

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 975 772**

51 Int. Cl.:

H02J 5/00	(2006.01) B60L 53/50	(2009.01)
H02J 3/18	(2006.01) B60L 53/52	(2009.01)
H02M 7/06	(2006.01) H02J 7/00	(2006.01)
B60L 50/40	(2009.01) H02M 5/458	(2006.01)
B60L 53/14	(2009.01) H02J 7/04	(2006.01)
B60L 53/22	(2009.01) B63H 21/17	(2006.01)
B60L 53/53	(2009.01)	
B60L 53/55	(2009.01)	
B60L 53/56	(2009.01)	
B60L 53/63	(2009.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.04.2018 PCT/EP2018/060389**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **08.11.2018 WO18202462**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.04.2018 E 18723728 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.01.2024 EP 3619787**

54 Título: **Sistema y método de carga eléctrica**

30 Prioridad:

05.05.2017 EP 17169651
25.10.2017 GB 201717550

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.07.2024

73 Titular/es:

SIEMENS ENERGY AS (100.0%)
Oestre Aker Vei 88
0596 Oslo, NO

72 Inventor/es:

HAUGAN, ESPEN y
TORGENSEN, HAAKON

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 975 772 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 método de carga eléctrica

5 La presente invención se refiere a un sistema y un método de carga eléctrica, en particular para un buque, como un transbordador eléctrico, o para un vehículo, o una aeronave.

10 Los transbordadores eléctricos pueden funcionar únicamente con baterías a bordo para alimentar el buque, o con un híbrido de generadores de diésel y baterías. En cualquiera de los dos casos, las baterías necesitan cargarse desde un suministro en tierra cuando están atracadas. En algunos lugares, la red eléctrica en tierra no es lo suficientemente robusta como para soportar el requisito de alta corriente para cargar las baterías en el buque directamente, por lo que se proporciona un sistema intermedio de almacenamiento de energía en tierra, que puede cargar más lentamente desde la red eléctrica en tierra local y ser capaz de proporcionar carga de alta corriente al buque, mientras que el buque está atracado. Incluso la carga del sistema de almacenamiento de energía en tierra puede causar problemas con la red local, que es necesario solucionar.

15 KR101102313 describe un aparato para suministrar corriente que tiene una diferencia de tensión minimizada entre aparatos rectificadores para minimizar la desviación de la tensión rectificando la salida de un segundo convertidor y minimizando la desviación de la tensión de salida rectificada.

20 US6118676 describe un sistema y un método para proporcionar una corrección dinámica de la caída de tensión en las líneas de alimentación.

25 EP2072393 describe un sistema eléctrico para una instalación flotante, en particular un buque de alta mar, con alimentación combinada del transformador para puesta a tierra por resistencia y premagnetización del transformador.

30 De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, un sistema de carga eléctrica de buque, vehículo o estructura del avión, el sistema que comprende uno o más módulos de almacenamiento de energía en el buque, vehículo o estructura del avión; un rectificador de impulsos; un convertidor; y un transformador de control de tensión; en el que el uno o más módulos de almacenamiento de energía están conectados a las salidas del rectificador de impulsos; caracterizado en que el transformador de control de tensión está conectado a las entradas del rectificador de impulsos; donde el transformador de control de tensión comprende un transformador en serie que tiene una pluralidad de pares de devanados de transformador, conectados juntos en serie, un devanado de cada par está adaptado para ser conectado entre el rectificador de impulsos y una entrada de una fuente de energía; donde la entrada de la fuente de energía comprende conexiones a un suministro trifásico de CA y el otro devanado de cada par está conectado al convertidor; donde un controlador de red a bordo que comprende un convertidor de red a bordo y un transformador de premagnetización en el buque, vehículo o estructura del avión proporciona una fuente de tensión para evitar la corriente de irrupción al conectar el módulo de almacenamiento de energía a bordo a la fuente de energía.

40 El convertidor puede comprender un convertidor controlado de CA a CC.

El convertidor puede comprender además un chopper entre la salida del convertidor de CA a CC y un bus de CC.

45 Los módulos de almacenamiento de energía pueden comprender una batería o un banco de condensadores.

50 Un sistema de carga eléctrica para un buque, vehículo o estructura del avión comprende uno o más módulos de almacenamiento de energía en el buque, vehículo o estructura del avión; un transformador que comprende inductancias primaria y secundaria y un rectificador de impulsos. Los uno o más módulos de almacenamiento de energía están conectados a las inductancias secundarias. Un transformador de control de tensión está conectado a las inductancias primarias y a un convertidor. El transformador de control de tensión está formado por un transformador en serie que comprende una pluralidad de pares de devanados de transformador, conectados entre sí en serie; un devanado de cada par está adaptado para conectarse entre una de las inductancias primarias y una entrada procedente de una fuente de energía; el otro devanado está conectado al convertidor.

55 El sistema regula directamente la tensión alterna para evitar la generación de potencia reactiva, permitiendo así que el sistema de almacenamiento de energía se cargue en previsión de la llegada del siguiente dispositivo eléctrico para su recarga.

60 El convertidor puede comprender un convertidor de DC a AC.

El convertidor puede comprender además un convertidor de AC a DC, o un rectificador de diodos en serie con el convertidor de DC a AC.

65 El sistema puede comprender además tomas de las entradas de la fuente de energía al convertidor de AC a DC.

Puede conectarse un transformador entre el convertidor de AC a DC y las tomas a la entrada de la fuente de energía.

El sistema puede comprender además un detector de corriente para detectar la corriente que fluye hacia o desde los módulos de almacenamiento de energía en el buque, vehículo o avión.

5 El sistema puede comprender además al menos uno de los detectores de corriente o tensión para proporcionar una indicación de la corriente o la tensión en la conexión a la fuente de energía.

10 La fuente de alimentación, en particular, la fuente de alimentación multifásica, puede comprender una fuente de alimentación del buque y la estación de carga remota puede comprender una estación de carga en tierra. Otra posibilidad es integrar la estación de carga en el buque y conectarla directamente a la red de corriente alterna como fuente de energía.

Uno o varios módulos de almacenamiento de energía pueden estar conectados al convertidor.

15 La estación de carga puede incluir además un conector que se puede acoplar de forma desmontable a un buque, vehículo o avión para conectar eléctricamente los módulos de almacenamiento de energía de la estación de carga a los módulos de almacenamiento de energía a bordo del buque, vehículo o avión para cargar el módulo de almacenamiento a bordo.

20 Un controlador de red de a bordo, que puede comprender un convertidor de red de a bordo y un transformador de premagnetización, en el buque, el vehículo o el avión proporciona una fuente de tensión para evitar la corriente de irrupción al conectar el módulo de almacenamiento de energía de a bordo a la fuente de energía.

25 De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, un buque, vehículo o avión, comprende un sistema según el primer aspecto; y al menos un consumidor a bordo del buque, vehículo o avión, conectado a los módulos de almacenamiento de energía.

30 De acuerdo con un tercer aspecto de la presente invención, un método de carga de un sistema según el primer aspecto o de carga de un buque, vehículo o avión según el segundo aspecto, comprende iniciar una conexión a un suministro de CA para cargar un sistema de almacenamiento de energía de un buque, vehículo o avión cerrando una conexión del suministro de CA y regulando la potencia del suministro de CA a un transformador rectificador mediante un convertidor de CC a CA y un transformador de control de tensión.

35 El transformador de control de tensión está conectado entre el transformador rectificador y la alimentación de AC. La conexión de la alimentación de AC puede estar en una estación de carga. La estación de carga puede comprender el convertidor de CC a CA y el transformador de control de tensión y un convertidor de CA a CC, o un rectificador de diodos.

40 El método puede comprender además la sincronización de las tensiones a la salida del transformador de control de tensión y a la entrada del transformador rectificador antes de cerrar un disyuntor para conectar uno con otro. El método puede comprender además la conexión de una fuente de tensión a un lado secundario del transformador rectificador hasta que se cierre el disyuntor para conectar el transformador de control de tensión y el transformador rectificador. El método puede comprender además la rampa de tensión del convertidor de CC a CA para aumentar la tensión del transformador rectificador.

45 A continuación se describirá un ejemplo de sistema de carga eléctrica conforme a la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

50 La Figura 1 ilustra un ejemplo de uso para un sistema de carga eléctrica de acuerdo con la invención;
La Figura 2 ilustra un sistema de carga convencional para un buque;
La Figura 3 ilustra un primer ejemplo de un sistema de carga eléctrica que no es conforme a la invención y se presenta únicamente para fines ilustrativos;
La Figura 4 ilustra un segundo ejemplo de un sistema de carga eléctrica que no es conforme a la invención y que se presenta únicamente para fines ilustrativos;
La Figura 5 ilustra un sistema de carga eléctrica conforme a la invención;
Las Figuras 6a, 6b y 6c esbozan los flujos de potencia y reactancia para cada uno de un sistema de carga convencional y dos ejemplos de la presente invención;
55 La Figura 7 ilustra el flujo de potencia regulado con vectores de tensión; y,
La Figura 8 es un diagrama de flujo que ilustra un método de control de la carga de una fuente de alimentación eléctrica de un buque conforme a la presente invención;
La Figura 9 ilustra un sistema de doble convertidor en el que puede aplicarse la presente invención;
La Figura 10 ilustra un cuarto ejemplo de un sistema de carga de energía eléctrica conforme a la presente invención para su uso con el sistema de la Figura 9;
60 La Figura 11 ilustra un quinto ejemplo de un sistema de carga eléctrica que no es conforme a la invención y que se presenta únicamente para fines ilustrativos; y
La figura 12 ilustra un ejemplo no conforme a la invención y que se presenta únicamente para fines ilustrativos para su uso en sistemas de baja tensión.

65 Existen diferentes usuarios finales de energía eléctrica que pueden necesitar recargarse al final de un viaje, como buques,

aviones o vehículos. Los ejemplos expuestos en la presente se refieren a buques, pero la invención no se limita a estos y es igualmente aplicable a aviones de propulsión eléctrica o a vehículos de propulsión eléctrica.

En la figura 1 se muestra una situación típica de un buque propulsado eléctricamente con energía almacenada. Un buque, por ejemplo un transbordador 1, que circula entre puertos con estaciones de recarga A, B en cada puerto, se carga en una estación de recarga A, antes de emprender el viaje. En la estación B el buque se recarga, luego regresa a su punto de partida y se recarga de nuevo en la estación A. En el caso de un buque en un viaje de varias etapas, puede haber varios puertos más, cada uno con su propia estación de recarga, que se visitan antes de regresar a su puerto de origen. Al atracar en cada puerto, el transbordador se conecta a un suministro, normalmente una toma de CA en tierra, para cargar las baterías y prepararse para el siguiente viaje. En ubicaciones remotas, este suministro de CA en tierra puede no ser suficiente para permitir la conexión directa y la carga de alta corriente necesarias para cargar en un plazo relativamente corto antes de que el transbordador deba partir de nuevo, por lo que puede proporcionarse un sistema remoto de almacenamiento de energía. En los ejemplos dados, el sistema de almacenamiento de energía remoto es un sistema de almacenamiento de energía basado en tierra, que se carga de la red eléctrica de CA más lentamente, y luego tiene energía almacenada disponible para proporcionar al buque cuando éste se conecta a la estación de carga remota. Otra posibilidad es que el sistema de almacenamiento de energía remoto se encuentre en una plataforma en alta mar, por ejemplo formando parte de un parque eólico, o de un sistema de generación de energía mareomotriz, o utilizando gas residual o calor de un proceso de producción.

En el caso del sistema de carga en tierra, el tiempo disponible para cargar el buque puede estar limitado por el tiempo necesario para descargar y cargar el buque antes de que vuelva a zarpar, que puede ser de tan sólo unos minutos en el caso de los transbordadores locales que cruzan tramos cortos de agua, aunque más largo en el caso de los buques más grandes y de larga distancia. Aunque los barcos eléctricos, o híbridos, son todavía relativamente escasos, se espera que su número aumente y, en el futuro, es posible que los sistemas de recarga en tierra tengan que ser compartidos por varios buques, lo que aumentará la demanda. Esto aumenta la carga de la red local, por lo que es aún más importante no perturbarla indebidamente durante la carga. Abordar la demanda de carga del buque mejorando la red supondría un coste significativo para el operador de la red, por lo que es conveniente abordar el problema de otra manera. Los sistemas existentes de carga en puerto y de almacenamiento de energía pueden seguir causando problemas a la red local durante la carga porque estos sistemas suelen utilizar un rectificador de conmutación de puente controlado, como un rectificador tiristor de seis pulsos, u otros múltiplos del mismo, transformando el 100 % de la energía a través del convertidor, lo que da lugar a la producción de potencia reactiva, debido al desfase aplicado por el rectificador.

El principio básico se ilustra en la figura 6a. La potencia P_{red} de la red 5 es transformada por un transformador 11 en una estación de carga 10 a la que se conecta el buque 1 a través del conector 12, de modo que la potencia $P_{transbordador}$ está disponible para el buque. La potencia reactiva Q_{red} y la potencia reactiva $Q_{transbordador}$ se producen al cargar, ciclando a la frecuencia de la red, normalmente 50 Hz. En un ejemplo más complejo, ilustrado en la figura 6b, en el que se proporciona un sistema de carga en tierra 10 que incluye almacenamiento de energía, la potencia P_{red} de la red se transforma en el transformador 11 de la estación de carga y cuando hay un transbordador conectado en el conector 12 para la recarga, esa potencia P_{pico} se pasa directamente al transbordador. Además, puede suministrarse energía $P_{refuerzo}$ al transbordador, ya que este ejemplo incluye un sistema de almacenamiento de energía. La potencia de carga, P_L se alimenta al sistema de almacenamiento de energía cuando no hay conexión directa para cargar el buque. Esta potencia recibida P_L pasa a través de otro transformador 15 y un convertidor 14 que actúa como inversor para este fin y se almacena en el sistema de almacenamiento de energía, ilustrado aquí como una batería 13. Pueden utilizarse otros tipos de almacenamiento de energía, como un banco de condensadores, un almacenamiento con volantes o un almacenamiento químico. Así, la potencia pico P_{pico} procedente de la red, junto con la potencia de refuerzo $P_{refuerzo}$ procedente del sistema de almacenamiento de energía, puede suministrarse desde la estación de carga 10 al transbordador 1, con la ayuda del sistema de almacenamiento de energía en tierra 13, 14, 15. La potencia reactiva generada en la red de tierra Q_{red} y la potencia reactiva producida en la red del buque $Q_{transbordador}$ se compensan mediante la potencia reactiva que se devuelve a dichas redes desde el sistema de almacenamiento de energía de la estación de carga 10.

La figura 6c muestra cómo el control de la carga en la estación de carga 10 evita la potencia reactiva en la red del buque 1. Como en la figura 6b, la potencia P_{red} de la red se transforma en el transformador 11 de la estación de carga y cuando hay un transbordador conectado para la recarga, esa potencia P_{pico} se pasa al transbordador directamente a través del conector 12. Además, puede suministrarse potencia $P_{refuerzo}$ al transbordador desde el sistema de almacenamiento de energía 13. La potencia de carga, P_L carga el sistema de almacenamiento de energía cuando no hay conexión directa para cargar un buque. La potencia P_L pasa a través del convertidor 14, que funciona como inversor en este caso, a la batería 13 y también puede almacenarse a través de otro transformador 17 en la estación de carga 10 y el inversor 16 y almacenarse en la batería 11. Así, la potencia pico P_{pico} de la red, junto con la potencia de refuerzo $P_{refuerzo}$ del sistema de almacenamiento de energía, puede suministrarse desde la estación de carga 10 al transbordador 1, con la ayuda del sistema de almacenamiento de energía en tierra 13. Sin embargo, en este caso, aunque la potencia reactiva generada en la red de tierra Q_{red} se compensa devolviendo potencia reactiva a la red de tierra desde el sistema de almacenamiento de energía 13 de la estación de carga 10, no se genera potencia reactiva en el buque, por lo que no es necesario devolver potencia reactiva. En su lugar, hay un segundo convertidor 16, que funciona como inversor o rectificador en consecuencia, y un transformador 17 a través del cual se produce la potencia de control de carga. La tensión, U , puede regularse delante del enchufe de carga 12 dando lugar a una tensión regulada delante del transformador rectificador 23 controlando así la corriente del rectificador, preferentemente como tensión positiva para evitar la formación de un bucle, aunque el control

sigue siendo posible con una tensión negativa.

5 La carga del almacenamiento de energía 4 en el buque 1 a partir de la red local 5, o del almacenamiento de energía en tierra 13 se ha realizado normalmente utilizando un rectificador conmutado de red controlado, como un rectificador de 6, 12, 18 o 24 impulsos de tiristores. En la figura 2 se ilustra un ejemplo de cargador convencional con rectificador de tiristores para el almacenamiento de energía a bordo. En el buque 1 hay un transformador rectificador 2 con, en este ejemplo, tiristores 3 conectados para formar un rectificador tiristor de 12 impulsos. El transformador 2 está conectado entre el almacenamiento de energía de a bordo 4, por ejemplo las baterías, y la red de tierra 5. La tensión alterna trifásica, L1, L2, L3, se suministra a través de la impedancia de red Xg desde la red de tierra 5 a una fuente de reactancia primaria 6 a la entrada del transformador de transbordador 2. A continuación, se suministra tensión a través de la reactancia secundaria Xs1 y Xs2 a distintas patas del puente. Se utiliza una disposición estrella delta, con Xs1 en topología estrella y Xs2 en topología delta. El uso de rectificadores tiristores y de inductancia permite aplicar un retardo a la conducción, reduciendo la tensión continua media. Sin embargo, este retardo se consigue mediante un desplazamiento de fase de 30° que se introduce en la tensión de la fuente, lo que tiene un efecto equivalente a la potencia reactiva en la red de tierra, arrastrando corriente y ciclando a la frecuencia de alimentación, lo que provoca pérdidas y caídas de tensión en la red de tierra. Así, la solución convencional sigue causando algunas molestias a otros usuarios y problemas al operador de la red.

20 Cuando la red eléctrica local de corriente alterna 5, es incapaz de proporcionar el suministro necesario de alta corriente al buque 1 para una carga rápida, el sistema de carga 10 comprende una pluralidad de módulos de almacenamiento de energía 13, que se cargan más lentamente desde la red eléctrica de corriente alterna de lo que requeriría una conexión directa al buque. La corriente máxima que se arrastra de la red eléctrica de CA puede entonces elegirse para que sea relativamente baja. Cuando el buque 1 está enchufado a la estación de carga 10, es posible una carga de alta corriente, por lo que las baterías 4 del buque pueden cargarse con relativa rapidez en comparación con lo que sería posible sólo con esa red de corriente alterna 5. Los buques abastecidos de este modo pueden tener motores eléctricos con una salida de unos cientos de kilovatios en adelante. También puede haber circunstancias en las que la demanda del buque en términos de potencia y velocidad de carga, como cuando está atracado durante la noche, sería lo suficientemente baja como para conectarse directamente a la red local, pero la cuestión de la generación de energía reactiva hace que esto sea poco práctico.

30 La presente invención aborda este problema proporcionando un convertidor de CA a CC controlado y un convertidor de CC a CA controlado en el sistema de carga 10 junto con un transformador en serie a la red de CA 5 para poder ajustar la tensión suministrada al buque 1 y, por tanto, poder utilizar un rectificador pasivo en el buque, en lugar del rectificador convencional controlado por tiristores. Esto permite ahorrar espacio en el buque. Sin embargo, también existe la opción de proporcionar todo el equipo conectado a la red principal de CA 5 en el buque, en lugar de tener un sistema de carga en tierra, de modo que el buque pueda cargarse directamente de la red en cualquier ubicación remota, sin necesidad de que la estación de carga en tierra haya sido instalada en ese lugar. En ese caso, puede excluirse el sistema opcional de almacenamiento de energía 13. Los ejemplos de las figuras 3 y 4 muestran el equipo en tierra con un rectificador pasivo en el buque y el ejemplo de la figura 5 muestra todo el equipo en el buque con una conexión directa a un cargador de CA en tierra. Sin embargo, estos ejemplos no son limitativos y las realizaciones con las disposiciones de las figuras 3 y 4 son posibles con los componentes de la estación de carga 10 todos situados en el buque, como lo son las realizaciones del tipo ilustrado en la figura 5, pero con los componentes de la estación de carga 10 situados principalmente en tierra con sólo el rectificador pasivo y la batería del buque, en el buque, pero por lo demás con la misma circuitería ilustrada en la figura 5.

45 La figura 3 ilustra un primer ejemplo de la presente invención, para el ejemplo en el que los tiristores 3 del circuito del transformador rectificador se sustituyen por diodos pasivos 20 en un rectificador 19, conectados a inductancias 21, 22 en un transformador 18 para formar un transformador rectificador 23 de 12 impulsos. En la práctica, cuando ya existe un sistema basado en tiristores, éstos pueden funcionar como si fueran diodos, en lugar de tener que sustituirlos. Para una nueva instalación, el rectificador pasivo puede construirse utilizando diodos, en lugar de tiristores. El puente rectificador 23 del transbordador 1 tiene la misma topología estrella delta que la ilustrada en la figura 2. Sin embargo, en lugar de una conexión directa a la red de alimentación de CA 5, las inductancias 24 del lado de entrada del transformador se acoplan cada una a través de uno de un par de devanados de transformador conectados en serie 26, 27, 28 a las respectivas conexiones de red de CA 29, 30, 31 en el transformador de control de tensión 32. Una toma 33, 34, 35 de cada línea a las conexiones de la red de CA está conectado a un transformador 36 a la entrada de un convertidor CA/CC controlado 37, con topología de estrella delta. El otro del par de devanados del transformador 26, 27, 28 en cada caso está conectado a un convertidor CC/CA controlado 38. Se proporciona un sensor de corriente, T1 para la corriente del rectificador a la batería. La corriente del rectificador puede medirse directa o indirectamente a partir de la corriente alterna, aunque generalmente una medición indirecta es más sencilla, ya que no es necesario producir una señal que tenga que atravesar la conexión entre el barco y la costa.

60 Los convertidores 37, 38 funcionan como inversores o rectificadores según estén convirtiendo de CC a CA o viceversa. Si es necesario, se proporciona una unidad opcional de almacenamiento de energía de CC 13, conectada transversalmente entre el convertidor CA/CC 37 y el convertidor CC/CA 38. En cada extremo de una cadena de dispositivos de almacenamiento de energía 50 puede haber un fusible F1, F2 para el aislamiento eléctrico en caso de avería e interruptores 39 para el aislamiento galvánico. El convertidor CA/CC 37 y el convertidor CC/CA 38 pueden adoptar cualquier forma adecuada, por ejemplo, una unidad básica 51 de un diodo en paralelo con un transistor (Q1 a Q6), un par

de tales unidades conectadas en serie y cada devanado del transformador 26, 27, 28 conectado entre un par de unidades 51. Se puede proporcionar un condensador de filtro 52 en paralelo con los pares de unidades 52. En combinación con la inductancia del convertidor, este condensador forma una onda sinusoidal de la tensión del impulso con la tensión modulada del convertidor.

5

El circuito de la figura 4 es el mismo que el de la figura 3, salvo que el convertidor CA/CC 37 de la figura 3 se sustituye por un diodo o un rectificador tiristor 41. El uso de un rectificador significa que la potencia sólo puede fluir en un sentido y, por tanto, que la tensión en el transformador 32 sólo puede regularse en el sentido positivo. Esta topología es la más adecuada cuando no se dispone de baterías de almacenamiento de energía opcionales en la estación de carga. El rectificador de diodos 40 puede comprender un par de diodos 53 para cada una de las entradas de tensión alterna, conectados a través del transformador 36, estando cada entrada 54, 55, 56 del transformador 36 conectada entre un par de diodos 53. Por lo demás, el circuito es el mismo y funciona de la misma manera que en la realización de la figura 3. Una alternativa a esta topología es alimentar la conexión de CC 70 para el convertidor CC/CA 38 desde la conexión de CC 71 de la batería y colocar todos los equipos de las secciones 10 y 1 a bordo del barco.

10

15

El circuito de la figura 5 muestra un ejemplo en el que se utiliza un convertidor CA/CC controlado 41, al que se conectan las entradas del transformador 36 a través de un filtro LC común que comprende un condensador y una inductancia 43 y un convertidor CC/CA controlado 42 al que se conectan las entradas del transformador 32 de tensión controlada conectado en serie a través de una palanca A5, y luego a través de un filtro LC común que comprende un condensador y una inductancia 44, de modo que si se produce un cortocircuito en el lado Q3 de T2, la palanca detiene el flujo de corriente hasta que Q1 haya desconectado la alimentación de CA del sistema. La palanca evita que las corrientes dañen los diodos de rueda libre del convertidor 41. La impedancia del transformador 32 controlado por tensión limita la corriente en caso de cortocircuito. La misma corriente en el lado primario del transformador se reflejará en el lado secundario del transformador 32 sólo con la diferencia de relación entre los dos lados del transformador. Cuando la palanca detecta un cortocircuito mediante la medición de corriente, la palanca cortocircuita el lado secundario del transformador y la corriente de cortocircuito fluye por la palanca en lugar de por los diodos de rueda libre del convertidor 41 hasta que el disyuntor Q1 abre el cortocircuito.

20

25

Se puede proporcionar protección adicional mediante las tomas 33, 34, 35 que tienen disyuntores Q2 en las líneas al transformador 36 y también mediante el uso de un contactor, que realiza la función de disyuntor, en Q3, entre el transformador de control de tensión 32 con sus devanados directos en serie. Los sensores de tensión y corriente 57, 58 pueden instalarse entre la conexión a la red de tierra y el transformador 32 de tensión controlada, y los datos detectados se suministran a los convertidores 41 y 42, que a su vez controlan la potencia a cada lado del transformador 32 y, por tanto, el suministro de energía de la red a la batería del buque 4, según corresponda.

35

En el propio transbordador, un controlador de red (GC) -no se muestra- se conecta a través de un transformador de premagnetización 59 a las patas del puente de diodos. En lugar de utilizar tiristores en el transformador del buque 2 para mantener la tensión a un nivel aceptable para la red 5, la tensión se ajusta en el lado Q3, en la estación de carga 10, que puede estar en tierra o incorporada al buque, como se ha explicado anteriormente. La tensión alterna se regula directamente para evitar la producción de potencia reactiva. En la práctica, el almacenamiento de energía 13, o batería conectada entre los convertidores, 41 y 42 es a menudo necesario para permitir que el buque se cargue a la tasa requerida. Un paquete de baterías en tierra puede cargarse con una potencia mucho menor, por ejemplo 2 MW de forma continua, con una capacidad de carga de 7 MW, que queda a disposición del buque cuando se conecta para recargar.

40

45

El diseño modificado del cargador tiene el efecto de mantener al mínimo la potencia necesaria para la electrónica de potencia. Esta topología permite que sólo una parte de la potencia controlada se transfiera a través de la electrónica de potencia. El resto de la potencia circula en paralelo con la electrónica de potencia, por lo que ésta sólo debe dimensionarse para una pequeña parte de la potencia total. La regulación de tensión de los devanados de los transformadores conectados en serie del transformador 32 de control de tensión, o en cascada, puede limitarse a las variaciones máximas de tensión del sistema. De este modo, sólo una parte de la potencia del rectificador se transfiere al convertidor en cascada. Por ejemplo, la tensión de la red puede tener una amplitud que puede variar desde unos 230 V hasta tanto como 24 kV, por ejemplo para un transbordador, esto puede estar en el rango de 9,9 kV a 12,1 kV. El rango de tensión depende del tamaño y de la aplicación. Por ejemplo, la tensión de CC del transbordador varía en función del estado de carga y de la potencia de carga del almacenamiento de energía de a bordo 4. Estas variaciones deben ser reguladas por el convertidor en cascada 32 para poder controlar la potencia de la batería.

50

55

La figura 7 ilustra la regulación de la tensión del transbordador para que esté en fase con la tensión de red tanto en sentido positivo como negativo, en términos de vectores. La tensión de conversión en sentido positivo, U_{conv_pos} y la tensión de conversión en sentido negativo, U_{conv_neg} . La regulación de tensión, dU_{reg} , es entonces la suma de estos vectores U_{conv_pos} y U_{conv_neg} . La tensión de red se representa mediante el vector U_{grid} . La corriente alterna estará normalmente en fase con $(U_{grid} + U_{conv})$ para garantizar un factor de potencia de 1.

60

Un ejemplo de método de carga en un sistema de suministro de energía eléctrica almacenada se muestra en el diagrama de flujo de la figura 8. La conexión inicial 60 del buque al suministro de CA a través de la estación de carga, que puede estar situada en tierra o en el buque, se realiza con los disyuntores Q3 inicialmente abiertos. La alimentación de CA se conecta al sistema cerrando los disyuntores en Q1. Esto permite el suministro 61 de CA trifásica. Antes de cerrar 61 los

65

5 disyuntores en Q3, el inversor 42 sincroniza 62 las tensiones por encima del contactor en Q3, es decir, a la izquierda y a la derecha del disyuntor entre todas las fases. El convertidor de red a bordo del barco se utiliza 63 como fuente de tensión conectada al lado secundario 21, 22 del transformador rectificador 23 en el transbordador a través del pequeño transformador pre-magnetizador 59. La fuente de tensión suele suministrar una tensión de entre 6 kVA y 20 kVA en función del tiempo que vaya a estar conectada. El transformador de premagnetización 59, o transformador de sincronización, se instala para evitar grandes corrientes de irrupción en el transformador rectificador 23 procedentes de la red.

10 Cuando Q3 se cierra 64, el transformador de sincronización del transbordador GC 59 se desconecta y entonces la tensión del convertidor 42 incrementa 65 desde U_{conv_pos} dando lugar a un aumento de tensión en el transformador rectificador. La relación de tensión en el transformador rectificador 23 debe garantizar que no fluya corriente, o que fluya muy poca, en el rectificador 23 hasta que el transformador en cascada 32 tenga una tensión cero a través de él. Cuando U_{conv_pos} es superior a cero, la corriente en el rectificador 23 puede empezar a fluir. El nivel de tensión al que empieza a circular la corriente depende de la tensión de la red y del estado de carga de la batería. La tensión de sincronización debe tener una tensión inferior a la tensión U_{grid} teniendo en cuenta la relación en el transformador rectificador 23, por lo que el convertidor en cascada 32 debe trabajar en la región U_{conv_neg} .

20 Durante el funcionamiento, cargando el buque, el inversor o inversores 41 regulan 66 la potencia de la red para que no suba por encima de un nivel máximo permitido, mientras que el inversor 42 debe controlar una potencia constante al transformador rectificador. Como ya se ha mencionado, el rectificador a bordo del transbordador funciona como un rectificador de diodos, incluso en el caso de que el rectificador sea de tiristores. El tiristor puede seguir utilizándose como dispositivo de protección en caso de avería, pero la disposición de la estación de carga significa que no hay regulación de potencia por parte de los rectificadores tiristores para evitar el consumo de potencia reactiva de la red.

25 Aunque el circuito del buque 1 es superficialmente similar al de la presente invención, hay muchas ventajas en cambiar los tiristores por diodos, o en hacer funcionar los tiristores existentes como diodos, incluyendo que la capacidad de corriente a bordo se incrementa significativamente y los requisitos de clasificación para el transformador de a bordo, en particular la electrónica de potencia, se reducen porque ese transformador no necesita hacer frente a la potencia reactiva. El transformador puede reducirse con una clasificación en VA del 20 %, el cambio de tiristores a diodos aumenta la potencia nominal para el mismo módulo entre 1,5 y 1,7 veces. El diseño modificado da como resultado un sistema global físicamente más pequeño, con menos interfaces. Además, en términos de ingeniería, un cambio en cualquier parte del circuito de un sistema basado en tiristores dará lugar a la necesidad de un cambio correspondiente en otra parte del sistema, lo que no ocurre cuando se utilizan dispositivos semiconductores pasivos, normalmente diodos. También tienen la ventaja de ahorrar espacio y costes.

35 La figura 9 muestra un diagrama de una sola línea que ilustra un sistema de convertidor trifásico para un sistema de propulsión eléctrico. El sistema mostrado es un sistema de doble convertidor que alimenta a través de entradas paralelas a un único motor 90. Un primer bus 80 está conectado a un segundo bus 81 mediante enlaces de bus 82, 83. Los interruptores 84, 85 conectan el primer bus 80 o el segundo bus 81 a un transformador 88, cuyas salidas se conectan mediante un rectificador 99 a un convertidor de CC a CA 89, para suministrar tensión alterna al motor 90 desde cada línea. Los transformadores 88 pueden tener cada uno una conexión a un bus auxiliar 86, 87. En un sistema de este tipo, es deseable que el motor 90 siga funcionando, incluso cuando esté abierta una conexión de bus 82, 83 en un lado primario de un transformador 88.

45 Para poder mantener la misma tensión continua de cada lado, si se abre una conexión de bus en el lado primario del transformador 88, se utiliza la misma topología que en la figura 9, pero con un circuito adicional previsto para uno de los conductores, entre el primer bus 80 o el segundo bus 81 y el transformador de control de tensión 32 de esa línea. Esto puede verse en la figura 10. El circuito adicional comprende un transformador en serie 91 con un convertidor 92, 93 en el lado secundario del transformador 91 conectado al bus auxiliar 86. Esto garantiza que la tensión continua de cada lado siga siendo igual, incluso si una conexión de bus 82, 83 está abierta. De este modo, cuando la tensión continua se regula al mismo nivel de tensión continua, se pueden seguir conectando accionamientos en paralelo al motor, aunque esté abierto un enlace de bus entre el primer y segundo buses 80, 81.

50 La figura 11 ilustra una sección de la figura 10 dentro de la línea de puntos 95. Los interruptores 84 entre la alimentación trifásica y el primer bus 80 están normalmente cerrados. Los devanados del transformador 91 son la entrada a un convertidor controlado de CA a CC 92 y a un convertidor controlado de CC a CA 93, cuya salida puede conectarse al circuito del transformador rectificador de impulsos 88, 99 a través de un devanado secundario adicional 96. En el ejemplo mostrado, una tensión de bus típica es de 11 kV, con un bus auxiliar de 690 V, pero la invención no se limita a estas tensiones. El almacenamiento de energía 97 puede adoptar la forma de una batería o de un banco de condensadores 97.

60 Se propone otra modificación para aplicaciones de baja tensión, como se ilustra en la figura 12. En este caso, sólo se requiere un único transformador 101 para proporcionar el control de la tensión, pero puede omitirse el transformador rectificador utilizado para aplicaciones de media tensión. Un devanado 103 de cada par de devanados del transformador de control de tensión está conectado directamente al rectificador de impulsos 105, cuya salida está conectada al módulo de almacenamiento de energía 111, y el otro devanado 104 está conectado a un convertidor controlado de CA a CC 106. Opcionalmente, las conexiones al convertidor 106 se realizan a través de un filtro 107 y la salida del convertidor puede conectarse a través de un chopper 108 y aisladores, disyuntores o separadores 110 a un bus de CC 109. Como en los

otros ejemplos, el módulo de almacenamiento de energía puede ser una batería o un banco de condensadores, u otro dispositivo de almacenamiento adecuado.

5 La presente invención presenta una serie de ventajas, como la posibilidad de reducir el volumen, el tamaño, el coste y la complejidad del equipo necesario en el buque, así como de reducir el tamaño del equipo necesario en tierra.

10 La presente invención se ha descrito con respecto a un buque eléctrico o eléctrico híbrido, pero es igualmente aplicable a vehículos eléctricos o eléctricos híbridos con base en tierra, o a aviones eléctricos, que deseen tener la certeza de la disponibilidad de una carga de alta corriente suficiente, por ejemplo en lugares remotos donde la red eléctrica de corriente alterna no es capaz de soportar una carga rápida de corriente continua, para permitir que el vehículo o la estructura del avión eléctrico complete su viaje. La referencia al ejemplo de una estación de carga en tierra como suministro remoto no excluye otros tipos de estación de carga remota, o suministro fuera de la red, como un parque eólico marino, una plataforma marina, una instalación de producción en alta mar u otro buque, vehículo o avión adaptado para actuar como suministro remoto.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de carga eléctrica (10) para buque, vehículo o aeronave, que comprende uno o más módulos de almacenamiento de energía (13) en la embarcación, vehículo o avión; un rectificador de impulsos; un convertidor (37, 41, 92, 106); y un transformador de control de tensión (32, 91, 101); donde uno o más módulos de almacenamiento de energía están conectados a las salidas del rectificador de impulsos; caracterizado porque el transformador de control de tensión (32, 91, 101) está conectado a las entradas del rectificador de impulsos (23, 88, 105); donde el transformador de control de tensión comprende un transformador en serie que tiene una pluralidad de pares de devanados de transformador, conectados entre sí en serie, estando un devanado (103) de cada par adaptado para ser conectado entre el rectificador de impulsos y una entrada de una fuente de energía, donde la entrada de la fuente de energía comprende conexiones a una alimentación trifásica de CA; y el otro devanado (104) de cada par está conectado al convertidor (37, 41, 92, 106), donde un controlador de red de a bordo que comprende un convertidor de red de a bordo y un transformador de premagnetización (59) en el buque, vehículo o avión proporciona una fuente de tensión para evitar la corriente de irrupción al conectar el módulo de almacenamiento de energía de a bordo (4) a la fuente de energía.
2. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, donde el convertidor (106) comprende un convertidor controlado de CA a CC.
3. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, donde el convertidor (106) comprende además un chopper (108) entre la salida del convertidor de CA a CC y un bus de CC (109).
4. Un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, donde los módulos de almacenamiento de energía (13) comprenden uno de una batería o un banco de condensadores.
5. Un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, donde el convertidor (38) comprende un convertidor de CC a CA.
6. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 5, donde el convertidor comprende además un convertidor de CA a CC (37), o un rectificador de diodos en serie con el convertidor de CC a CA (38).
7. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 6, donde el sistema comprende además tomas (33, 34, 35) desde las entradas de la fuente de energía hasta el convertidor de CA a CC.
8. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 7, donde un transformador está conectado entre el convertidor de CA a CC (37) y las tomas (33, 34, 35) a la entrada de la fuente de energía.
9. Un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, donde el sistema comprende además un detector de corriente (T1) para detectar la corriente que fluye hacia o desde los módulos de almacenamiento de energía (13) en el buque, vehículo o avión.
10. Un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, donde el sistema comprende además al menos uno de los detectores de corriente o tensión (57, 58) para proporcionar una indicación de corriente o tensión en la conexión a la fuente de energía.
11. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 5, donde la fuente de alimentación multifásica comprende una fuente de alimentación para buques y la estación de carga remota comprende una estación de carga en tierra.
12. Un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, donde uno o más módulos de almacenamiento de energía (13) están conectados al convertidor.
13. Un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, donde la estación de carga (10) comprende además un conector (12) conectable de forma extraíble a un buque, vehículo o avión para conectar eléctricamente los módulos de almacenamiento de energía de la estación de carga a los módulos de almacenamiento de energía a bordo del buque, vehículo o avión para cargar el módulo de almacenamiento a bordo (4).
14. Un buque, vehículo o avión, que comprende un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación anterior; y al menos un consumidor a bordo del buque, vehículo o avión, conectado a los módulos de almacenamiento de energía (13).
15. Un método de carga de un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, o de carga de un buque, vehículo o avión de acuerdo con la reivindicación 14, que comprende iniciar una conexión (60) a un suministro de CA para cargar un sistema de almacenamiento de energía de un buque, vehículo o avión cerrando una conexión (Q1) del suministro de CA y regulando la potencia del suministro de CA a un transformador rectificador (23) mediante un convertidor de CC a CA y un transformador de control de tensión (32).

FIG 1

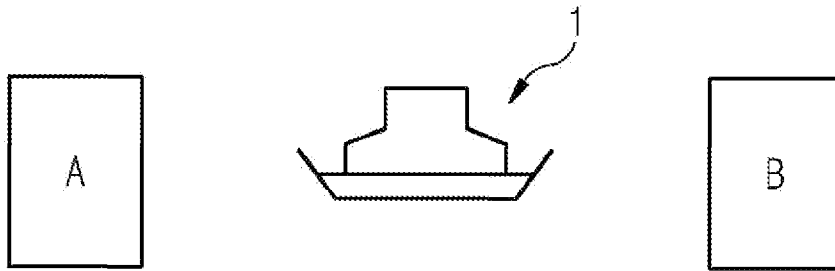


FIG 2

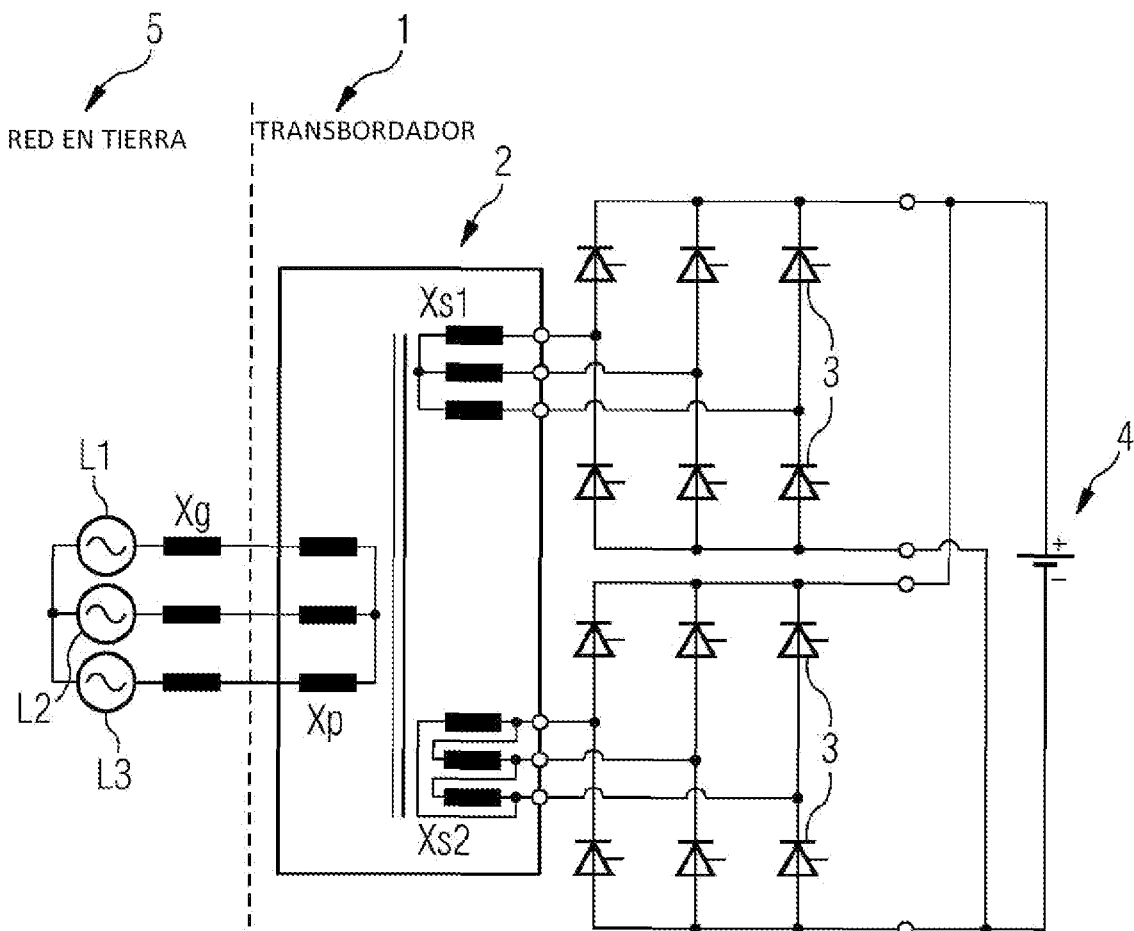


FIG 3
 FIG 3A
 FIG 3B

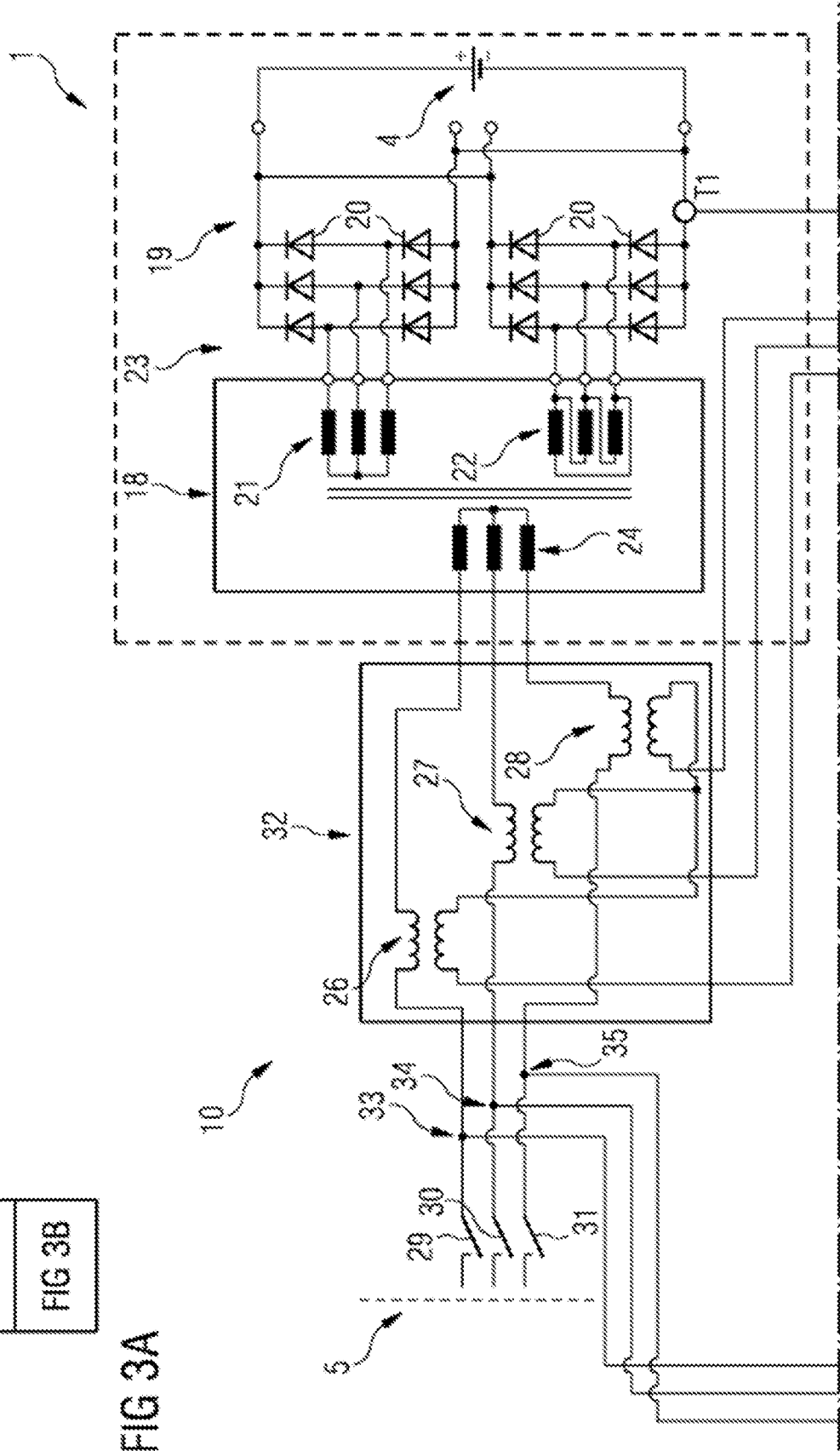


FIG 3A

FIG 3B

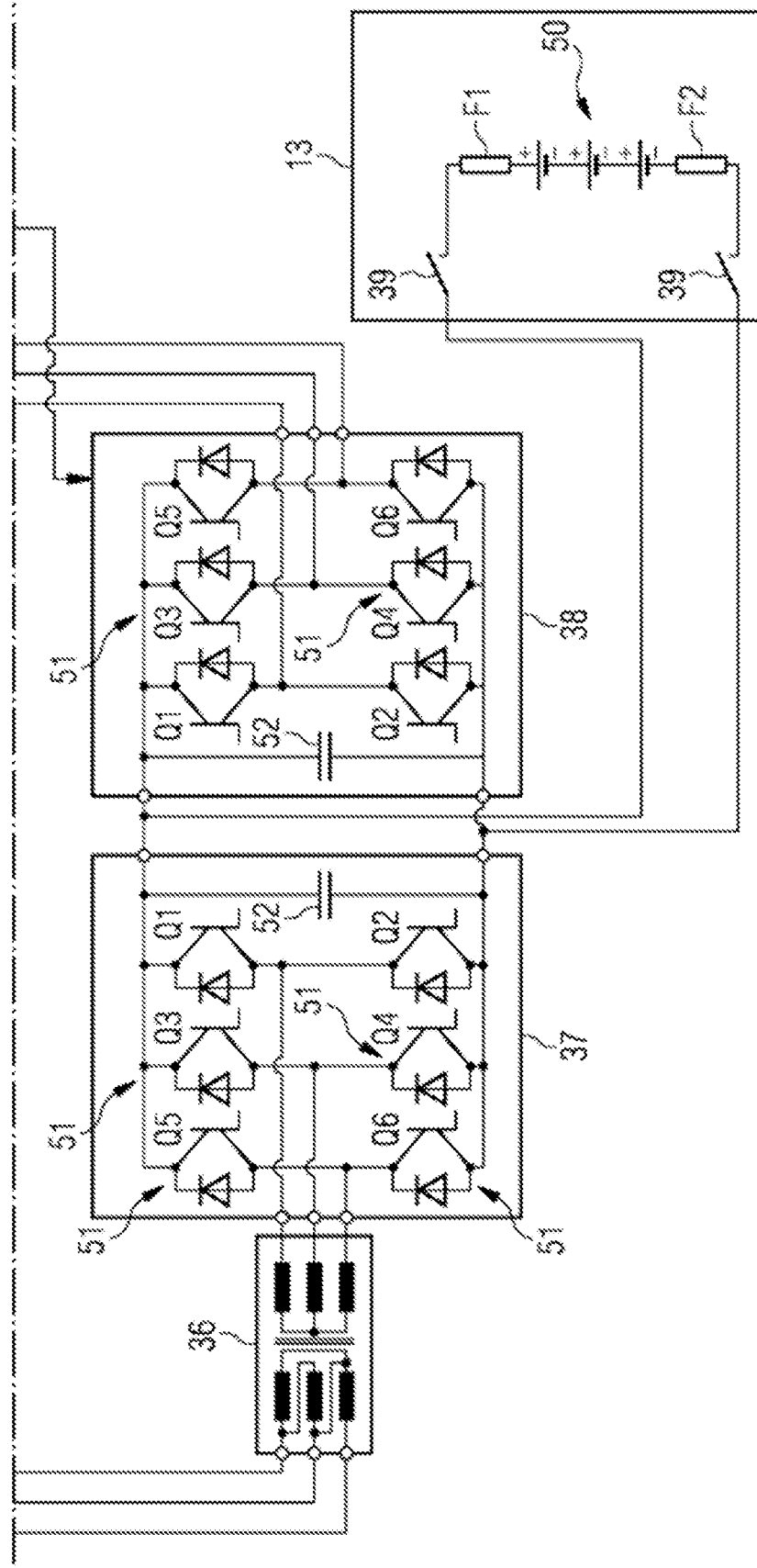


FIG 4

FIG 4A
FIG 4B

FIG 4A

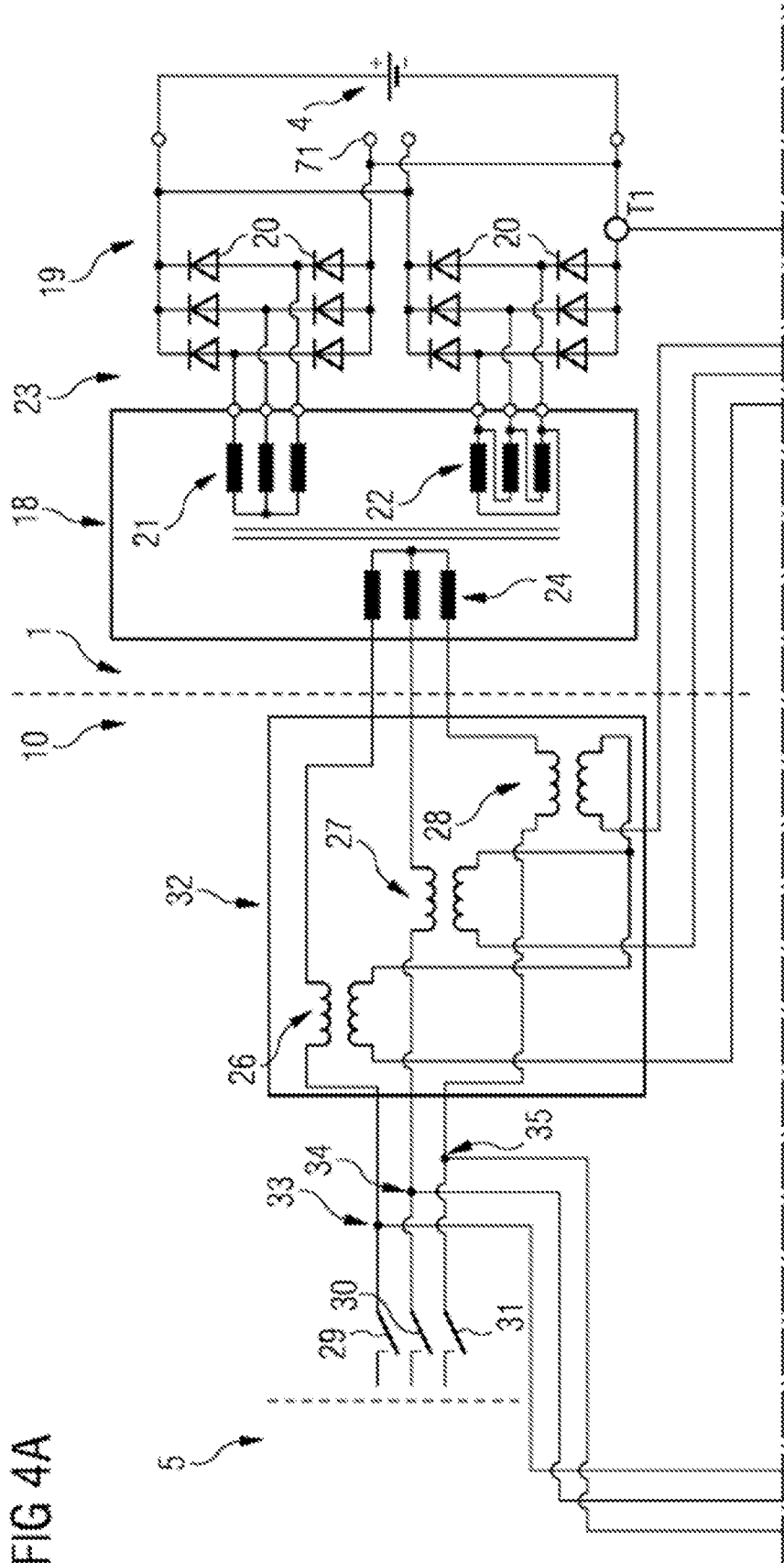


FIG 4B

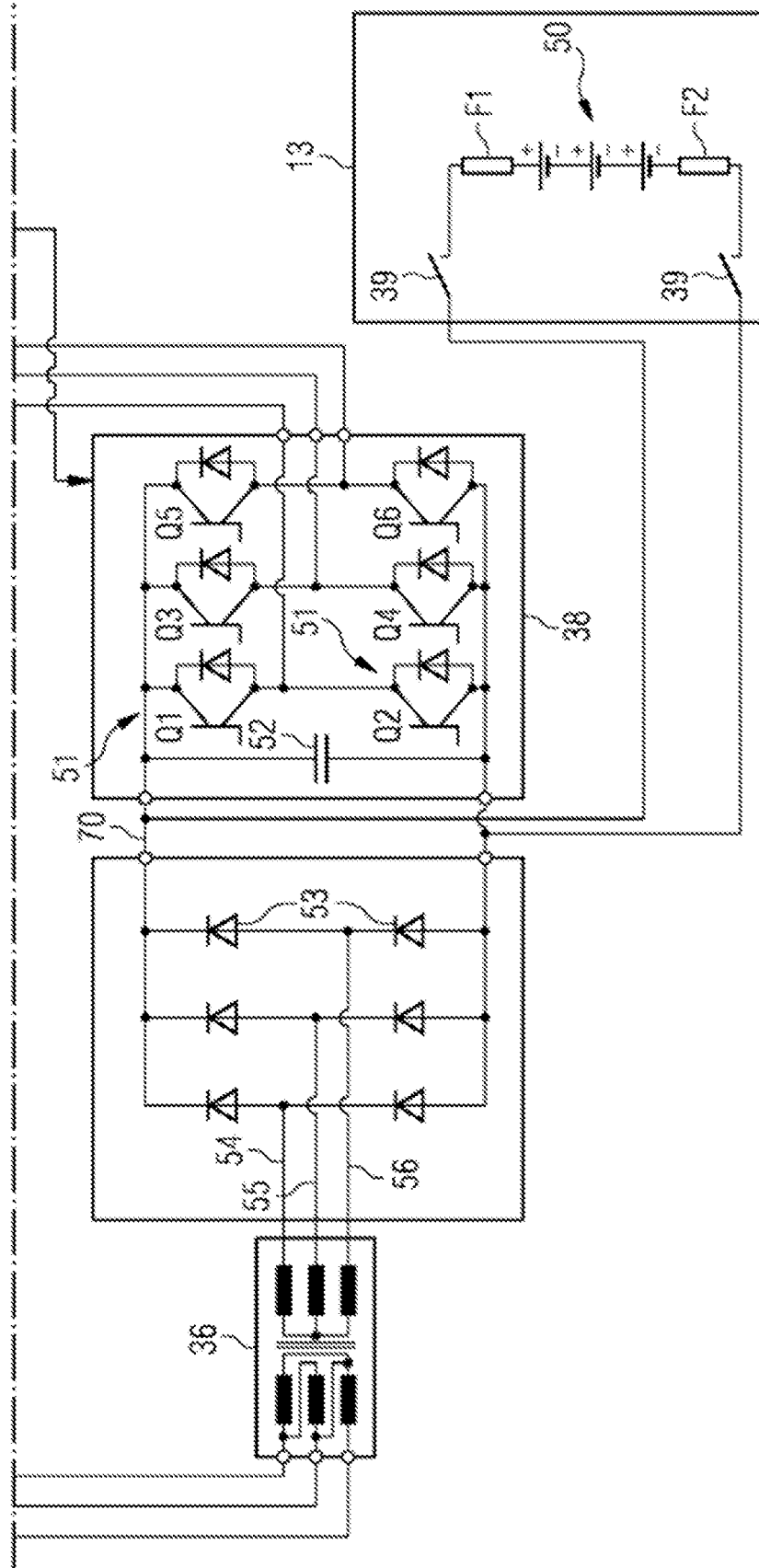


FIG 5B

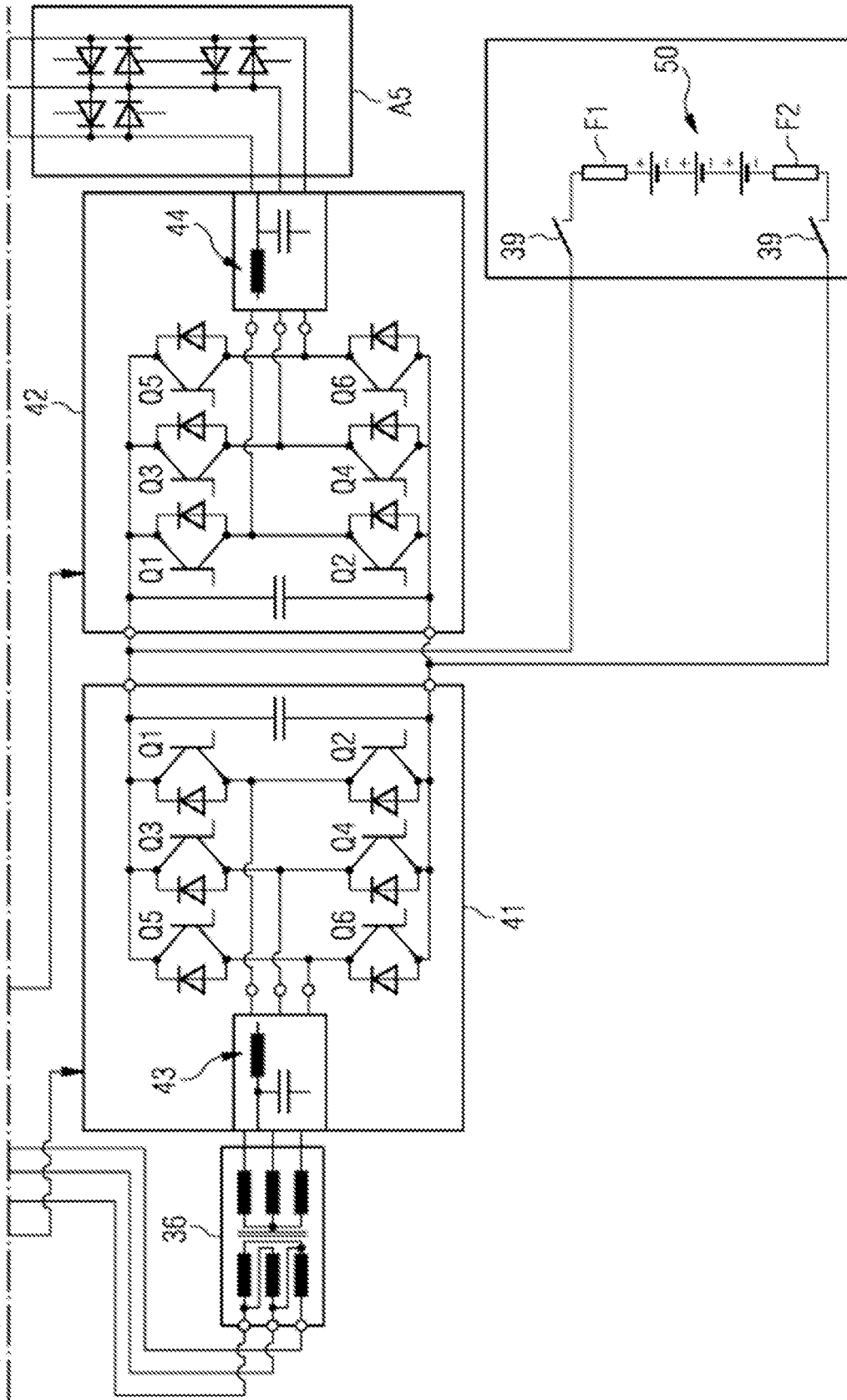


FIG 6A

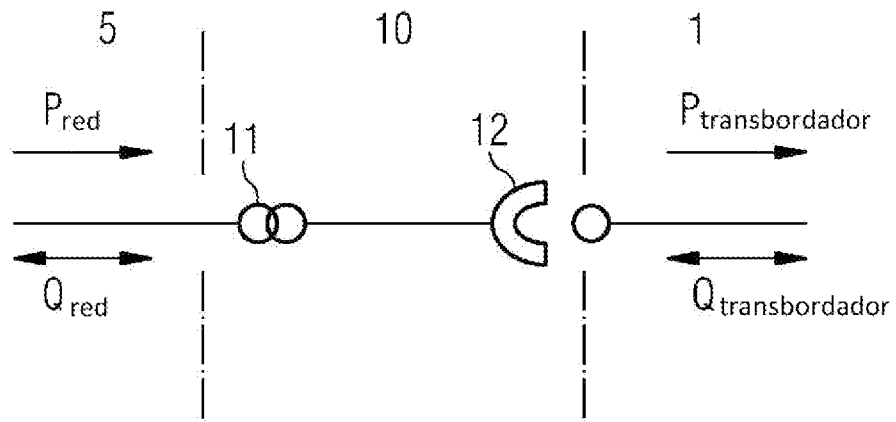


FIG 6B

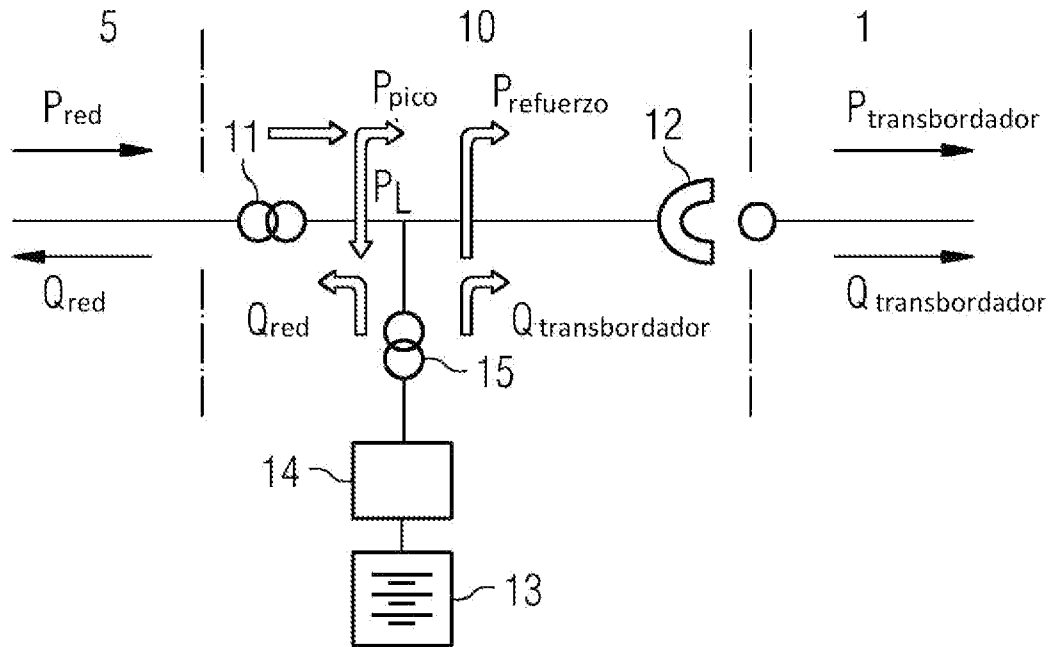


FIG 8

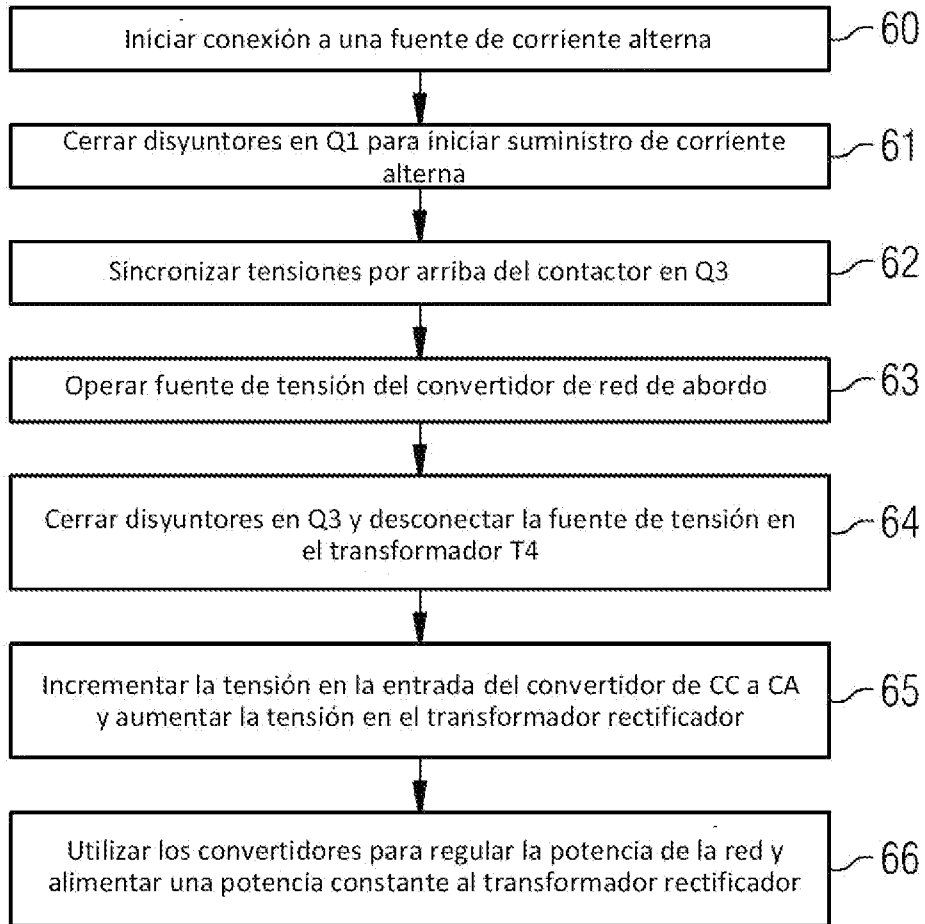


FIG 9

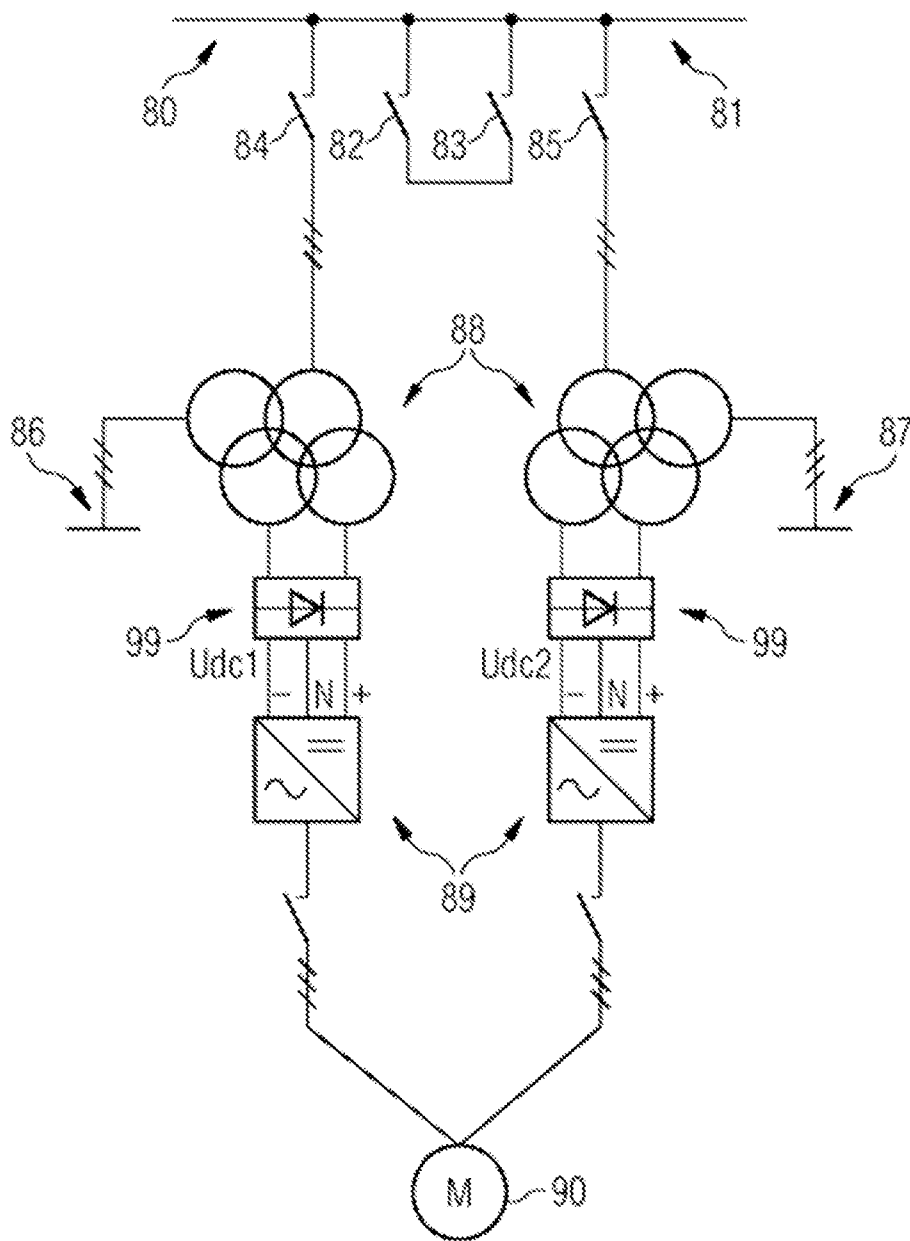


FIG 10

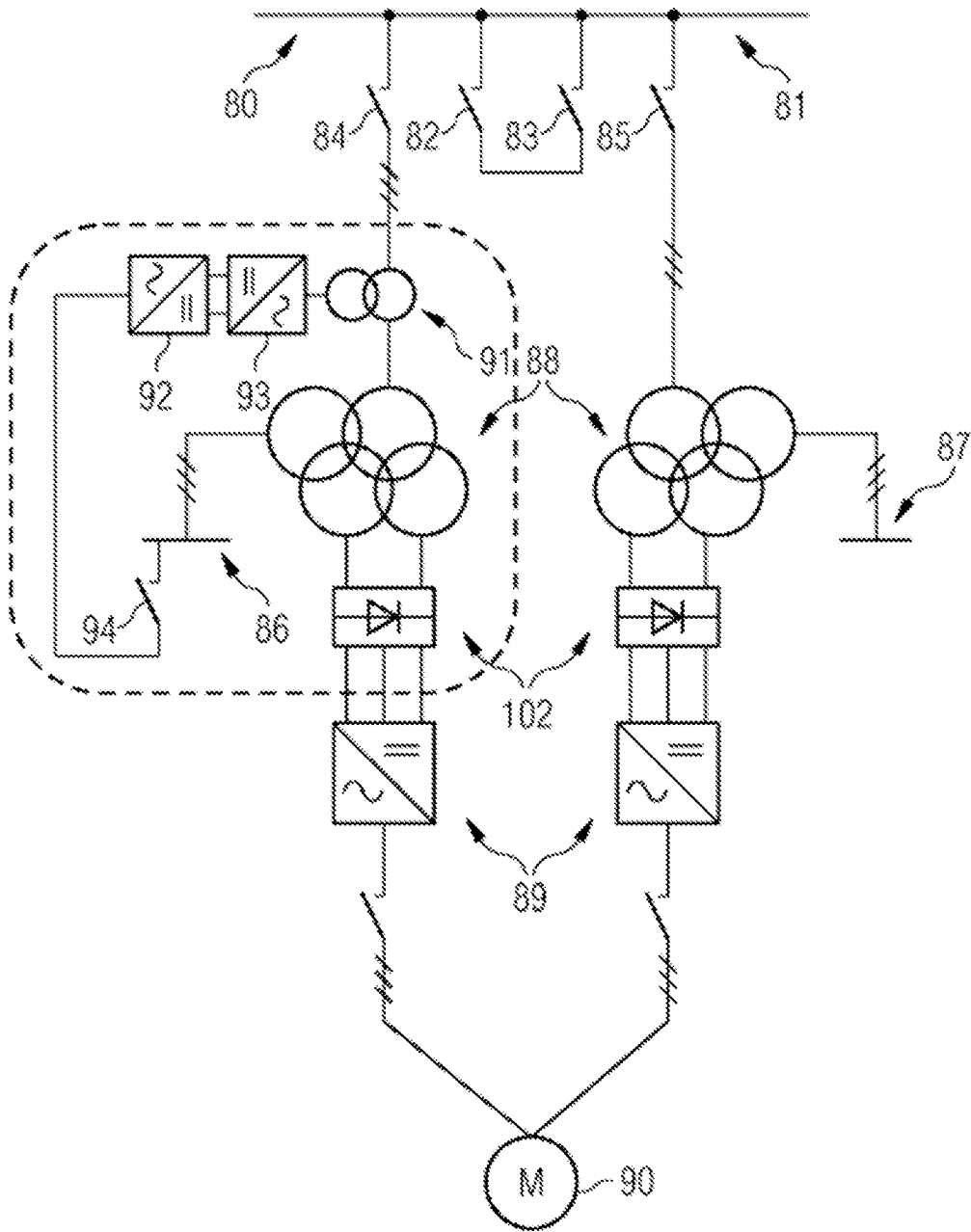


FIG 11
FIG 11A
FIG 11B

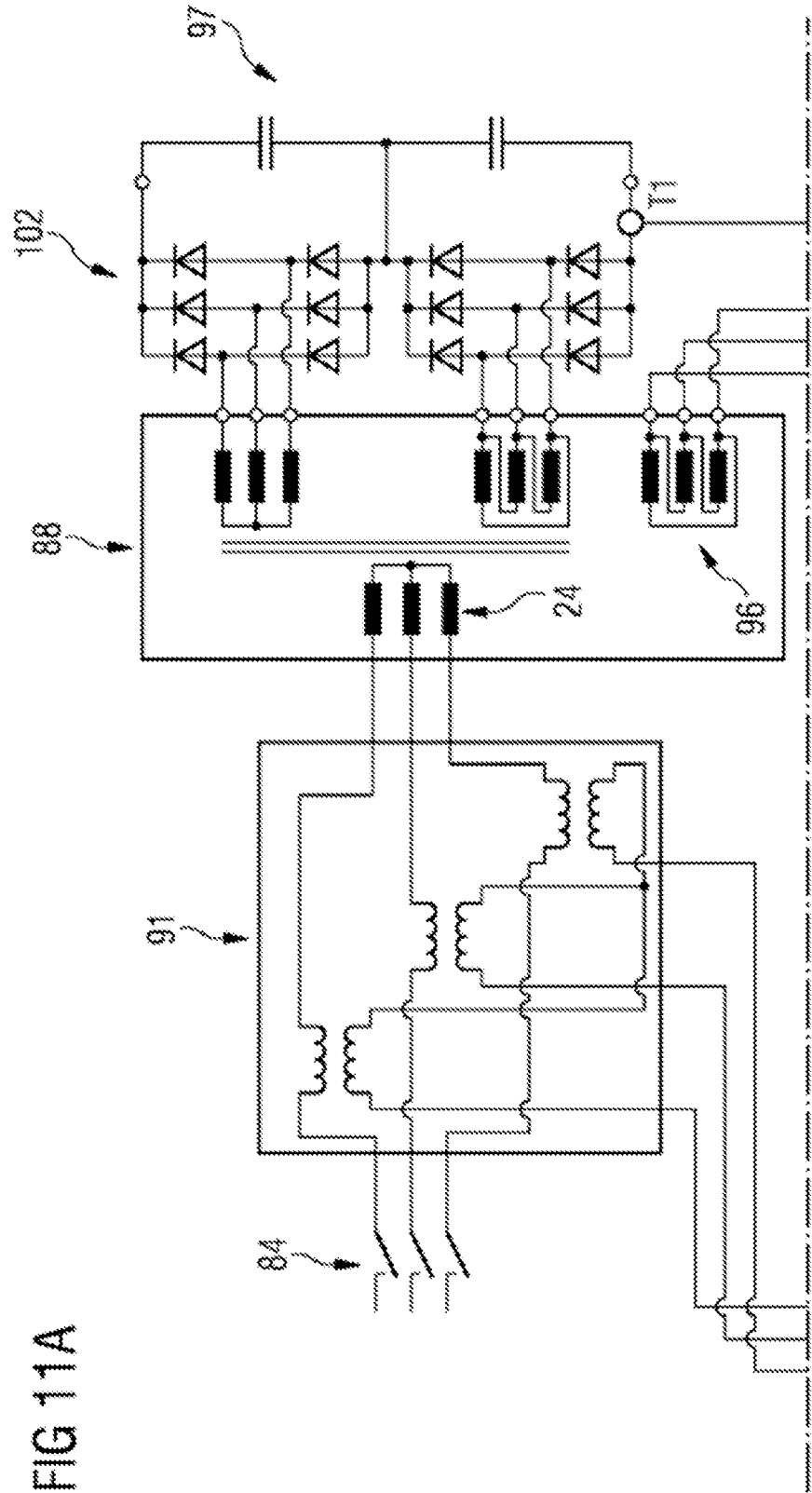


FIG 11A

FIG 11B

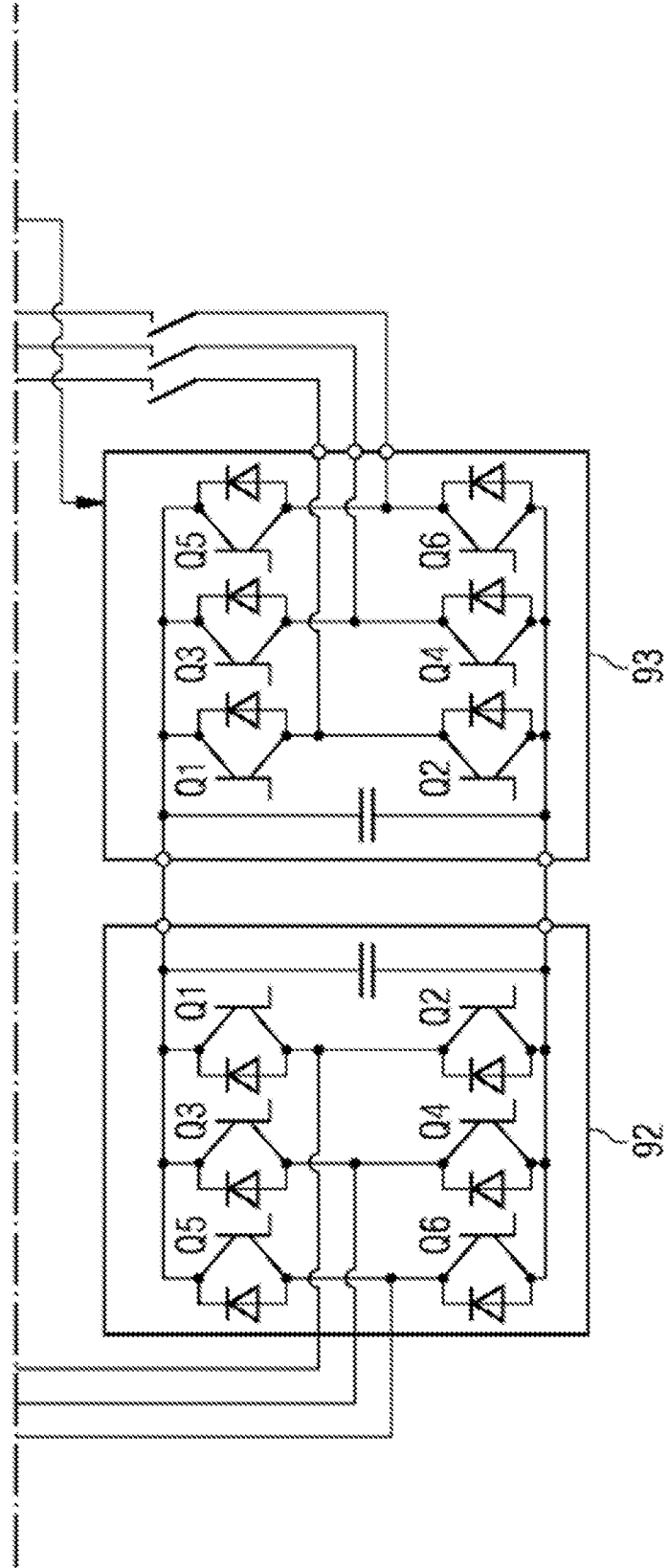


FIG 12

