

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 674 168**

51 Int. Cl.:

H02J 7/02 (2006.01)

H02J 7/00 (2006.01)

H02J 15/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.05.2011 PCT/EP2011/058266**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.12.2011 WO11147751**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.05.2011 E 11723406 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.03.2018 EP 2577839**

54 Título: **Equipo simetrizador, acumulador de energía y procedimiento de equilibrado**

30 Prioridad:

28.05.2010 DE 102010029460

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

27.06.2018

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**MEINERT, MICHAEL;
PEPPEL, TORSTEN;
RECHENBERG, KARSTEN;
HARTMANN, MATTHIAS;
MÜLLER, FRANK y
RASTOGI, ARMIN**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 674 168 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

Equipo simetrizador, acumulador de energía y procedimiento de equilibrado

5 La presente invención se refiere a un equilibrador para células de energía interconectadas en serie. Además, la invención se refiere a un acumulador de energía que comprende varias células de energía y a un procedimiento de equilibrado para células de energía interconectadas en serie.

10 Para almacenar energía eléctrica, habitualmente se usa un número de células de energía interconectadas en serie, por ejemplo condensadores o acumuladores. Por ejemplo, un vehículo accionado de forma eléctrica, como un tranvía, puede transformar energía cinética en energía eléctrica por medio del motor de accionamiento y almacenar de forma intermedia esta energía eléctrica en condensadores de doble capa para usarlos en un momento posterior para la aceleración por medio del motor de accionamiento eléctrico. Esta tecnología llamada también recuperación igualmente puede usarse para realizar por ejemplo en una grúa o un ascensor una transformación entre energía potencial y energía eléctrica. También células de energía para transformar energía, por ejemplo células fotoeléctricas para la transformación de energía de radiación en energía eléctrica se interconectan en serie.

15 En este tipo de circuitos en serie, las características eléctricas de las células de energía individuales, como la tensión, la resistencia interior eléctrica y la capacidad pueden diferir entre sí a causa de diferencias de fabricación, efectos de envejecimiento e influencias exteriores diferentes como por ejemplo una temperatura. Una potencia total del circuito en serie es influenciada negativamente por estas diferencias.

20 Para conseguir una carga homogénea de las células de energía individuales, se conocen diferentes equilibradores para adaptar las tensiones de las células de energía entre sí. Los equilibradores pasivos frecuentemente trabajan sobre la base de circuitos de resistencia. Los equilibradores activos usan resistencias conectables que se conectan o se desconectan sobre la base de tensiones individuales de las células de energía.

El documento WO2009/051414A2 propone prever una cascada de interruptores periódicos de corriente continua en un número de células de energía interconectadas en serie para producir un equilibrado por cambio de carga.

25 En el documento DE102005034588A1 se muestra un acumulador de energía con varias células de energía, en el que de una célula de energía se extrae energía, cuya tensión sobrepasa un valor umbral predeterminado.

La invención tiene el objetivo de proporcionar un equilibrador eficiente, un acumulador de energía eficiente y un procedimiento de equilibrado eficiente para células de energía interconectadas en serie.

30 El objetivo se consigue mediante un equilibrador con las características de la reivindicación 1, un acumulador de energía con las características de la reivindicación 11 y un procedimiento de equilibrado eficiente para las características de la reivindicación 12. Las reivindicaciones subordinadas representan formas de realización preferibles.

Exposición de la invención

35 La presente invención es una mejora de la invención solicitada bajo el expediente 102010029460 en la Oficina Alemana de Patentes, cuya prioridad se solicita. Las realizaciones de la solicitud mencionada también son la base de esta solicitud y son válidas de manera correspondiente si no se menciona lo contrario en lo sucesivo.

40 Según un primer aspecto, un equilibrador según la invención, según la reivindicación 1, para una primera y una segunda célula de energía eléctrica comprende un interruptor periódico de corriente continua con una inductividad, estando concebido el interruptor periódico de corriente continua para, en un primer estado de conmutación, recibir en la inductividad energía de la primera célula de energía y, en un segundo estado de conmutación emitir la energía recibida de la inductividad a la segunda célula de energía. El equilibrador comprende además un equipo de medición para determinar las tensiones de las células de energía y un equipo de excitación para la excitación del interruptor periódico de corriente continua en los dos estados de conmutación en función de las tensiones determinadas, estando concebido el equipo de medición para la determinación de las tensiones de las células de energía y un equipo de excitación para la excitación del interruptor periódico de corriente continua en los dos estados de conmutación en función de las tensiones determinadas, estando concebido el equipo de medición para determinar las tensiones de las células de energía sobre la base de un campo magnético de la inductividad. El equipo de excitación está concebido además para permitir una determinación de tensión de una de las células de energía por medio de una excitación breve y una transmisión de energía por medio de una excitación larga de uno de los estados de conmutación. De esta manera, la determinación de las tensiones puede ser independiente de la transmisión de energía, usándose para ambos objetivos los mismos elementos constructivos. Por lo tanto, una influencia mutua de los dos procesos puede evitarse de manera económica y sencilla.

Al contrario de equilibradores basados en redes de resistencias, una gran parte de la energía tomada de la primera célula de energía puede ser alimentada por el interruptor periódico de corriente continua a la segunda célula de energía. Por lo tanto, la compensación entre las células se produce mediante la carga de una célula de energía débil desde una célula de energía fuerte mediante la conexión adicional de una carga no productiva a la célula de energía fuerte. Así, por ejemplo, se puede reducir la cantidad de energía “de desecho” transformada en calor, por lo que se consigue incrementar la eficiencia de las células de energía como acumulador de energía y reducir una potencia térmica perdida. A causa de la determinación individual de las tensiones de las células de energía individuales, se puede controlar individualmente la compensación de energía entre las células de energía. Por el acoplamiento magnético se puede conseguir una alta precisión en la determinación de las tensiones que, con otros métodos, por ejemplo, un amplificador de medición, no se pueden conseguir o se pueden conseguir solo con un alto gasto.

Preferentemente, el equipo de medición comprende una inductividad de medición acoplada magnéticamente a la inductividad. Por medio de la inductividad de medición, las tensiones de las células de energía pueden determinarse de manera exacta y con efectos retroactivos despreciables.

Puede estar prevista una multiplicidad de células de energía conectadas por pares como primeras y segundas células de energía con interruptores periódicos de corriente continua asignados, estando acopladas magnéticamente entre sí las inductividades de los interruptores periódicos de corriente continua para permitir una transmisión de energía entre las primeras células de energía y las segundas células de energía.

La energía se puede conducir a la inductividad de manera ventajosa desde una o varias de las primeras células, después de lo que la energía puede emitirse a una o varias de las segundas células de energía. Si las segundas células de energía presentan diferentes tensiones, se carga de forma más fuerte automáticamente aquella de las segundas células de energía que lleva la menor tensión. De esta manera, con un bajo gasto técnico de circuitos se puede conseguir un equilibrador especialmente eficiente.

Una multiplicidad de células de energía pueden estar interconectadas en serie, estando asignado a cada célula de energía un interruptor periódico de corriente continua y estando previsto, para proporcionar energía de excitación de uno de los interruptores periódicos de corriente continua, un acumulador auxiliar que puede cargarse a partir de las células de energía.

Mediante el acumulador auxiliar se puede proporcionar energía de excitación de manera sencilla y eficiente también para el interruptor periódico de corriente continua, cuya célula de energía asignada tiene solamente una célula vecina, cuya tensión puede usarse para la excitación.

En una forma de realización preferible, el acumulador auxiliar puede cargarse, por medio de un interruptor periódico de corriente continua asignado, a partir de una conexión en serie, se pueden cargar varias de las células de energía. De esta manera, el acumulador auxiliar puede cargarse a la tensión necesaria, sin necesidad de un circuito complejo. La energía necesaria para la excitación puede ser baja en comparación con la capacidad de las células de energía, de manera que por la carga del acumulador auxiliar no puede producirse una asimetría apreciable entre las células de energía.

El interruptor periódico de corriente continua puede ser un convertidor elevador que comprende un conmutador controlado para la conexión selectiva de la primera célula de energía a la inductividad así como un diodo que conduce desde la inductividad y el conmutador hasta la segunda célula de energía. La medición de tensión puede realizarse mientras está cerrado el conmutador y el transporte de energía puede realizarse mientras está abierto el conmutador. El conmutador controlado preferentemente es un transistor, por ejemplo un transistor de efecto de campo. El interruptor periódico de corriente continua también puede ser un convertidor elevador inversor para permitir un desplazamiento de energía hacia una tensión más baja. En ambos casos, el interruptor periódico de corriente continua puede trabajar como convertidor de paso.

Alternativamente, el interruptor periódico de corriente continua puede ser un convertidor reductor que comprende un conmutador controlado para la conexión selectiva de la primera célula de energía a un diodo así como una inductividad que conduce desde el diodo y el conmutador hasta la segunda célula de energía. Tanto la medición de tensión como el transporte de energía pueden producirse mientras está cerrado el conmutador. El circuito de medición trabaja como convertidor de paso.

Según un segundo aspecto, un acumulador de energía según la invención comprendía varias células de energía interconectadas en serie y el equilibrador descrito para el equilibrado de las células de energía. De esta manera, se puede proporcionar un acumulador de energía potente, cuyas células de energía pueden aprovecharse de manera eficiente incluso en caso de características eléctricas que difieren ligeramente entre sí. De esta manera, se puede mejorar una potencia másica del acumulador de energía.

Según un tercer aspecto, un procedimiento de equilibrado para una primera y una segunda célula de energía eléctrica con un interruptor periódico de corriente continua con una inductividad, estando concebido el interruptor periódico de corriente continua para, en un primer estado de conmutación, recibir en la inductividad energía de la primera célula de energía y en un segundo estado de conmutación emitir la energía recibida de la inductividad a la segunda célula de energía, comprende pasos de la excitación breve del interruptor periódico de corriente continua, de la determinación de las tensiones de las células de energía sobre la base de un campo magnético de la inductividad y de la excitación larga del interruptor periódico de corriente continua en función de las tensiones determinadas, para transportar energía de la primera célula de energía a la segunda célula de energía.

El procedimiento puede causar un equilibrado rápido y eficiente de las células de energía. Por la secuencia corta de pasos de trabajo sencillos, el procedimiento puede implementarse de manera ventajosa mediante la técnica de conexiones y/o por medio de un control programable sencillo.

En una forma de realización preferible, el interruptor periódico de corriente continua para la determinación de las tensiones se excita de manera tan breve que la inductividad actúa, junto a una inductividad de medición acoplada magnéticamente, como transformador. Una pérdida de transmisión del transformador formado de esta manera puede ser despreciable. De esta manera, se pueden evitar una transmisión de energía o toma de energía no deseadas de una de las células de energía.

Para el transporte de energía, el interruptor periódico de corriente continua se puede excitar durante tanto tiempo que se almacene temporalmente energía en la inductividad. De esta manera, la transmisión de energía puede diferenciarse de la determinación de tensión únicamente por la duración de la excitación, por lo que el procedimiento puede implementarse de manera sencilla y robusta.

Según un cuarto aspecto, la invención se refiere a un producto de programa de ordenador con medios de código de programa para la realización del procedimiento cuando se ejecuta en un equipo de realización. Especialmente, el procedimiento puede ejecutarse en un microordenador. Alternativamente, el producto de programa de ordenador también puede estar almacenado en un medio legible por ordenador, de manera que se puede intercambiar entre diferentes microordenadores.

Breve descripción de los dibujos

A continuación, la invención se describe en detalle con referencia a los dibujos adjuntos, en los que representan

- la figura 1 un convertidor elevador;
- la figura 2 un convertidor reductor;
- 30 la figura 3 un equilibrador;
- la figura 4 una conexión de un transmisor en el equilibrador de la figura 3;
- la figura 5 otra conexión de un transmisor en el equilibrador de la figura 3;
- la figura 6 un acumulador de energía con un equilibrador;
- la figura 7 otro acumulador de energía con un equilibrador y
- 35 la figura 8 un diagrama de secuencia de un procedimiento de equilibrado para el equilibrador de las figuras 3, 6 o 7.

Descripción exacta de ejemplos de realización

La figura 1 muestra un convertidor elevador 100. El convertidor elevador 100 convierte una tensión continua de entrada U1 en una tensión continua de salida U2 más alta. Otras denominaciones para el convertidor elevador 100 son regulador elevador, convertidor "boost" y convertidor "step-up". El convertidor elevador 100 forma parte del grupo de los interruptores periódicos de corriente continua (alias, convertidor CA-CA o chopper).

El convertidor elevador 100 comprende un transistor 110, una inductividad 120 y un diodo 130. Además, están representadas una capacidad 140 opcional y una resistencia 150 que representa un consumidor de la tensión continua de salida U2. No está representada una entrada de control del transistor 110, a través del que el transistor 110 se puede poner en un estado conductor o no conductor.

El transistor 110 se usa como conmutador y puede ser por ejemplo un transistor bipolar, un FET, MOSFET, IGBT, GTO u otro semiconductor que puede controlarse en una tensión continua entre un estado conductor y un estado no conductor. La capacidad 140 sirve para alisar la tensión de partida U2. Según la aplicación, la tensión de salida U2 se puede seguir regulando y/o cribando para adaptarse a los requisitos de un consumidor.

- 5 El transistor 110 se excita en su entrada de control con una señal rectangular periódica, comprendiendo cada período de ciclo T una parte $T_{desc.}$, mientras el transistor 110 no conduce, y una parte $T_{con.}$, mientras el transistor 110 conduce. Con un flujo de corriente continuo sin lagunas de corriente, para el convertidor elevador 100 es válido:

$$U2 = \frac{T}{t_{desc.}} U1 \quad \text{(Ecuación 1)}$$

- 10 La figura 2 muestra un convertidor reductor 200. El convertidor reductor 200 está formado por los mismos elementos 110 a 150 que el convertidor elevador 100 y sirve para convertir la tensión continua de entrada U1 en una tensión continua de salida U2 más baja. Otras denominaciones para el convertidor reductor 200 con convertidor de cubo, convertidor "buck", convertidor descendente, convertidor "step-down". El convertidor reductor 200 igualmente forma parte del grupo de los interruptores periódicos de corriente continua. Con un flujo continuo de corriente sin lagunas de corriente, para la tensión de salida es válido:

$$U2 = \frac{t_{con.}}{T} U1 \quad \text{(Ecuación 2)}$$

- 15 Según la invención, el convertidor elevador 100 y el convertidor reductor 200 pueden usarse para retransportar energía eléctrica de una célula de energía a otra célula de energía. Se pueden emplear de manera equivalente el convertidor elevador 100 o el convertidor reductor 200. En cualquier caso, el convertidor de tensión continua 100, 200 se usa para transportar energía de una célula de energía con una mayor tensión a una célula de energía contigua con una menor tensión.

- 20 La figura 3 muestra un equilibrador 300. En la zona izquierda de la figura 3 está representado un número de células de energía C1 a C7 que están interconectadas en serie. El equilibrador 300 forma junto a las células de energía C1 a C7 un acumulador de energía 305. Las células de energía C1 a C7 pueden comprender acumuladores o condensadores. El punto de pie de la célula de energía C1 inferior está puesto a masa. Como se indica mediante los puntos entre C2 y C3, se puede usar una multiplicidad discrecional de células de energía; un límite inferior adecuado se sitúa en dos células de energía C1 y C2. Las células de energía C1 a C7 suministran respectivamente una tensión continua de intensidad aproximadamente igual y pueden comprender por ejemplo condensadores, especialmente condensadores de doble capa con una capacidad de hasta varios 1.000 faradios, o bien, acumuladores, por ejemplo acumuladores de iones de litio. En otra forma de realización, las células de energía C1 a C7, por ejemplo en forma de células fotoeléctricas, también pueden convertir ellas mismas energía y proporcionar energía eléctrica.

- 30 El equilibrador 300 comprende un control 310 que puede estar realizado como microordenador, un equipo de medición 320 y un número de convertidores de tensión continua 330, estando asignados unos a otros por pares convertidores de tensión continua 330 y células de energía C1 a C7. Cada convertidor de tensión continua 330 comprende un transistor T, un diodo D, un transmisor TR con inductividades L1 y L2, así como una resistencia de medición R. A través de los convertidores de tensión continua 330, el equilibrador 300 comprende un transmisor TR1 adicional con inductividades L1 y L2 así como un diodo D adicional.

- 35 Los convertidores de tensión continua 330 están realizados como convertidores elevadores correspondientes al convertidor elevador 100 en la figura 1, produciéndose un transporte de energía entre las células de energía desde abajo hacia arriba. En una forma de realización alternativa también pueden usarse convertidores reductores 200 según la figura 2, produciéndose el transporte de energía desde arriba hacia abajo. Las señales de control para el convertidor elevador 100 o el convertidor reductor 200 tendrían que adaptarse de manera correspondiente.

- 40 Entre una conexión superior y una conexión inferior de la célula de energía C1 están interconectadas en serie la inductividad L1 del transmisor TR y el transistor T. Desde un punto de conexión de la inductividad L1 con el transistor T, el diodo D conduce en el sentido de paso hacia la conexión superior de la célula de energía C2. La inductividad L1 está acoplada dentro del transmisor TR magnéticamente a la inductividad L2, preferentemente a través de un núcleo transmisor. Una conexión de la segunda inductividad L2 está situada en la conexión inferior de C1. La otra conexión de la inductividad L2 conduce a través de la resistencia R al equipo de medición 320 que también está conectado a los demás convertidores de tensión continua 330 a través de resistencias R.

- 5 El equipo de medición 320 proporciona al control 310 una señal de medición que indica una tensión determinada de una de las células de energía C1 A C7. El equipo de medición 320 puede estar implementado especialmente por un convertidor analógico-digital con varias entradas analógicas. Por medio del optoacoplador O, una entrada de control del transistor T de cada convertidor de tensión continua 330 está conectada al control 310. Cuando el transistor T es excitado por el control 310 es excitado por medio del optoacoplador O, se vuelve de bajo ohmiaje y la primera inductividad L1 se encuentra paralelamente a la célula de energía C1. El optoacoplador O sirve para la separación de potencial del convertidor de tensión continua 330 por el control 310. En otras formas de realización, también se puede usar un transmisor u otro dispositivo para la separación de potencial, dado el caso, también se puede suprimir el optoacoplador O.
- 10 Para realizar una medición de la tensión de la célula de energía C1, el control 310 emite un impulso corto al optoacoplador O, mientras controla el transistor T, de tal forma que la inductividad L1 se encuentra paralelamente con respecto a la célula de energía C1. De esta manera, en la zona de la inductividad L1 se establece un campo magnético y al finalizar el impulso se vuelve a desestablecer, dependiendo la intensidad máxima del campo magnético y al finalizar el impulso se vuelve a desestablecer, dependiendo la intensidad máxima del campo magnético, en la inductividad L2 se induce una tensión proporcional a la intensidad máxima del campo magnético. Esta tensión es explorada por el
- 15 equipo de medición 320 y proporcionada al control 310. Mediante la emisión secuencial de impulsos correspondientes a los convertidores de tensión continua 330 se pueden explorar sucesivamente las tensiones de todas las células de energía C1 a C7 y proporcionar los valores de medición explorados al control 310.
- 20 Para transmitir energía eléctrica de la célula de energía C1 a la célula de energía C2, el control 310 emite una señal periódica, por ejemplo una señal rectangular, al optoacoplador O, estando elegida la relación de exploración de la señal como se ha descrito anteriormente con relación a las ecuaciones 1 y 2.
- 25 Mediante la elección adecuada de la relación de exploración, entonces también se puede transportar energía de la célula de energía C1 a la célula de energía C2, si las tensiones de las células de energía C1 y C2 son muy similares o idénticas. Habitualmente, el convertidor de tensión continua 330 es excitado por el control 310 de tal forma que lo más rápidamente posible se ajustan tensiones idénticas en las células de energía C1 y C2. Por lo tanto, un transporte de energía de la célula de energía C1 a la célula de energía C2 habitualmente se produce únicamente si se detecta que la tensión de la célula de energía C1 es superior a la tensión de la célula de energía C2, preferentemente por un importe predeterminado.
- 30 De manera correspondiente, los convertidores de tensión continua 330 adicionales son excitados por el control 310 para producir una compensación de energía entre las células de energía asignadas y la célula de energía vecina respectivamente superior. El transmisor TR1 produce un encadenamiento cíclico de las células de energía C7 y C1, es decir, que el convertidor de tensión continua 330 que está asignado a la célula de energía C7 puede transmitir energía eléctrica a la célula de energía C1 por medio del transmisor TR1 y del diodo D.
- 35 Para ahorrar energía, durante una fase de reposo, ninguno de los convertidores de tensión continua 330 puede ser excitado por el control 310, de manera que la absorción de corriente del equilibrador 300 está limitada a corrientes en estado de no conducción en los transistores T.
- 40 Cada uno de los convertidores de tensión continua 330 tiene un grado de eficacia determinado de por ejemplo 80%. La energía tomada de la célula de energía C1 puede ser absorbida solo al 80% por la célula de energía C2, el 20% restante se convierte en calor principalmente en el convertidor de tensión continua 330 que está asignado a la célula de energía C1. Si se transporta energía paso a paso a través de varias células de energía C1 A C7, a la célula de energía C3 se puede aportar ya solo el 64% de la energía tomada inicialmente de la célula de energía C1. En la célula de energía C5 es todavía aprox. el 51%, mientras en la célula de energía C5 ya solo es el 41%. Una carga por ejemplo de la célula de energía C5 en cuatro pasos desde la célula de energía C1 es poco rentable, ya que en los
- 45 convertidores de tensión continua 330 que están asignados a las células de energía C1 a C4, más de la mitad de la energía transmitida se convierte en calor. Sin embargo, este efecto también puede ser deseado, ya que al contrario de muchos otros equilibradores, la conversión de energía eléctrica en calor se produce en los distintos convertidores de tensión continua 330 y no en un componente individual, de manera que puede facilitarse la evacuación del calor de escape originado.
- 50 La figura 4 muestra un modo de conexión de un transmisor TR2 usado de forma múltiple en el equilibrador 300 de la figura 3. El transmisor TR 2 sustituye varios de los transmisores TR en la figura 3 acoplando varias primeras inductividades L1 de los transmisores TR a una segunda inductividad L2. En una forma de realización preferible, por razones de eficiencia, el transmisor TR2 está arrollado en un núcleo anular. Sin embargo, también es posible cualquier otra forma de núcleo usando materiales de núcleo usuales, por ejemplo hierro dulce, chapa laminada o metal de Mu. La segunda inductividad L2 está conectada al control 310 como en la representación de la figura 3,
- 55 usándose una resistencia R opcional.

En la figura 4 están representadas solo tres inductividades L1 que están asignadas a las células de energía C1 a C3; generalmente, un número discrecional de inductividades L1 pueden estar acopladas a la segunda inductividad L2 por medio del transmisor TR2. Mediante la integración de varios transmisores TR en un transmisor TR2, se pueden ahorrar no solo varias segundas inductividades L2, sino también la previsión de varias entradas en el equipo de medición 320.

Para realizar una medición de las tensiones de las células de energía C1 a C7 del equilibrador 300 de la figura 3, usando el transmisor TR2 de la figura 4 es necesario que las tensiones se determinen de forma secuencial. Para ello, el control 310 excita con impulsos sucesivamente los optoacopladores O de los convertidores de tensión continua 330, de manera que en todo momento solo una de las primeras inductividades L1 está conectada en paralelo a la célula de energía C1 a C7 que le está asignada.

La figura 5 muestra un modo de conexión de un transmisor TR3 en el equilibrador 300 de la figura 3. Por medio de un conmutador S, una primera inductividad L1 puede conectarse alternativamente a la primera célula de energía C1 o a la segunda célula de energía C2. Con un número correspondiente de posiciones de conmutación o de conexiones del conmutador S, el principio representado puede extenderse a un número discrecional de células de energía C1 a C7.

El circuito representado en la figura 5 requiere que tanto la determinación de las tensiones de las células de energía C1 a C7 como el transporte de energía eléctrica entre células de energía C1 a C7 se realicen en todo momento solo en una de las células de energía C1 a C7. En otra forma de realización pueden emplearse varios transmisores TR3 conectados respectivamente a varias células de energía C1 a C7. El equipo de medición 320 puede presentar entonces el mismo número de entradas que de transmisores TR3 previstos. Es posible una combinación de los modos de conexión de las figuras 4 y 5.

La figura 6 muestra el acumulador de energía 305 de la figura 3 en otra forma de realización.

Las células de energía C1 a C7 están divididas en un primer grupo 605 de las células de energía impares C1, C3, C5 y C7 y un segundo grupo 610 de las células de energía pares C2, C4, C6 y C8. Las células de energía del primer grupo 605 y del segundo grupo 610 están conectadas por pares por medio de un convertidor elevador 330 que comprende la primera inductividad L1, el diodo D y el transistor T. El transistor T puede ser excitado por medio del optoacoplador O por el equipo de medición 320. Para mayor facilidad, solo un optoacoplador O está representado como ejemplo para todos los convertidores elevadores 330, aunque cada convertidor elevador 330 puede ser controlado por medio de un optoacoplador O asignado, por separado e independientemente de los demás convertidores elevadores 330.

La representación del acumulador de energía 305 con el equilibrador 300 es incompleta en el sentido de que no están representadas conexiones que interconectan completamente las células de energía C1 a C7 conectadas por pares, es decir, la conexión superior de C2 con la conexión inferior de C3 y, de manera correspondiente, C4 con C5 así como C6 con C7. Además, no están representados los convertidores elevadores 330 asignados a los acumuladores de energía del segundo grupo 610, que están concebidos para recibir energía procedente de las células de energía del segundo grupo 610 e introducirla en las células de energía del primer grupo 605.

Las primeras inductividades L1 de todos los convertidores elevadores 330 y una segunda inductividad L2 están acopladas magnéticamente entre sí. Preferentemente, el acoplamiento se realiza mediante un arrollamiento de las inductividades L1 y L2 en un núcleo 615 común.

Mediante una excitación breve de un transistor T de uno de los convertidores elevadores 330, la tensión de la célula de energía asignada del primer grupo 605 se aplica en la primera inductividad L1, por lo que resulta un campo magnético en la zona de la segunda inductividad L2. A continuación, en la segunda inductividad L2 se puede medir mediante el equipo de medición 320 una tensión que es proporcional a la tensión de la célula de energía correspondiente del primer grupo 605. Una relación de arrollamiento de las bobinas L1 y L2 influye de manera conocida como factor constante en el resultado de medición.

De la manera descrita, el equipo de medición 320 puede ahora excitar respectivamente brevemente los transistores T de los convertidores elevadores 330 restantes para determinar las tensiones de las células de energía restantes del primer grupo 605.

A continuación, el equipo de medición 320 determina aquella célula de energía del primer grupo 605 que presenta la máxima tensión. Entonces, el equipo de medición 320 excita el transistor T asignado a dicha célula de energía tanto tiempo que por la corriente que fluye por la inductividad L1 correspondiente aporta energía de la célula de energía correspondiente del primer grupo 605 al núcleo 615 que acopla entre sí magnéticamente todas las bobinas L1 y la bobina L2. En una forma de realización, también se pueden excitar al mismo tiempo varios transistores T de varios convertidores elevadores 330 para establecer un campo magnético en la zona del núcleo 615 magnético.

Si a continuación se finaliza la excitación del transistor T, el campo magnético que se derrumba induce en las inductancias L1 y L2 corrientes correspondientes. A través de un diodo D asignado, cada una de las primeras inductancias L1 está situada paralelamente a una célula de energía del segundo grupo 610. En función de una tensión de cada célula de energía del segundo grupo 610 fluye una corriente por el diodo D asignado, de manera que se carga la célula de energía correspondiente del segundo grupo 610. Durante ello se carga automáticamente de forma más fuerte aquella célula de energía del segundo grupo 610 que en el momento de la apertura del transistor T presenta la menor tensión.

Repetiendo la carga descrita de las células de energía del primer grupo 605 a las células de energía del segundo grupo 610, las células de energía del segundo grupo 610 pueden adoptar tensiones que se diferencian ya solo por importes que corresponden a las dispersiones en serie de las tensiones de flujo de los diodos D.

Un equilibrador 300 correspondiente puede indicarse alternativamente sobre la base de convertidores reductores 200 de la figura 2. El circuito variado de esta manera es excitado de manera correspondiente, estando intercambiadas las fases de conexión y las fases de desconexión de los transistores T, como se ha descrito anteriormente con referencia a las figuras 1 y 2. Un ejemplo de tiempo de excitación de un transistor T para la determinación de tensión es de 5 μ s con una frecuencia de 1 kHz. Un ejemplo de tiempo de excitación para la transmisión de energía es de 50 μ s con una frecuencia de 10 kHz. El tiempo de excitación para la transmisión de energía puede modificarse para variar la cantidad de la energía transportada.

La figura 7 muestra un detalle de un acumulador de energía 305 con un equilibrador 300 conforme a las figuras 3 y 6 según otro ejemplo de realización. 48 células de energía C1 a C48 están interconectadas en serie y suministran en suma una tensión de partida U_{desc} . Para la compensación de asimetrías entre las células de energía C1 a C48 está previsto el equilibrador 300.

En la figura 7, el convertidor elevador 330 es en la zona de C1 un convertidor con oscilador de bloqueo ("flyback converter"). Todas las inductancias L1 representadas de los convertidores elevadores 330 y una inductancia L3 están acopladas magnéticamente entre sí por medio de un núcleo magnético común y de esta manera forman un transformador.

El transistor T del convertidor elevador 330 en la célula de energía C1 necesita para la excitación un potencial proporcionado por la célula de energía C1 asignada y la célula de energía C2 situada por encima. De manera correspondiente, esto es válido también para los convertidores elevadores 330 de las células de energía C2 a C48. Para poder excitar el transistor T en la célula de energía C48, para proporcionar el potencial de excitación está prevista la célula de ayuda C49.

Para la carga de la célula de ayuda C49 está formada una célula auxiliar C_{aux} mediante la conexión en serie de tres células de energía físicas contiguas entre C1 y C48, pudiendo usarse tres células de energía contiguas.

La capacidad de la célula de ayuda C49 está elegida de tal forma que la energía acumulable en la célula de ayuda C49 basta al menos para la excitación de un convertidor elevador 330 o del transistor T de este. Mientras en un ejemplo de realización, las células de energía C1 a C48 pueden presentar capacidades de la magnitud de aprox. 3.000 F (faradios), la capacidad de la célula de ayuda C49 es de solamente aprox. 1.000 μ F.

Para hacer funcionar el equilibrador 300, se produce en una secuencia de tres modos distintos. En el primer modo, el modo de medición, el transistor T de la fuente de apoyo C_{aux} se excita con un tiempo de conexión de por ejemplo 5 μ s con una frecuencia de 1 kHz, usándose la fase de conexión del transistor T para la transmisión de energía de la célula auxiliar C_{aux} a la célula de ayuda C49. El transformado establecido alrededor de las inductancias L1 y el núcleo común trabaja por tanto como convertidor de paso. La energía transmitida basta para poner la célula de ayuda C49 a la energía de excitación necesaria para la medición de tensión de la célula de energía C48.

En un segundo modo, el modo de equilibrado para la célula de energía C48, se necesita una mayor energía de excitación que en el primer modo. El transistor T de la célula auxiliar C_{aux} se excita con un tiempo de excitación más largo, por ejemplo de 5 μ s, con una frecuencia de funcionamiento de 10 kHz. Por lo demás, el modo de funcionamiento es igual al primer modo. De manera correspondiente, las otras células de energía pueden equilibrarse mediante la excitación de los transistores asignados.

Para cargar la primera célula de energía C1, se activa un tercer modo, el modo de equilibrado de la célula de energía C1. Los transistores T que están asignados a la célula de energía C1 y a la célula auxiliar C_{aux} son controlados completamente, de manera que la energía procedente de la célula auxiliar C_{aux} se almacena magnéticamente en el núcleo que acopla las inductancias L1 y L3 entre sí. Si a continuación se abre el transistor T que está asignado a la célula auxiliar C_{aux} , la energía almacenada en el núcleo no fluye a la célula auxiliar C_{aux} , sino a la célula de energía C1, ya que esta presenta una menor tensión que la célula auxiliar C_{aux} formada por varias células de energía, ya que esta presenta una menor tensión que la célula auxiliar C_{aux} formada por varias células de

energía. La longitud de los tiempos de conexión y de desconexión de los transistores T depende de las tensiones de la célula auxiliar C_{aux} de la célula de energía C1.

La tercera inductividad L3 sirve para la desmagnetización en la fase de bloqueo de los transistores T, cuando el equilibrador 300 representado en la figura 7 trabaja en el primer o el segundo modo.

- 5 La figura 8 muestra un diagrama de secuencia de un procedimiento de equilibrado 800 para el equilibrador 300 de la figura 3 o de la figura 6. Con vistas al transmisor TR2 combinado de la figura 4 se realiza una medición o transmisión de energía secuenciales.

- 10 En un primer paso 810, la primera célula de energía C1 se pone como célula de energía actual. Después, en un paso 820 se emite un impulso de control al optoacoplador O de aquel convertidor de tensión continua 330 que está asignado a la célula de energía actual. Por medio del equipo de medición 320, en la inductividad L2 asignada se determina una tensión, sobre cuya base se determina la tensión de la célula de energía actual.

A continuación, en un paso 830 se comprueba si la célula de energía actual es la última célula de energía del circuito en serie, es decir, en la representación de la figura 3, la célula de energía C7. Si este no es el caso, en un paso 840 se incrementa la célula de energía actual y el procedimiento 800 continúa con el paso 820.

- 15 En el caso del equilibrador 300 de la figura 6, la célula auxiliar es la última célula de energía que se equilibra. Para el equilibrado de la primera célula de energía C1, e puede proceder de la manera descrita anteriormente con referencia al tercer modo.

- 20 Si la célula de energía actual no es la última célula de energía del circuito en serie, el procedimiento 800 continúa con el paso 850 en el que las tensiones determinadas se comparan entre sí y se determinan relaciones de impulso para la transmisión de energía entre células de energía C1 a C7 contiguas. Estas relaciones de impulsos a continuación se emiten en un paso 860 a los optoacopladores O. El paso 860 se ejecuta durante una duración de tiempo predeterminada. A continuación, en un paso 870 opcional se puede interponer una pausa en la que no se excita ninguno de los optoacopladores O de los convertidores de tensión continua 330.

- 25 De esta manera, se puede minimizar un consumo de energía del equilibrador 300. Además, puede resultar ventajoso interponer una pausa para dejar reposar las células de energía C1 a C7 y no sobrecargarlas.

- 30 Después, el procedimiento 800 vuelve al paso 810 y puede ejecutarse de nuevo. Al usar transmisores TR individuales según la figura 3, las secuencias de tiempo de la determinación de tensión (pasos 810 a 840) y de la emisión de impulsos de control después del paso 860 conforme a las indicaciones hechas anteriormente con relación a las figuras 3 o 6 se pueden modificar de tal forma que se realizan varias determinaciones de tensión y/o varios transportes de energía (paso 860) al mismo tiempo. Al usar el transmisor TR3 de la figura 5 han de controlarse determinaciones de tensión secuenciales (pasos 810 a 840) y transportes de energía secuenciales (paso 860), teniendo que excitarse de manera adecuada el conmutador S.

REIVINDICACIONES

1. Equilibrador (300) para una primera (C1) y una segunda célula de energía eléctrica (C2):

- 5 - un interruptor periódico de corriente continua (330) con una inductividad (L1), estando concebido el interruptor periódico de corriente continua (330) para, en un primer estado de conmutación, recibir en la inductividad (L1) energía de la primera célula de energía (C1) y, en un segundo estado de conmutación, emitir a la segunda célula de energía (C2) la energía recibida de la inductividad (L1);
- un equipo de medición (320, L2, R) para determinar las tensiones de las células de energía (C1, C2) estando concebido el equipo de medición (320, L2, R) para determinar las tensiones de las células de energía (C1, C2) sobre la base de un campo magnético de la inductividad (L1);
- 10 - un equipo de excitación (310) para la excitación del interruptor periódico de corriente continua (330) en los dos estados de conmutación en función de las tensiones determinadas;

caracterizado porque

15 el equipo de excitación (310) está concebido para la determinación de tensión de una las células de energía (C1, C2) por medio de una excitación breve y permitir una transmisión de energía por medio de una excitación larga de uno de los estados de conmutación.

2. Equilibrador (300) según la reivindicación 1, en el que el equipo de medición (320, L2, R) comprende una inductividad de medición (L2) acoplada magnéticamente a la inductividad (L1).

20 3. Equilibrador (300) según la reivindicación 1 o 2, en el que está prevista una multiplicidad de células de energía (C1 a C7) conectadas por pares como primeras (C1) y segundas células de energía (C2) con interruptores periódicos de corriente continua (330) asignados, estando acopladas magnéticamente entre sí las inductividades (L1) de los interruptores periódicos de corriente continua (330) para permitir una transmisión de energía entre las primeras células de energía (C1) y las segundas células de energía (C2).

25 4. Equilibrador (300) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que una multiplicidad de células de energía (C1 a C7) están interconectadas en serie, estando asignado a cada célula de energía (C1 a C7) un interruptor periódico de corriente continua (330) y estando previsto para proporcionar energía de excitación de uno de los interruptores periódicos de corriente continua (330) un acumulador auxiliar que puede cargarse a partir de las células de energía (C1 a C7).

30 5. Equilibrador (300) según la reivindicación 4, en el que el acumulador auxiliar puede cargarse, por medio de un interruptor periódico de corriente continua (330) asignado, a partir de una conexión en serie de varias de las células de energía (C1 a C7).

6. Equilibrador (300) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el interruptor periódico de corriente continua es un convertidor elevador (330) y comprende un conmutador (T) controlado para la conexión selectiva de la primera célula de energía (C1) a la inductividad (L1) así como un diodo (D) que conduce desde la inductividad (L1) y el conmutador (T) hasta la segunda célula de energía (C2).

35 7. Equilibrador (300) según la reivindicación 6, **caracterizado por que** el medidor de tensión (320) está concebido para determinar la tensión de la célula de energía (C1), mientras está cerrado el conmutador (T), y el interruptor periódico de corriente continua (330) está concebido para transportar la energía a la segunda célula de energía (C2), mientras está abierto el conmutador (T).

40 8. Equilibrador (300) según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** el interruptor periódico de corriente continua es un convertidor reductor (200) y comprende un conmutador (T) controlado para la conexión selectiva de la primera célula de energía (C1) a un diodo (D) así como una inductividad (L1) que conduce desde el diodo (D) y el conmutador (T) hasta la segunda célula de energía (C2).

45 9. Equilibrador (300) según la reivindicación 8, **caracterizado por que** el medidor de tensión (320) está concebido para determinar la tensión de la célula de energía (C1), mientras está abierto el conmutador (T), y el interruptor periódico de corriente continua (200) está concebido para transportar la energía a la segunda célula de energía (C2), mientras está cerrado el conmutador (T).

10. Acumulador de energía (305) que comprende varias células de energía (C1 a C7) interconectadas en serie y un equilibrador (300) según una de las reivindicaciones anteriores para el equilibrado de las células de energía (C1 a

C7).

- 5 11. Procedimiento de equilibrado (305) para una primera (C1) y una segunda célula de energía (C2) eléctrica con un interruptor periódico de corriente continua (330) con una inductividad (L1), estando concebido el interruptor periódico de corriente continua (330) para, en un primer estado de conmutación, recibir en la inductividad (L1) energía de la primera célula de energía (C1) y, en un segundo estado de conmutación, emitir la energía recibida de la inductividad (L1) a la segunda célula de energía (C2), comprendiendo el procedimiento los siguientes pasos:
- la excitación breve del interruptor periódico de corriente continua (330);
 - la determinación (810 a 840) de las tensiones de las células de energía (C1, C2) sobre la base de un campo magnético de la inductividad (L1);
- 10 - la excitación larga del interruptor periódico de corriente continua (330) en función de las tensiones determinadas, para transportar energía de la primera célula de energía (C1) a la segunda célula de energía (C2).
12. Procedimiento de equilibrado (800) según la reivindicación 11, en el que el interruptor periódico de corriente continua (330) para la determinación de las tensiones se excita de manera tan breve que la inductividad actúa, junto a una inductividad de medición acoplada magnéticamente, como transformador.
- 15 13. Procedimiento de equilibrado (800) según la reivindicación 11 o 12, en el que, para el transporte de energía, el interruptor periódico de corriente continua (330) se excita durante tanto tiempo que se almacena temporalmente energía en la inductividad.
- 20 14. Producto de programa de ordenador con medios de código de programa para la realización del procedimiento (800) según una de las reivindicaciones 11 a 13, cuando se ejecuta en un equipo de realización (310) o cuando está almacenado en un medio legible por ordenador.

FIG 1

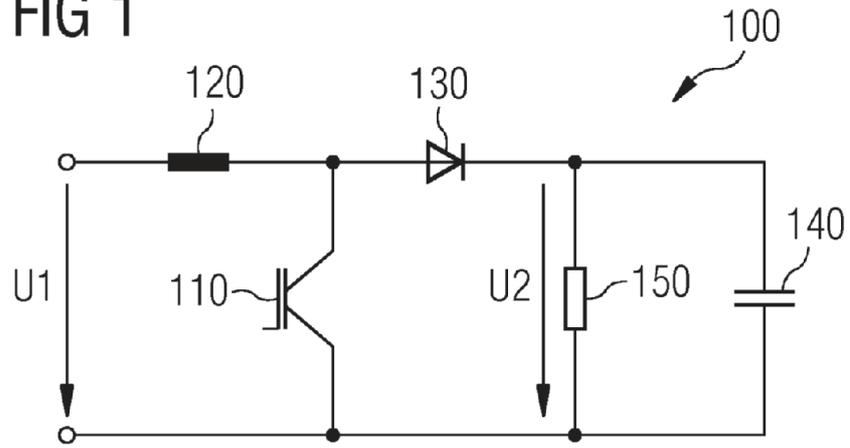


FIG 2

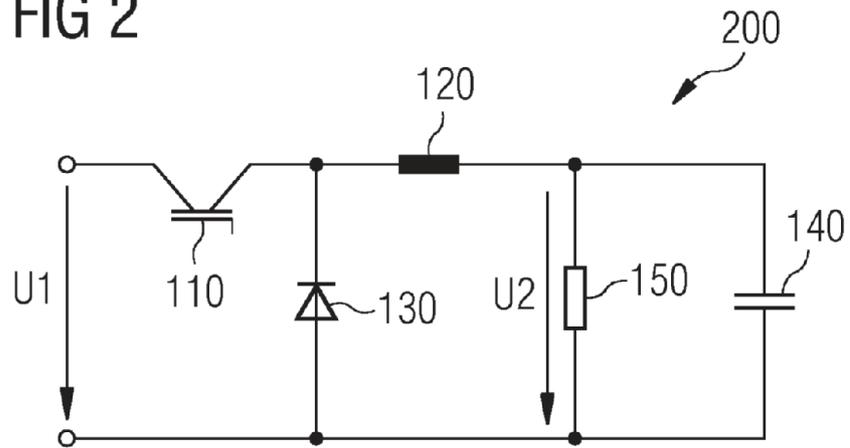


FIG 3

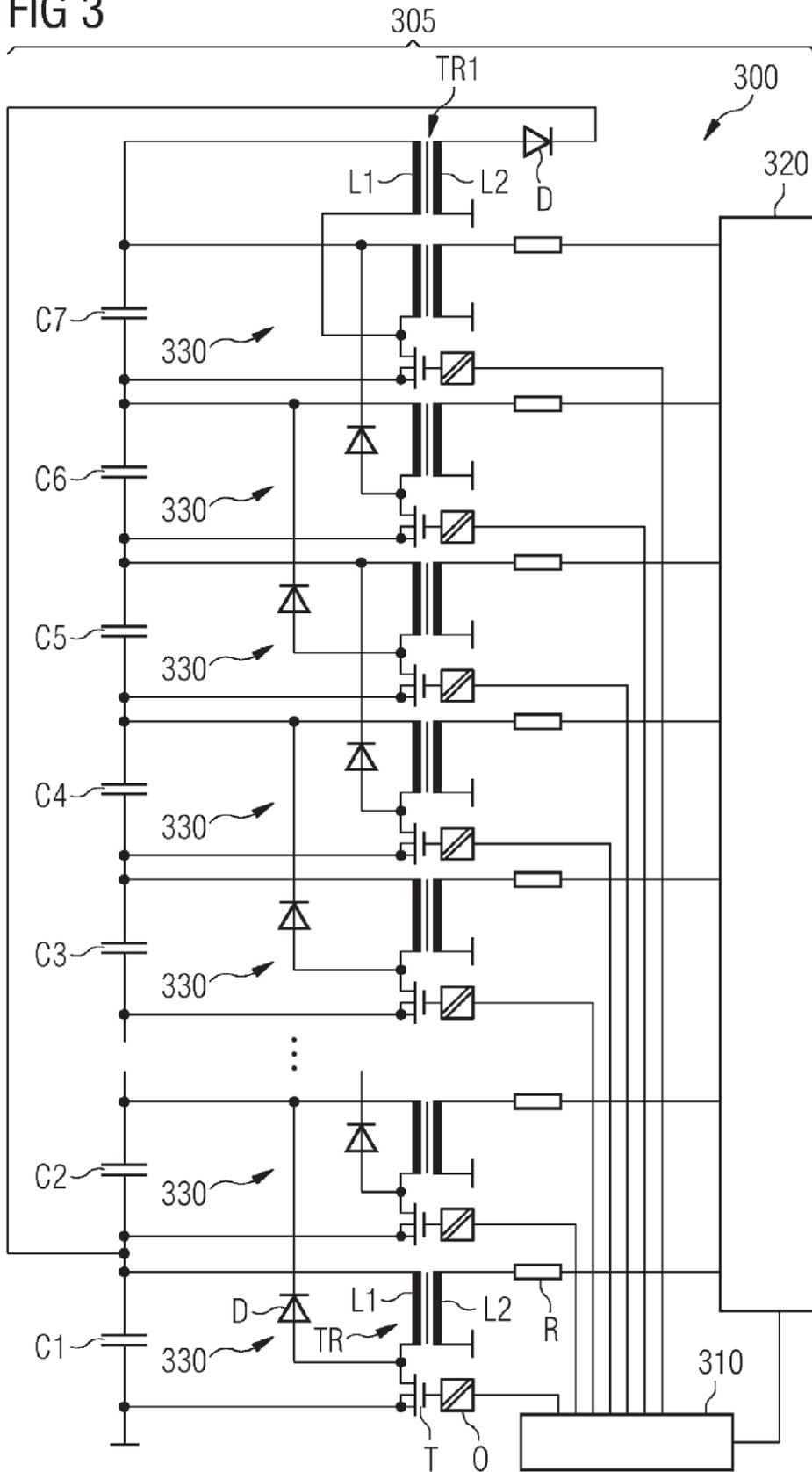


FIG 4

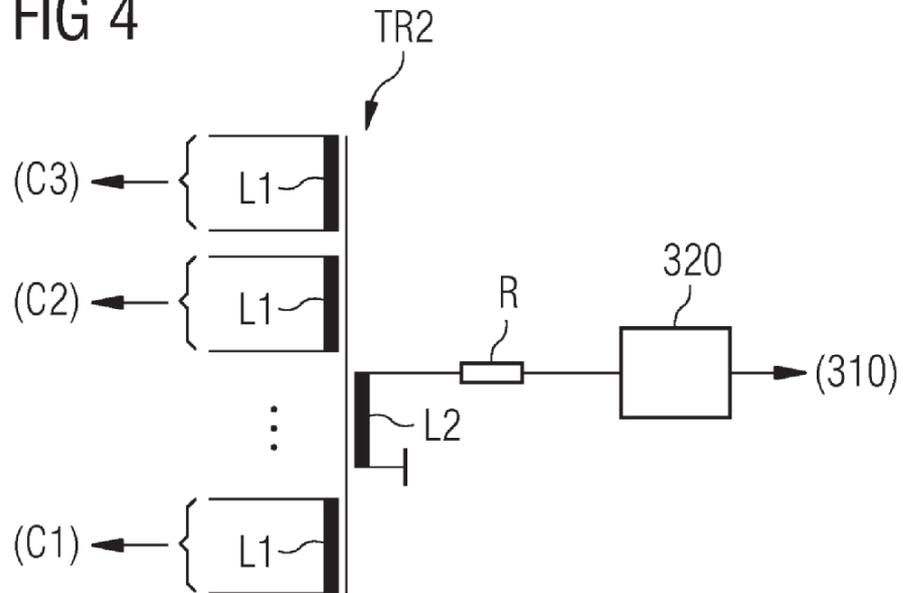


FIG 5

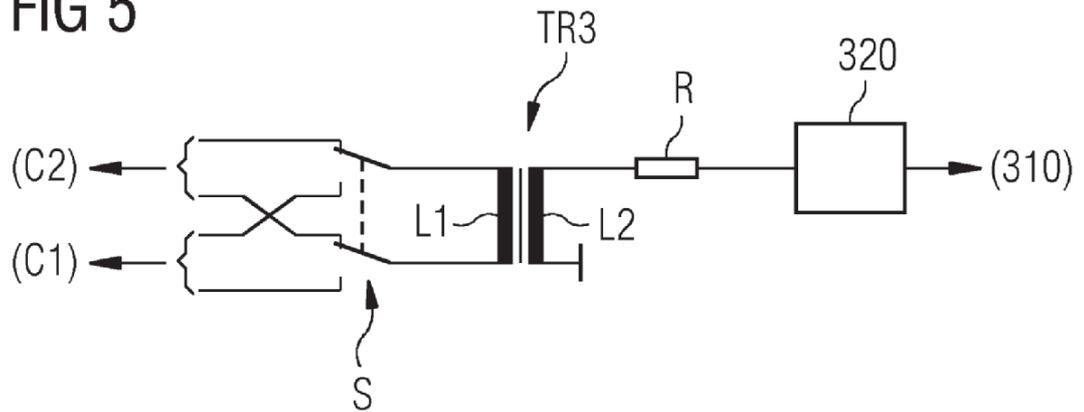


FIG 6

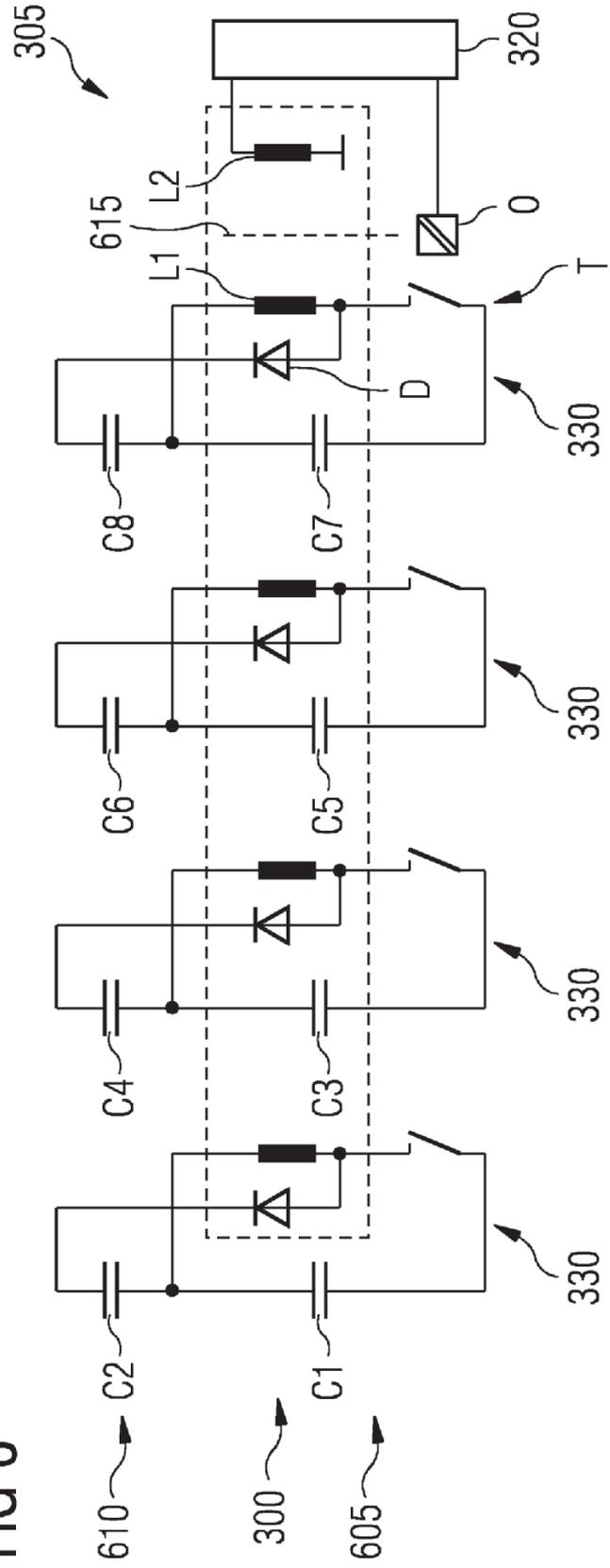


FIG 7

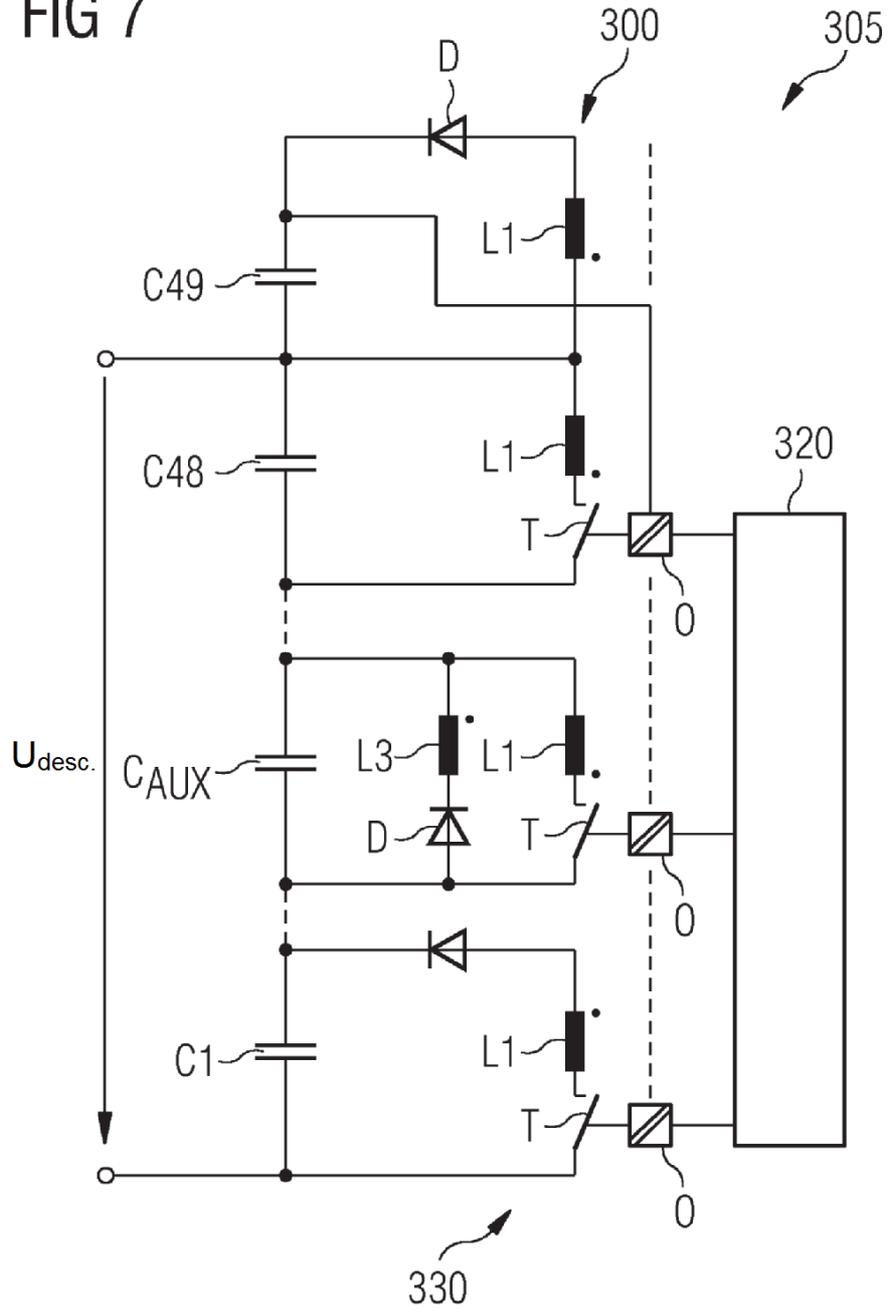


FIG 8

