores. Un convertidor de tres niveles incluye dos tensiones de condensadores en serie. Cada circuito de fase del convertidor de tres niveles tiene cuatro dispositivos de conmutación en serie y dos diodos para bloquearlo al punto central del condensador.

10 Los dispositivos de conmutación en un convertidor multinivel están sujetos a altos esfuerzos eléctricos y térmicos durante las condiciones de cortocircuito. Por ejemplo, si hay una gran pérdida de energía en el dispositivo de conmutación debido a condiciones de esfuerzos eléctricos o de sobrecorriente, el dispositivo de conmutación se sobrecalienta y puede experimentar una ruptura térmica. Una vez que un dispositivo de conmutación ha sufrido una ruptura o se destruye, sin no hay medidas de protección se puede producir una reacción en cadena y resultar en la destrucción de los otros dispositivos de conmutación dentro del convertidor de puente. Algunas técnicas para la protección del convertidor de puente incluyen el empleo de un circuito amortiguador o un circuito de palanca. Sin embargo, el uso de hardware adicional es una solución costosa y compleja.

20 El documento US 6.369.543, por ejemplo, describe un procedimiento para simetrizar fallos asimétricos en una cadena de tracción que comprende un motor controlado por un convertidor de dos niveles o multinivel.

El documento DE 102 05 963 se refiere al accionamiento de máquinas eléctricas y la conmutación de elementos conductores primero o segundo tras la detección de una condición de fallo.

Por lo tanto, es deseable proporcionar un procedimiento y un sistema que aborde las cuestiones anteriores.

25 En consecuencia, se proporcionan varios aspectos y realizaciones de la presente invención, como se define por las reivindicaciones adjuntas.

Varias características, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor cuando la siguiente descripción detallada se lea con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que los caracteres similares representan partes similares en todos los dibujos, en los que:

30 la figura 1 es un diagrama de circuito de un circuito de fase de un convertidor con punto neutro bloqueado multinivel convencional y una forma de onda de salida;

la figura 2 es un diagrama de circuito de un convertidor con NPC de tres niveles trifásico conectado a una red eléctrica que ilustra los trayectos de corriente en caso de un semiconductor en cortocircuito;

35 la figura 3 es un diagrama de circuito de un convertidor con NPC de tres niveles trifásico conectado a una red eléctrica, que ilustra diferentes trayectorias de corriente cuando está equipado con un circuito de protección, de acuerdo con una realización de la presente invención;

la figura 4 es un diagrama de circuito de un convertidor con NPC de tres niveles monofásico conectado a una fuente de alimentación monofásica con un circuito de protección, de acuerdo con una realización de la presente invención; y

40 la figura 5 es un diagrama de bloques de un circuito de protección de acuerdo con una realización de la presente invención.

Como se explica en detalle a continuación, las realizaciones de la presente invención permiten a un convertidor multinivel convertir una energía de corriente continua (CC) en una energía de corriente alterna (CA) con un esquema de protección. Para un convertidor con Punto Neutro Bloqueado (NPC) de tres niveles, existe un modo de fallo clave cuando falla un dispositivo interno de conmutación (18 o 20 de la figura 1) o un diodo de bloqueo (24 o 26 de la figura 1). Bajo esta condición, la mitad del enlace de CC, V1 o V2 en la figura 1, se carga a la tensión de pico de línea a línea del lado de tensión de la máquina o de la red. Este valor es típicamente más alto que la tensión de bloqueo máxima permitida de los dispositivos de conmutación y de los condensadores. Por lo tanto, esto hará que los dispositivos de conmutación adicionales, en particular los dispositivos de conmutación en los circuitos de fase conectados al mismo bus de CC, fallen después del fallo del dispositivo de conmutación inicial. El esquema de protección de la

presente invención proporciona una lógica de control adecuada para proteger los dispositivos de conmutación en los circuitos de fase conectadas a un mismo bus de CC utilizando los conmutadores semiconductores existentes.

La figura 1 ilustra un esquema 10 de un convertidor de tres niveles con punto neutro bloqueado (NPC) o de diodo bloqueado de un circuito o una fase convencional y su forma de onda de salida 12. Un circuito 14 del convertidor de tres niveles incluye cuatro dispositivos de conmutación 16, 18, 20 y 22 y dos diodos 24 y 26. Las tensiones de entrada V1 y V2 son controladas teniendo cada una tensión igual a $V_{cc} / 2$, en la que V_{cc} es la tensión total del enlace de CC. La tensión V3 es la tensión de salida de la fase A medida con respecto a un punto central 28 del enlace de CC 30. El dispositivo de conmutación 16 es complementario al dispositivo de conmutación 20 de manera que, cuando el dispositivo de conmutación 16 está conduciendo, el dispositivo de conmutación 20 no está conduciendo y viceversa. De la misma manera, los dispositivos de conmutación 18 y 22 son complementarios.

En funcionamiento, cada circuito del convertidor con NPC de tres niveles tiene tres etapas de conmutación. En la primera etapa de conmutación, los dispositivos de conmutación 16 y 18 están conectados y los dispositivos de conmutación 20 y 22 están desconectados. Suponiendo un funcionamiento estable, $V_1 = V_2 = V_{cc} / 2$, y V3 se hace $V_{cc} / 2$. En la segunda etapa de conmutación, los dispositivos de conmutación 18 y 20 están conectados mientras que los dispositivos de conmutación 16 y 22 están desconectados. En esta etapa, V3 es igual a cero. En la tercera etapa de conmutación, los dispositivos de conmutación 16 y 18 están desconectados mientras que los dispositivos de conmutación 20 y 22 están conectados. Esto hace que V3 se convierta en $-V_{cc} / 2$ como se muestra en una forma de onda 12. De esta manera se puede ver, que la tensión de fase V3 tiene tres niveles $V_{cc} / 2$, $-V_{dc} / 2$ y 0. Cuando se combinan los tres circuitos del convertidor con NPC trifásico, entonces la línea resultante de las tensiones de línea tiene cinco niveles, es decir, V_{cc} , $V_{cc} / 2$, 0, $-V_{dc} / 2$ y $-V_{dc}$. El convertidor de tres niveles 14 de la figura 1, puede ser incrementado a cualquier nivel en función de la topología del circuito y del número de dispositivos de conmutación y de diodos en el circuito. A medida que aumenta el número de niveles en el convertidor, la forma de onda de salida del convertidor se aproxima a una onda sinusoidal pura, lo que resulta en armónicos inferiores en la tensión de salida.

La figura 2 ilustra un diagrama de circuito 40 de un convertidor con NPC de tres niveles trifásico 42 conectado a una red de energía 60. El convertidor con NPC 42 incluye un enlace de CC dividido con un condensador superior 44 y un condensador inferior 46 y tres circuitos, cada uno asociada con una fase diferente. Como se ha descrito más arriba, cada fase del convertidor 42 incluye dos dispositivos de conmutación externos y dos dispositivos de conmutación internos por ejemplo, los dispositivos de conmutación externos 48 y 54 y los dispositivos de conmutación internos 50 y 52 para la fase C; los dispositivos de conmutación externos 148 y 154 y los dispositivos de conmutación internos 150 y 152 para la fase B, y los dispositivos de conmutación externos 248 y 254 y los dispositivos de conmutación internos 250 y 252 para la fase A, respectivamente. Además, cada circuito comprende dos diodos de bloqueo 56, 58 para la fase C; 156, 158 para la fase B, y 256 y 258 para la fase A. El convertidor con NPC 42 está conectado a la red eléctrica 60. En una realización, el convertidor con NPC 42 puede estar conectado a la red 60 a través de transformadores o impedancias de red 70, 72, y 74. En otra realización, en lugar de estar conectado a una red eléctrica, el convertidor con NPC puede estar conectado a una carga (no mostrada) tal como un motor eléctrico o un generador eléctrico.

Durante el funcionamiento normal, el convertidor con NPC 42 convierte la energía de entrada de CC en energía de salida de CA y la transfiere a la red o a la carga. En una realización, la energía de entrada de CC al convertidor con NPC puede ser suministrada por una fuente de energía (no mostrada) tal como una célula fotovoltaica, una pila de combustible, o una fuente de batería. Los condensadores 44 y 46 a continuación son cargados a las tensiones V1, V2, respectivamente, iguales a $V_{cc} / 2$, en el que V_{cc} es la tensión de enlace de CC nominal.

En una realización, el convertidor con NPC 42 también puede funcionar como un rectificador activo para convertir la energía de CA en energía de CC. En otra realización, se utiliza una conexión recíproca de dos convertidores con NPC con un bus de CC común. En esta realización, el primer convertidor con NPC convertirá la energía de CA para energizar el bus común de CC y el segundo convertidor con NPC convertirá la energía de CC a CA. Esta realización se utiliza para convertir la energía de CA con una cierta tensión y frecuencia a una segunda energía de CA con diferente tensión y / o frecuencia. Una posible aplicación sería convertir la energía de CA desde una fuente de energía de velocidad variable (por ejemplo, una turbina eólica o una pequeña central hidroeléctrica) para su uso por una red de energía de CA de frecuencia fija.

La figura 2 muestra, además, una condición de fallo en el convertidor 42, en la que el dispositivo de conmutación interno 50 de la fase C falla en cortocircuito (representado por el número de referencia 62). La condición puede ocurrir como resultado de acontecimientos tales como, por ejemplo, la ruptura térmica del dispositivo de conmutación interno 50, la tensión de ruptura del dispositivo de conmutación interno 50, fallos debidos a los rayos cósmicos, y fallos debidos a la fragilidad de la fabricación del dispositivo de conmutación. Cuando se detecta la avería del dispositivo de conmutación 50, los impulsos de conmutación de los dispositivos de conmutación restantes se bloquean, es decir, los dispositivos de conmutación restantes son desconectados. Sin embargo, debido a la presencia de una red eléctrica 60, los diodos de funcionamiento libre 149, 151 y 249, 251 de los dispositivos de conmutación superiores mantienen la conducción. Las corrientes de fase A y fase B entran en el condensador superior 44 a través de diodos

de funcionamiento libre 149, 151, y 249, 251, respectivamente, y la corriente de salida desde el condensador superior 44 entra en la fase C a través del diodo bloqueado 56 y del dispositivo de conmutación en cortocircuito 50. Por lo tanto, el condensador superior 44 se carga a la tensión de pico de línea a línea del lado de la red o a la tensión del lado de la máquina a través de los circuitos de corriente trifásica 64, 66, y 68. El pico de tensión de línea a línea puede alcanzar hasta el doble de la tensión de funcionamiento nominal del condensador superior 44 ($V_{cc} / 2$), que es superior a la tensión de bloqueo máxima permitida de los dispositivos de conmutación y de los condensadores utilizados en el convertidor con NPC. Puesto que las tensiones observadas de los dispositivos de conmutación restantes son más altas que su tensión de bloqueo, estas condiciones producen condiciones de sobretensión y el fallo de otros dispositivos de conmutación en todos los circuitos de fase conectados a un bus de CC común (es decir, no sólo en el circuito de fase que tiene el conmutador interno fallido).

La figura 3 muestra un convertidor con NPC de tres niveles trifásico 78 con un circuito de protección de puente 80 de acuerdo con una realización de la presente invención. Se debe hacer notar que a pesar de que el circuito de protección se explica con respecto a un convertidor trifásico, puede ser usado adicionalmente para diferentes tipos de convertidores incluyendo un ejemplo un convertidor monofásico. En funcionamiento, el circuito detecta fallos de los dispositivos de conmutación internos 50, 52, 150, 152, 250, 252 y de los diodos de bloqueo 56, 58, 156, 158, 256 y 258. Tras la detección de un fallo de uno de los dispositivos o de los diodos de bloqueo, el circuito envía una señal de disparo al dispositivo de conmutación externo adyacente respectivo para disponer ese dispositivo en CONEXIÓN y una señal de disparo a los restantes dispositivos de conmutación internos y externos del convertidor con NPC para disponer los dispositivos de conmutación en DESCONEJACIÓN. Por ejemplo, si el circuito detecta que el dispositivo de conmutación interno 50 o un diodo de bloqueo 56 falla en cortocircuito, entonces envía una señal de disparo para disponer el dispositivo de conmutación externo adyacente 48 a CONEXIÓN y las señales de disparo para disponer los restantes dispositivos de conmutación 52, 54, 148, 150, 152, 154, 248, 250, 252, y 254 en DESCONEJACIÓN. Se debe hacer notar que los dispositivos de conmutación descritos en la presente memoria descriptiva pueden comprender dispositivos tales como IGBT, IGCT, MCT, MTO, y MOSFET, por ejemplo. Tales dispositivos pueden ser fabricados de cualquier material semiconductor adecuado siendo el silicio y el carburo de silicio dos ejemplos no limitantes.

En una realización, el circuito de protección de puente 80 puede usar otras medidas y señales lógicas además de las descritas más arriba para detectar el modo de fallo y determinar una estrategia de protección. A modo de ejemplo, otras medidas pueden incluir medidas de corriente de fase, medidas de tensión de fase, y medidas de tensión del bus de CC.

La conmutación anterior de los dispositivos de conmutación produce como resultado que los terminales de la red de energía o los terminales de carga son cortocircuitados a través de las impedancias de red 70, 72, 74, diodos de funcionamiento libre 149, 151 de la fase B, y 249, 251 de la fase C, dispositivo de conmutación externo 48 y dispositivo de conmutación interno cortocircuitado 50. Como se puede ver en la figura. 3, las nuevas corrientes de fase 82, 84 y 86 no pasan a través del condensador superior 44 y por lo tanto no lo cargan. Por lo tanto, el condensador superior 44 no quede cargado a una tensión superior a su valor nominal es decir, $V_{cc} / 2$. Esta operación de control impide el fallo de los circuitos de fase conectados al mismo bus de CC (que no sea el circuito de fase fallido) debido a la sobretensión. Por ejemplo, con respecto a la figura 3, la fase A y la fase B estarían protegidas en caso de fallo de la fase C. Se debe hacer notar que el dispositivo de conmutación interno fallido 50 y el dispositivo de conmutación externo adyacente 48 llevarán corriente de cortocircuito I_{sc} , mientras que los otros dispositivos de conmutación 148, 150, 248 y 250 llevarán sólo la mitad de la corriente de cortocircuito es decir, $I_{sc} / 2$. El valor de la corriente de cortocircuito depende de las impedancias de red 70, 72 y 74. En ciertas realizaciones, la corriente de cortocircuito I_{sc} puede ser mayor que las clasificaciones de corriente nominal de los dispositivos de conmutación. Puesto que el dispositivo de conmutación adyacente 48 transporta la corriente I_{sc} , el dispositivo de conmutación adyacente 48 puede fallar debido a las condiciones de sobrecorriente o sobrecalentamiento. Sin embargo, los circuitos de fase (comprendiendo cada uno de ellos cuatro dispositivos de conmutación y dos diodos) del convertidor con NPC están generalmente empaquetados como una única unidad de tal manera que si falla uno cualquiera de los cuatro dispositivos de conmutación o de los dos diodos en la unidad, la unidad completa es sustituida. Por lo tanto, incluso si el dispositivo de conmutación 48 falla con posterioridad al fallo del dispositivo de conmutación 50, este fallo no dará lugar a ningún aumento de coste. De este modo, evitar la sobrecarga del condensador superior 44 produce la protección de los dispositivos de conmutación en los circuitos de fase restantes.

La figura 4 muestra un convertidor con NPC de tres nivel monofásico 200 con un circuito de protección de puente 202 de acuerdo con una realización de la presente invención. El convertidor con NPC 200 incluye dos circuitos de fase que comprenden dispositivos de conmutación externos 210, 216 para el circuito izquierdo y 222, 236 para el circuito derecha y dispositivos de conmutación internos 212, 214 para el circuito izquierda y 228, 232 para el circuito derecho. El convertidor con NPC 200 incluye además dos diodos de bloqueo para cada circuito 218, 220 para el circuito izquierdo y 224, 234 para el circuito derecho. Durante el funcionamiento normal, una fuente de tensión monofásica 204 carga los condensadores de enlace de CC 206 y 208 por igual. Sin embargo, cuando un componente interno, tal como un dispositivo de conmutación interno 212 falla en cortocircuito (representado por el número de referencia 205), en ausencia del circuito de protección 202, el condensador 206 se carga a tensión de pico de co-

riente alterna (CA) monofásica. Puesto que la tensión de pico de CA monofásica es típicamente más alta que la tensión de bloqueo máxima permitida de los dispositivos de conmutación utilizados en el convertidor con NPC, el fallo de estos dispositivos de conmutación pueden producirse debido a la sobretensión.

5 Cuando el circuito de protección de puente 202 detecta el fallo de un componente interno es decir, el dispositivo de conmutación interno o el diodo de bloqueo, proporciona una señal de disparo para disponer en CONEXIÓN un dispositivo de conmutación externo adyacente y dispone en DESCONEXIÓN la señal de disparo de los dispositivos de conmutación restantes. Así, en el presente caso, el circuito de protección de puente 202 la señal de disparo dispone en CONEXIÓN el dispositivo de conmutación 210 y la señal de disparo dispone en DESCONEXIÓN los dispositivos de conmutación restantes 214, 216, 222, 228, 232 y 236. Esta condición cortocircuita la fuente de tensión monofásica 204 y la corriente de cortocircuito circula a través de las impedancias de fase 238, 240, diodos de funcionamiento libre 226, 230 y dispositivos de conmutación 210 y 212. Por lo tanto, el condensador superior 206 no se carga a una tensión superior a su tensión nominal.

15 La figura 5 muestra un circuito de protección de puente 100 de acuerdo con una realización de la presente invención. Las entradas del circuito pueden incluir medidas de corriente de fase 101, medidas de tensión de fase 105, medidas de tensión de enlace de CC 103 y señales de retroalimentación de diversos circuitos de accionamiento de disparo que se utilizan para diversos dispositivos de conmutación. El circuito 100 incluye un circuito de detección de fallo de un componente interno 102, un circuito de determinación de dispositivo de conmutación externo 104 y un circuito de generación de señal de disparo 106. Se debe hacer notar que a pesar de que diversos componentes del circuito de protección de puente 100 se muestran como circuitos, también pueden ser parte de un programa de procesamiento o un algoritmo. En una realización, el circuito 100 es parte del circuito de procesamiento existente del convertidor con NPC que se utiliza durante condiciones normales.

25 El circuito de detección de fallo de componente interno 102 genera una señal cuando uno de los componentes internos tal como un dispositivo de conmutación interno o un diodo de bloqueo falla en cortocircuito. Por ejemplo si el dispositivo de conmutación 50 de la figura 3 falla en cortocircuito, el circuito 102 genera una señal indicativa de su fallo y pasa la señal a un circuito de determinación 104 del dispositivo de conmutación externo. El circuito 104 determina entonces cual dispositivo externo de conmutación es adyacente al dispositivo de conmutación interno fallido. En una realización, en lugar del circuito de determinación 104 de dispositivo conmutación externo, un software puede ser programado para almacenar un dispositivo de conmutación externo adyacente para cada uno de los dispositivos de conmutación internos y los diodos de bloqueo. En el presente ejemplo, el circuito 104 determina que el dispositivo de conmutación 48 es el dispositivo de conmutación externo adyacente al dispositivo de conmutación fallido 50 y a continuación transmite esta información para conmutar el circuito 106 de generación de señal de disparo. El circuito de generación de señal de disparo a continuación, proporciona las señales de CONEXIÓN al dispositivo de conmutación externo adyacente 50 y las señales de DESCONEXIÓN a los dispositivos de conmutación restantes 52, 54, 148, 150, 152, 154, 248, 250, 252, y 254.

35 Una de las ventajas del esquema propuesto es que evita que todo el puente de convertidor con NPC falle cuando uno de los dispositivos de conmutación internos o diodos de bloqueo ha fallado sin necesidad de hardware adicional.

REIVINDICACIONES

1. Un convertidor (78) con punto neutro bloqueado (NPC) de tres niveles que comprende:
 - 5 una pluralidad de circuitos de fase, teniendo cada uno al menos dos dispositivos de conmutación internos (50,52), al menos dos dispositivos de conmutación externos (48,54) y al menos dos diodos de bloqueo (56,58); y **que se caracteriza por:**
 - un circuito de protección (80) que comprende
 - un circuito de detección de fallo de componentes internos (102) para detectar una condición de fallo en cualquiera de los dispositivos de conmutación internos (50) o diodos de bloqueo,
 - 10 un circuito de generación de señal de disparo (106) configurado para generar una señal de CONEXIÓN para conectar un dispositivo de conmutación externo respectivo (48) que es adyacente al dispositivo de conmutación interno fallido (50) o al diodo de bloqueo fallido, y
 - en el que, tras la detección de la condición de fallo, el circuito de generación de señal de disparo (106) está configurado además para generar señales de DESCONEJÓN para desconectar todos los dispositivos de conmutación restantes en el convertidor con NPC de tres niveles.
- 15 2. El convertidor con NPC de tres niveles (78) de la reivindicación 1, en el que el convertidor de tres niveles comprende un convertidor de tres niveles monofásico.
3. El convertidor con NPC de tres niveles (78) de la reivindicación 1, en el que el convertidor de tres niveles comprende un convertidor de tres niveles trifásico.
- 20 4. El convertidor con NPC de tres niveles (78) de cualquier reivindicación precedente, en el que los dispositivos de conmutación internos y externos (48, 50, 52, 54) son seleccionados del grupo que consiste en IGBT, IGCT, MCT, MTO, y MOSFET.
5. Un procedimiento de protección de un convertidor de energía de tres niveles (78) que comprende condensadores de enlace de CC y circuitos de fase incluyendo dispositivos de conmutación y conectados a una red de energía, comprendiendo el procedimiento:
 - 25 bloquear la carga de al menos un condensador de enlace de CC (206, 208) cortocircuitando la red de energía por medio de impedancias de la red y desconectando al menos algunos de los dispositivos de conmutación; **que se caracteriza porque:**
 - el bloqueo comprende disponer en CONEXIÓN un dispositivo de conmutación externo adyacente (48,54) a un componente interno fallido del convertidor de tres niveles (78); y
 - 30 en el que desconectar al menos algunos de los dispositivos de conmutación comprende disponer en DESCONEJÓN todos los dispositivos de conmutación restantes en el convertidor de tres niveles (78).
6. El procedimiento de la reivindicación 5, en el que el convertidor de tres niveles (78) comprende un convertidor de tres niveles monofásico.
- 35 7. El procedimiento de la reivindicación 5, en el que el convertidor de tres niveles (78) comprende un convertidor de tres niveles trifásico.

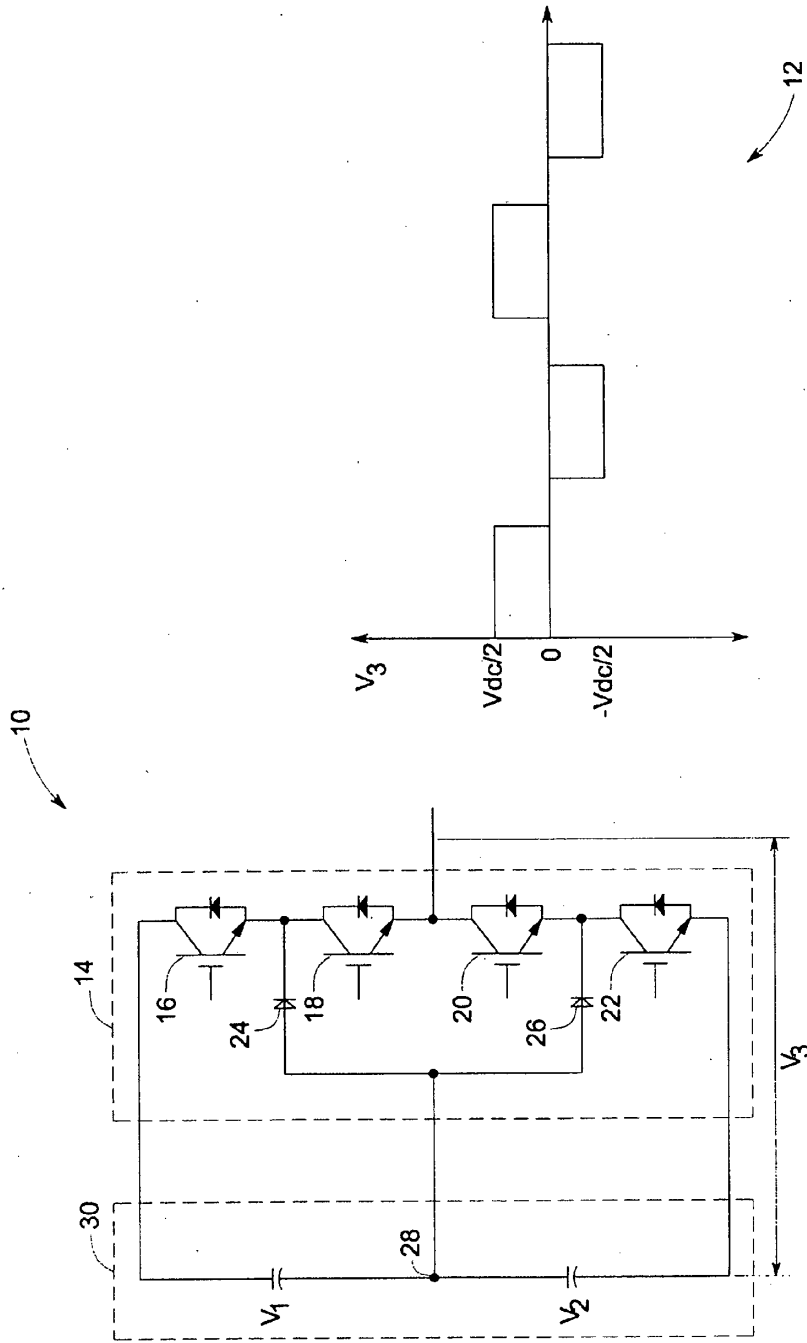


FIG. 1

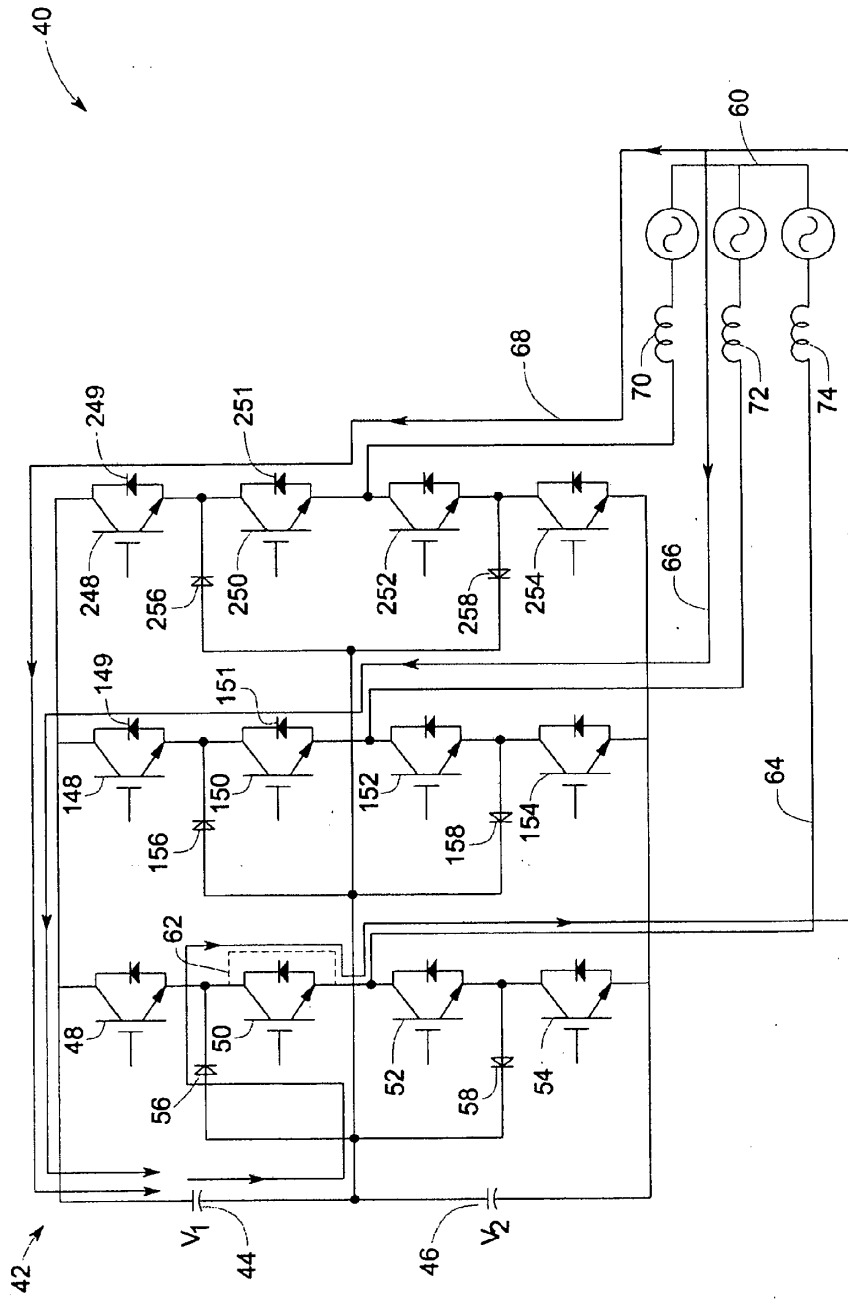


FIG. 2

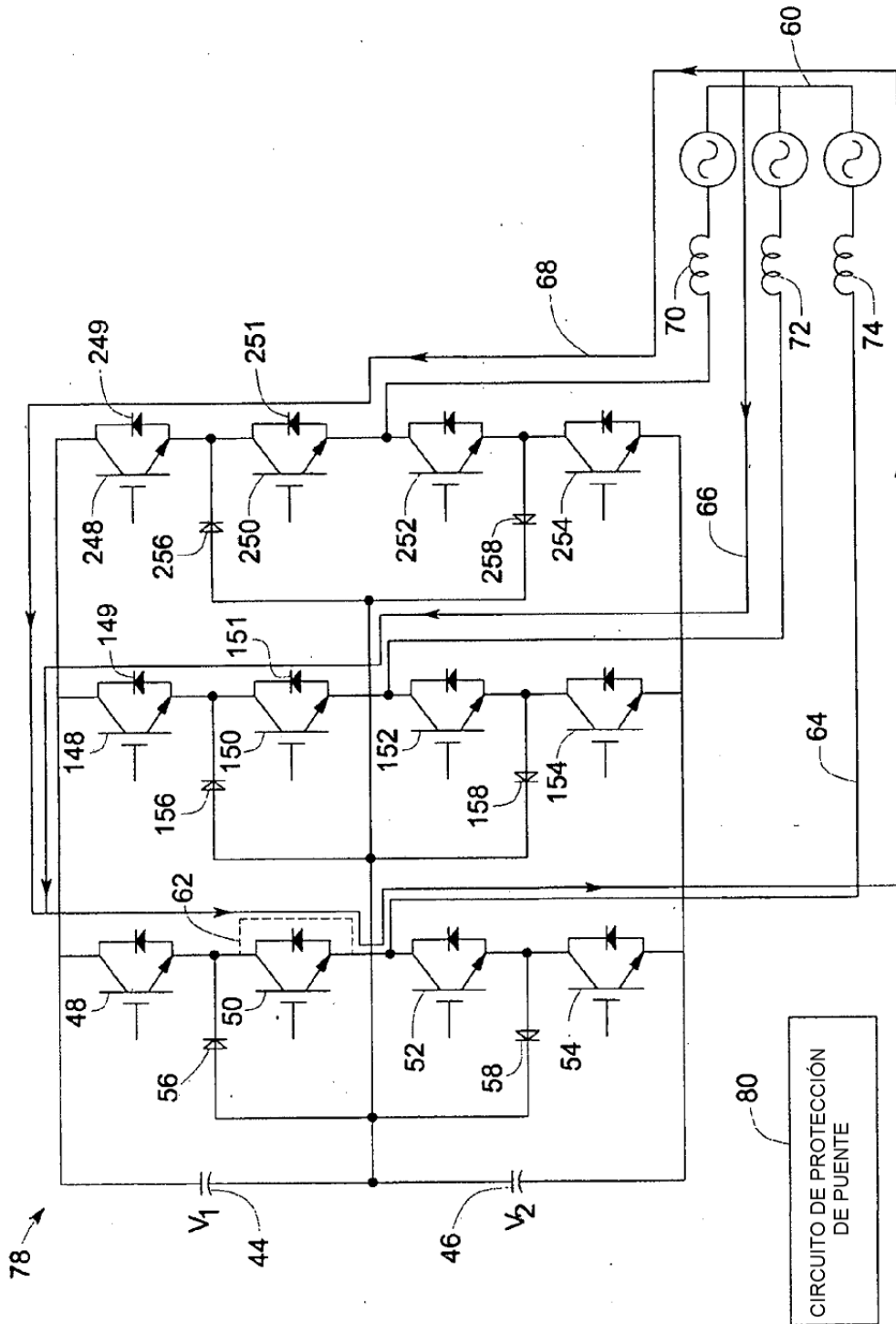


FIG. 3

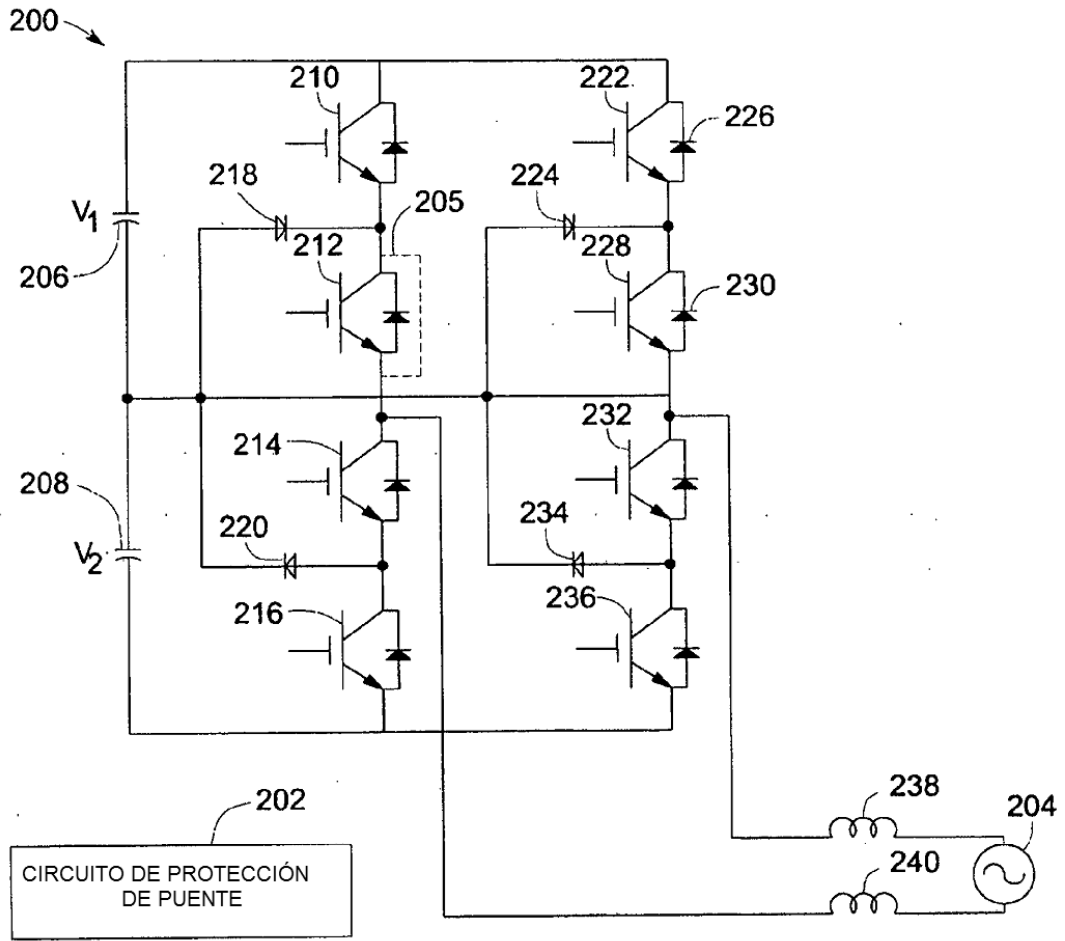


FIG. 4

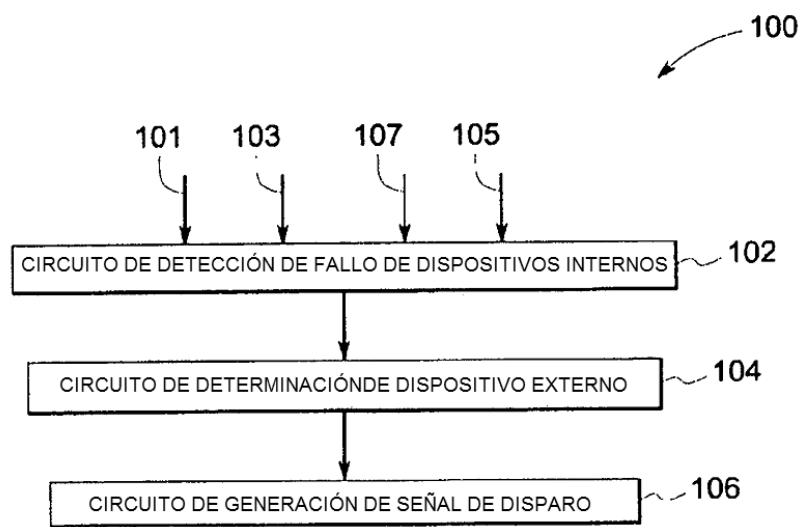


FIG. 5