

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 662 891**

51 Int. Cl.:

H02J 7/00 (2006.01)
H02J 15/00 (2006.01)
B60L 7/12 (2006.01)
B60L 11/18 (2006.01)
H02J 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.07.2012 PCT/CA2012/050479**
87 Fecha y número de publicación internacional: **24.01.2013 WO13010270**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.07.2012 E 12814423 (5)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.01.2018 EP 2732530**

54 Título: **Sistema de recarga rápida de niveles múltiples**

30 Prioridad:

15.07.2011 CA 2746304
29.07.2011 CA 2747880

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.04.2018

73 Titular/es:

HYDRO-QUEBEC (100.0%)
75 Boulevard René-Lévesque Ouest
Montréal, QC H2Z 1A4, CA

72 Inventor/es:

BEAUREGARD, FRANÇOIS

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 662 891 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).

DESCRIPCION

Sistema de recarga rápida de niveles múltiples

AMBITO DE LA INVENCION

5 La invención se refiere en general a un sistema de recarga, y más particularmente a un sistema de recarga rápida de niveles múltiples con etapas de convertidor y de almacenado interno superpuestas.

ESTADO DE LA TECNICA

10 La nueva llegada de baterías de potencia, entre otras de Li-ion con nanotitanato, que presentan una impedancia interna muy baja, una resistencia muy buena a las descargas profundas y una duración de varias decenas de millares de ciclos, abre la puerta a una necesidad que clama por los cargadores rápidos. Ahora es posible recargar un vehículo en 5 minutos. Por ejemplo, autobuses con una cantidad mínima de baterías a bordo pueden rodar una veintena de kilómetros de forma autónoma y recargarse en unos minutos al final de línea.

Un problema reside en la realización económica de un cargador que pueda manipular los niveles de potencia requeridos por tales velocidades de recarga. Se habla de potencias del orden de centenas de kilovatios incluso de megavatios en el caso de trenes o de autobuses.

15 No solamente el cargador debe manipular estos niveles de potencias, sino que además, los puntos de conexión compatibles con la red eléctrica son limitados o costosos. En el caso de una estación de autobuses, la potencia contratada de la red puede establecerse en función de la hora punta (que corresponde a la potencia máxima facturable), pero el resto del tiempo, el consumo puede ser mucho menor. Un caso extremo se sitúa en una aplicación residencial donde el cargador está destinado para ser utilizado por unos 10 minutos por día para cargar un vehículo eléctrico por ejemplo a 100 kilovatios.

20 Por consiguiente existe una necesidad de un cargador muy potente y que comprenda un almacenado interno destinado para nivelar la potencia vista de la red eléctrica.

25 Una solución clásica consiste en utilizar un pequeño cargador que funciona durante periodos largos, preferiblemente a las horas en que la demanda energética es baja, con el fin de almacenar la energía en una batería intermedia local, también del tipo de potencia. Cuando se conecta un vehículo para una recarga rápida, se utiliza un potente convertidor DC-DC para transferir un bloque grande de energía de la batería intermedia a la del vehículo. Esta solución resuelve el problema del factor de utilización, pero requiere siempre un convertidor de tamaño grande.

30 Además, la batería intermedia requiere un sistema de equilibrado de la carga entre las diversas células y módulos que la constituyen. Este sistema contribuye de nuevo a la elevación de costes incluso a las pérdidas energéticas del conjunto.

También, la proliferación de cargadores con electrónica de potencia corre el riesgo de deteriorar la calidad de la onda eléctrica de la red. Las armónicas y las interferencias generadas por las formas de ondas cortadas son las principales responsables. Las normas sobre los aparatos de este tipo solo pueden evolucionar ajustando los criterios de emisiones electromagnéticas. Existe pues una necesidad por mejorar la calidad de la onda de corriente de tales cargadores.

35 Con este fin, los convertidores de potencia con factor de potencia unitario con modulación "sinusoidal pulse width modulation" ("sinusoidal PWM" o SPWM) constituyen una solución técnicamente atrayente aunque se tengan que utilizar frecuencias de modulación elevadas, lo cual produce pérdidas de conmutación. Una variante de niveles múltiples de tensión permite reducir la frecuencia de conmutación preservando la calidad de la onda. Sin embargo, el suministro y el mantenimiento de tensiones continuas a varios niveles por el lado DC plantea problemas de control y/o de complejidad.

40 Por último, existe una demanda creciente para que los aparatos conectados a la red puedan aportarle asistencia en ciertas circunstancias. Bien sea para la nivelación de potencia (es decir contribuir hasta cierto punto a suministrar potencia en periodos punta), del soporte de tensión por suministro de potencia reactiva o incluso filtrado armónico. Por consiguiente un cargador que pudiese satisfacer estas necesidades constituiría una ventaja.

45 Se conoce particularmente el documento JPH11113185 que describe una disposición en etapas formada únicamente por baterías en serie en condiciones de intercambio de energía con un motor eléctrico y cargadores en paralelo que sirven para cargar las baterías. Esta disposición no permite un control de niveles múltiples de la contribución de las etapas que permita reducir el tamaño de los convertidores.

50 Se conoce igualmente el documento JPH05111171 que describe un dispositivo para la carga y el almacenado rápido de una batería. La batería intermedia comprendida en este dispositivo se descarga de forma incontrolada en la batería, lo cual no es deseable.

El documento US2001/048606 describe una alimentación de corriente continua que utiliza un esquema de equilibrado de potencia de convertidores, y no de baterías, que permite funcionar a partir de zonas de tensiones a la entrada. Este documento implica una configuración más complicada que la realizada en la presente invención. Este sistema no utiliza una batería de potencia intermedia.

- 5 El documento US2005/017682 describe un sistema autónomo de equilibrado de baterías con vigilancia de tensión integrada para una transferencia bilateral de energía entre las baterías. Este sistema tampoco utiliza una batería de potencia intermedia.

RESUMEN

- 10 Un objeto de la invención es proponer un sistema de recarga rápida de niveles múltiples con etapas de almacenado intermedio y de transferencia de energía imbricados.

Otro objeto de la invención es proponer un sistema de recarga rápida de este tipo que pueda ser muy potente y que pueda nivelar la potencia vista de la red eléctrica.

Otro objeto de la invención es proponer un sistema de recarga rápida de este tipo que pueda utilizar un convertidor de tamaño reducido.

- 15 Otro objeto de la invención es proponer un sistema de recarga rápida de este tipo que pueda permitir mejorar la calidad de la onda de corriente de tales tipos de sistemas o cargadores.

Otro objeto de la invención es proponer un sistema de recarga rápida de este tipo que pueda servir de aparato conectado a la red apto para aportar asistencia en ciertas circunstancias.

- 20 Según un aspecto de la invención, se propone un sistema de recarga rápida de niveles múltiples para intercambiar energía con un dispositivo eléctrico de potencia según la reivindicación independiente 1.

La invención está definida por las características de la reivindicación independiente 1. Los modos de realización preferidos están definidos por las reivindicaciones dependientes.

- 25 De forma no limitativa, el sistema de recarga rápida según la invención puede ser utilizado para la recarga rápida de vehículos eléctricos incluyendo automóviles, autobuses, trenes, metros, tranvías y trolebuses. Puede ser utilizado en estaciones de recarga públicas (estaciones de servicio) o residenciales. Puede ser utilizado para el almacenado local para frenado regenerativo del metro o de tren DC que entran en la estación. Puede jugar un papel para la asistencia de la red de alimentación eléctrica para la gestión de carga, la nivelación de punta de carga y la compensación de potencia reactiva o de las armónicas. Puede permitir la gestión integrada del equilibrado de las células de baterías.

DESCRIPCION BREVE DE LOS DIBUJOS

- 30 Una descripción detallada de las realizaciones preferidas de la invención se facilitará a continuación en referencia a los dibujos siguientes:

La Figura 1 es un diagrama esquemático que muestra que en un cargador clásico, el convertidor de salida debe dimensionarse para llevar la totalidad de la potencia.

- 35 La Figura 2 es un diagrama esquemático que ilustra la utilización de una batería de potencia intermedia que permite un control de un gran flujo de potencia con solamente un pequeño convertidor, un cargador lento que permite a largo plazo un mantenimiento de la carga de la batería de potencia intermedia.

La Figura 3 es un diagrama esquemático que ilustra que, con el fin de gestionar mejor el equilibrado de los niveles de carga de una batería intermedia, la batería intermedia puede subdividirse en módulos presentando cada uno su cargador lento.

- 40 La Figura 4 es un diagrama esquemático que muestra una realización donde una operación no simultánea de cargadores lentos, por una parte, y de convertidores de salida, por otra parte, permite evitar tener que recurrir a transformadores de aislamiento con relación a la red eléctrica.

La Figura 5 es un diagrama esquemático que ilustra que los módulos de contactores se utilizan para preseleccionar un nivel de tensión fijo más favorable para los convertidores de salida.

- 45 La Figura 6 es un diagrama esquemático que muestra gráficamente una estrategia de funcionamiento conjunto de los contactores y de los convertidores.

La Figura 7 es un diagrama esquemático que muestra una adaptación trifásica con puesta en serie de las tensiones

de salida de los módulos asociados con cada una de las etapas.

La Figura 8 es un diagrama esquemático similar a la Figura 7, pero con una disposición en paralelo.

La Figura 9A es un diagrama esquemático que detalla un módulo convertidor de dos cuadrantes utilizado como convertidor de potencia.

5 La Figura 9B es un diagrama esquemático que detalla un módulo de contactor.

La Figura 10 es un diagrama esquemático que detalla un módulo de convertidor de tensión de cuatro cuadrantes.

La Figura 11 es un diagrama esquemático que muestra un sistema para un equilibrado individual de las células de un módulo de batería intermedio.

10 La Figura 12 es un diagrama esquemático que muestra una puesta en contexto de un sistema de recarga rápida de niveles múltiples y puntos de medición utilizados para su control.

La Figura 13 es un diagrama esquemático que muestra una regulación en bucle cerrado de la corriente instantánea actuando sobre módulos individuales.

La Figura 14 es un diagrama esquemático que muestra un ejemplo de controlador de alto nivel para generar un valor de consigna de corriente instantánea.

15 La Figura 15 es un diagrama esquemático que muestra un ejemplo de disposición de varios cargadores para constituir una estación de servicio.

La Figura 16 es un diagrama esquemático que muestra una realización del sistema de recarga rápida con cargadores conectados por una barra colectora paralela.

20 La Figura 17 es un diagrama esquemático que muestra una realización del sistema de recarga rápida con cargadores conectados por un bucle en serie.

La Figura 18 es un diagrama esquemático que muestra una realización del sistema de recarga rápida con etapas de convertidor y de almacenado interno de energía que pueden servir para el almacenado y para la restitución de energía con un dispositivo eléctrico de potencia.

DESCRIPCION DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

25 Haciendo referencia a la Figura 2, se muestra un sistema de recarga rápida de niveles múltiples para intercambiar energía con un dispositivo eléctrico de potencia 4 como una batería de potencia de un vehículo eléctrico en el caso ilustrado en la Figura 2. El sistema de recarga rápida presenta bornes de conexión 6, 8 con el dispositivo eléctrico de potencia 4. Un número n de etapas de convertidor 16 y un número m de etapas de almacenado interno de energía 10 están conectadas en serie entre los bornes de conexión 6, 8, con $n \geq 1$, $m \geq 0$ y $n + m \geq 2$. Cada etapa de convertidor 16 tiene un convertidor de potencia 18 acoplado con una disposición que presenta un módulo de batería de potencia intermedia 14 (como se ha ilustrado por ejemplo en la Figura 18) y/o una conexión 26 a una fuente de alimentación eléctrica 20 conectada o no con una red eléctrica 2 en el caso ilustrado en la Figura 2. Cada etapa de almacenado interno de energía 10 presenta un módulo de batería de potencia intermedia 14. Cada módulo de batería de potencia intermedia 14 se caracteriza por una tensión en vacío elevada con relación a caídas de tensión debidas a impedancias internas (no ilustradas) del módulo de batería de potencia intermedia 14. Caracterizándose así, los módulos de batería de potencia intermedia 14 permiten reducir el calibre en tensión de las etapas de convertidor 16 (que sirven para un ajuste continuo) o su número, lo cual permite reducir los costes. El módulo de batería de potencia intermedia 14 de cada etapa de almacenado interno de energía 10 y el convertidor de potencia 18 de cada etapa de convertidor 16 se conectan juntos de forma que estén en condiciones de intercambiar energía con el dispositivo eléctrico de potencia 4. Una unidad de control 38 (ilustrada en la Figura 11) controla una contribución de cada etapa de convertidor 16 y llegado el caso, de cada etapa de almacenado interno de energía 10 para intercambiar energía con el dispositivo eléctrico de potencia 4.

45 El sistema de recarga rápida de niveles múltiples puede tomar varias configuraciones según esté destinado para aplicaciones que impliquen una red eléctrica 2 y una batería de potencia como dispositivo eléctrico de potencia 4 (como se ha ilustrado en las Figuras 2, 3, 4, 5, 7, 8 y 15) o aplicaciones de almacenado y de restitución de energía como en el caso de una vía de metro como dispositivo eléctrico de potencia 4 (como se ha ilustrado en las Figuras 16, 17 y 18).

50 La unidad de control 38 puede tomar la forma de un microcontrolador, ordenador, circuito integrado, etc., con procesador(es) o unidad(es) de tratamiento, memoria(s) e interfaz(ces) de control que puede(n) ser conectada(s) a los diferentes componentes a controlar o que generan mediciones en el sistema, y configurable por programación u otro

modo apropiado a los parámetros y modos de funcionamiento deseados del sistema.

El número m de etapas de almacenamiento interno de energía 10 puede ser nulo cuando se utilizan dos etapas de convertidor 16 o más y cuando incluyen un módulo de batería de potencia 14 y opcionalmente un cargador 12 conectado o no a una fuente de alimentación 20 (o 2).

5 El sistema de recarga rápida de niveles múltiples según la invención presenta una solución al problema del tamaño del convertidor utilizando para ello una batería de potencia intermedia formada por al menos un módulo de batería 14 como punto de apoyo de tensión de forma que un convertidor 18 que tenga una fracción de la tensión de salida pueda controlar la totalidad del tránsito de potencia 22 a (o de) la batería por ejemplo de un vehículo eléctrico u otro dispositivo eléctrico de potencia 4.

10 Haciendo referencia a la Figura 1, se muestra una situación clásica donde un convertidor 24 debe dimensionarse para la plena potencia 22 que debe fluir entre una red de alimentación 2 y una batería 4 por ejemplo de un vehículo eléctrico. Esto requiere un tamaño particularmente elevado de convertidor.

Haciendo de nuevo referencia a la Figura 2, un pequeño cargador 12 permite una recarga lenta de un módulo de batería 14. El problema del factor de utilización se encuentra así resuelto. Como la batería de potencia intermedia 14 puede alcanzar varios cientos de voltios, se utilizan de preferencia varias etapas formadas por módulos de batería de potencia 14 tal como se ha ilustrado en la Figura 3. Por consiguiente, es posible considerar la escisión del cargador 12 en una pluralidad de cargadores 12 más pequeños asociados con los módulos de batería 14 respectivos de las etapas como se ha ilustrado en la Figura 3. Esta escisión permite resolver en buena parte el problema de la gestión del equilibrio de carga de los módulos de batería 14 ya que los cargadores 12 pueden ser controlados con el fin de variar por separado la contribución de cada etapa.

El coste de los módulos de batería 14 es susceptible de ser en buena parte absorbido por las economías de facturación sobre la potencia contratada y, en bastantes casos, por las economías sobre el tamaño del o de los convertidores de potencia 18 implicados en la transferencia de energía con el dispositivo eléctrico de potencia 4.

25 Además, como se utiliza una pluralidad de elementos en serie, es posible aprovechar este hecho para implantar una estrategia de PWM ("Pulse Width Modulation") multi-niveles a nivel de los cargadores 12. En efecto, como los módulos de batería de potencia 14 tienen una impedancia muy baja y una tensión prácticamente constante para niveles de carga que van típicamente pero no limitativamente del 5 al 95%, se pueden comparar con fuentes de tensión ideales, simplificando así la topología y el control del sistema de niveles múltiples obtenido. Se puede así ventajosamente aumentar la calidad de la onda por el lado de la red 2.

30 La capacidad del sistema de niveles múltiples según la invención de generar formas de onda SPWM ("Sinusoidal Pulse Width Modulation") presentadas a la red 2 permite así proporcionar servicios de asistencia a la red 2 como se ha mencionado anteriormente.

Realizaciones del sistema de recarga rápida de niveles múltiples en las cuales el o los cargadores lentos 12 o las etapas 10, 16 pueden no estar conectados a una red 2, como se ha ilustrado en las Figuras 16, 17 y 18, pueden servir para recuperar y para restituir una energía de frenado cuando un tren DC o un metro entran en la estación. El o los cargadores 12 pueden así servir solo de equilibrado de la carga de las etapas 10, 16. El frenado regenerativo funciona independientemente del hecho de que el o los cargadores 12 estén conectados a la red 2. En este tipo de realizaciones, el dispositivo eléctrico de potencia 4 puede estar formado por una carga de tensión contra-electromotriz relativamente fija y de baja impedancia en oposición a una carga resistiva. Se dirá aquí una carga de tipo tensión o simplemente una carga de tensión. Esto puede tratarse de las vías conectadas con una red de alimentación DC de un metro o una catenaria de tren.

45 La invención se basa en el hecho de que el dispositivo eléctrico de potencia 4 (por ejemplo una batería de un vehículo eléctrico) y el o los módulos de batería 14 tienen una tensión en vacío elevada con relación a las caídas de tensiones debidas a las impedancias internas. El convertidor 18 puede, con una pequeña tensión, provocar una circulación de corrientes elevadas con la condición de que puedan compensar las diferencias de tensión entre el dispositivo eléctrico de potencia 4 y el o los módulos de batería 14 más las caídas de tensiones de sus impedancias internas. La corriente, y por consiguiente la potencia, puede ser controlada en los dos sentidos con un convertidor de potencia 18 que tenga una configuración para operar en dos cuadrantes y que pueda llevar la totalidad de la corriente.

50 Una inductancia 28 conectada entre el borne de conexión 6 y el convertidor de potencia 18 de la etapa de convertidor 16 permite nivelar la corriente y sobre todo evitar los impulsos de corriente absorbiendo las diferencias instantáneas de tensión en el caso ventajoso en que el convertidor de potencia 18 esté constituido por un medio puente de tipo fuente de tensión (VSC o "Voltage Source Converter").

55 La fuente de alimentación eléctrica 20 puede proceder de la red eléctrica 2, pero también de un módulo de batería intermedio 14 suplementario que puede estar acoplado, él también, a un cargador lento 12 que se acopla a la red eléctrica 2 tal como se ha ilustrado en la Figura 3.

El (o los) cargador(es) 12 puede(n) también ser unidireccional(es) como bidireccional(es). En el segundo caso, puede contribuir activamente a soportar la red eléctrica 2 por ejemplo durante una subida de tensión. Si es unidireccional, la asistencia a la red eléctrica 2 es posible en cierta medida, por ejemplo limitando el consumo en las horas punta.

5 Según la configuración del sistema de recarga rápida de niveles múltiples, el (o los) cargador(es) 12 comprende(n) una etapa de aislamiento tal como un transformador 31 (como se ha ilustrado por ejemplo en la Figura 16) para asegurar una referencia adecuada de las tensiones de cada etapa 10 (y 16 llegado el caso). Otras configuraciones descritas más adelante pueden pasar de dicho aislamiento, lo cual constituye una reducción del número de componentes, de los costes y también de las pérdidas.

10 Haciendo referencia a la Figura 3, se muestra cómo varias de las etapas 10, 16 pueden ser puestas en serie. Los módulos de batería 14 de las etapas de almacenado interno 10 están conectados en serie con los convertidores de potencia 18 de las etapas de conversión 16. En la realización ilustrada, las alimentaciones de las etapas 16 están ellas mismas constituidas por módulos de batería 14 y cargadores lentos 12. Así, todas las etapas 10, 16 comprenden un cargador 12. Si los cargadores 12 son bidireccionales, el equilibrado de la carga de las etapas 10, 16 puede también ser bonificado pues un módulo de batería 14 cuyo nivel de carga es más elevado puede ahora proporcionar un poco de energía a las otras etapas 10, 16. En el caso unidireccional, es igualmente posible modular por separado la potencia de carga de los cargadores 12, por ejemplo por la interposición de la unidad de control 38 (tal como se ha ilustrado en la figura 11) configurada para disponer de un modo de funcionamiento en consecuencia.

15 Haciendo referencia a la Figura 4, se muestra una realización donde una utilización de módulos de contactores 32, 34 permite prescindir de transformadores de aislamiento en los cargadores 12. Los cargadores 12 comprenden únicamente una parte VSC. En esta realización, la recarga lenta de los módulos de batería 14 no tiene lugar al mismo tiempo que los intercambios con la batería de potencia que forma el dispositivo eléctrico de potencia 4. Se trata de un inconveniente menor dado que la recarga rápida de la batería de potencia 4 solo requiere unos minutos con relación a las horas requeridas (impuestas por la red 2) para cargar los módulos de batería 14. Para la recarga lenta de los módulos de batería 14, los módulos de contactores 32 están cerrados y los módulos de contactores 34, 36 están abiertos. Para la recarga rápida de la batería de potencia 4, es a la inversa. Por seguridad, un "interlock" preferiblemente mecánico impide el cierre simultáneo de los módulos de contactores 32 con los módulos de contactores 34, 36.

20 Este mecanismo de módulos de contactores 32, 34, 36 con "interlock" permite conectar en serie tanto los convertidores 18 y módulos de batería 14 (por medio de los módulos de contactores 36) de las etapas por el lado de carga rápida (hacia la batería blanco 4) como los cargadores 12 de las etapas por el lado de la red 2 ya que el problema de referenciado múltiple de tensiones es eliminado. Varias ventajas se desprenden con ello.

25 Las tensiones elevadas tanto del lado de la red 2 como del lado del vehículo (u otro dispositivo) pueden ser obtenidas fácilmente, pues ya no existe transformador de aislamiento que deba llevar un cúmulo de las tensiones de etapa.

30 Los convertidores formados por los cargadores 12 y los convertidores 18 se reducen a su más simple expresión, ya sea respectivamente un puente de VSC tal como se ha ilustrado en la Figura 10 y un medio-puente de VSC tal como se ha ilustrado en la Figura 9A, sin transformador ni otra inductancia que las inductancias 28 y 40 que comparten colectivamente. Las pérdidas por transformación se encuentran con ello eliminadas. Los convertidores 18 pueden estar opcionalmente provistos de módulos de contactores 42 como se ha mostrado en la Figura 9A para eludirlos cuando no son requeridos y reducir así las pérdidas. Los módulos de contactores 48 como se ha mostrado en la Figura 9B pueden sustituir los módulos de contactores 36 como se ha ilustrado en la Figura 5, permitiendo no solamente un aislamiento durante la operación de los cargadores 12 sino además un soslayamiento de una etapa 10 durante una transferencia con la batería de potencia 4.

35 Como cada etapa 10, 16 garantiza su tensión individual por su módulo de batería 14 asociado, los semi-conductores 44A, 44B, 44C, 44D, 44E, 44F (tal como se han mostrado en las Figuras 9A y 10) utilizados en los convertidores 12 y 18 pueden ser del tipo de baja tensión. En particular, si se utilizan los MOSFETs, se hace posible seleccionar algunos que presenten con una resistencia muy baja un drenaje-fuente que reduzca drásticamente las pérdidas. Además, los MOSFETs están provistos de un diodo antiparalelo 46 intrínseco que evita con ello añadir uno externo. La eficacia puede ser aumentada aún más operando los MOSFETs como rectificadores síncronos, es decir que cada MOSFET se mantenga en "ON" durante la mayor parte del tiempo que la corriente circula en inverso, con el fin de eludir la caída de tensión de unión del diodo antiparalelo 46.

40 Otra ventaja de la puesta en serie viene del hecho de que del lado de la red 2 se beneficia de una multitud de niveles de tensión ahora disponible para el SPWM de niveles múltiples. Las pérdidas de conmutación son reducidas ya que puede ser utilizada una frecuencia de modulación más baja. Eso permite también reducir el tamaño de la inductancia 40 en el caso en que fuese requerido, con sus costes y sus pérdidas. La inductancia 40 puede estar constituida por la inductancia equivalente de la red 2.

55 El SPWM permite funciones de soporte para la red 2 y trabajar con factor de potencia unitario. Niveles de potencia aparente apreciables a partir de o hacia la red 2 pueden ser manipulados con coste ventajoso.

En referencia a la Figura 5, se muestra una realización preferencial donde módulos de contactores 48 (mostrados también en la Figura 9B) permiten preseleccionar un valor de la tensión fijo proporcionado por las etapas de almacenado interno de energía 10. Aproximando el valor de tensión fijo lo más posible al de la batería 4, el número requerido de etapas 16 provistas de convertidores 18 puede reducirse.

5 Para reducir los costes y aumentar la longevidad de los módulos de contactores, los convertidores 18 y los cargadores 12 configurados en VSC pueden ser utilizados para reducir las corrientes a cero antes de cualquier maniobra de los módulos de contactores 32, 34, 36 (mostrados en la Figura 4), 42 (mostrado en la Figura 9A), 48 (mostrado en la Figura 9B) y 50 (mostrado en la Figura 8). De igual modo, los convertidores 18 y los módulos de contactores 48 pueden ser utilizados para que la tensión en vacío del sistema de recarga rápida iguale prácticamente a la de la batería 4 antes de cualquier cierre de los módulos de contactores 34. Los cargadores 12 configurados en VSC en las etapas 10 y 16 pueden ser utilizados para que la tensión AC total de estos cargadores en serie equilibre aproximadamente la tensión instantánea de la red 2 antes de cualquier cierre de los módulos de contactores 32.

15 Para gestionar más fácilmente un reparto de carga entre los módulos de la batería de potencia 14, un número más grande que el necesario de etapas 16 provisto de convertidores 18 puede ser incorporado al sistema. La selección del número mínimo de convertidores 18 requeridos en un instante dado puede establecerse por los módulos de contactores 42 tal como se ha mostrado en la Figura 9A, según estén ajustados en posición de desviación o no. Los convertidores 18 en posición de desviación pueden ser aislados y puestos en derivación por sus módulos de contactores 42, reduciendo las pérdidas por conducción.

20 En referencia la Figura 6, se muestra que con un mínimo de dos niveles activos (convertidores 18 no derivados por un módulo de contactor 42 tal como se ha mostrado en la Figura 9A), un margen de tensión rápidamente ajustable se preserva en todo momento. En la Figura 6, la curva 52 representa la tensión deseada, la curva 54 representa la tensión de las etapas fijas 10, y la curva 56 representa la tensión discreta máxima obtenida con los niveles activos de las etapas 10 y 16. La zona entre las curvas 54 y 56 representa los valores de tensión dinámicamente accesibles por PWM. Este margen permite mantener un control de la corriente con el fin de evitar un aceleramiento. No obstante, para parar dicha eventualidad, se preconiza recurrir a dispositivos de protección clásicos (no ilustrados) mediante fusible o disyuntor.

25 En referencia a las Figuras 7 y 8, se muestran adaptaciones trifásicas de un sistema tal como el de la Figura 5. Estas adaptaciones permiten niveles de potencia más importantes mejor adaptados para estaciones de servicio para vehículos eléctricos o estaciones de recarga para autobuses eléctricos. Las Figuras 7 y 8 ilustran respectivamente puestas en serie y en paralelo de grupos de etapas de salida 10, 16. En el caso de grupos paralelos (Figura 8), que comprenden también las etapas 10, 16 en serie en el seno de un mismo grupo, se requieren menos módulos de contactores 32. Un módulo de contactor 50 (Figura 8) o un puente 58 (Figura 7) puede ser requerido según los regímenes de puesta a tierra en vigor.

35 En referencia a la Figura 11, los módulos de batería de potencia 14 pueden estar constituidos por varias células elementales 60 en serie, combinadas con un sistema de equilibrado y de gestión. El equilibrado preciso entre células 60 de un mismo módulo de batería 14 puede estar esencialmente asegurado por pequeños convertidores "flyback" bidireccionales 62 destinados para transferir durante un largo periodo de tiempo una sucesión de pequeñas cargas de las células 60 más cargadas a las menos cargadas. Se mostrará más adelante cómo potencias de equilibrado más importantes entre los módulos de batería 14 pueden ser obtenidas por medio de los cargadores-convertidores 12, los convertidores 18 y los módulos de contactores 48 (mostrados por ejemplo en la Figura 5).

El equilibrado preciso puede realizarse por intervención en cada una de las células en serie. Como el conjunto de los módulos de batería 14 puede estar constituido por centenares de células 60 en total, resulta ventajoso reducir la cantidad y el tamaño de los elementos, los cuales tienen un impacto sobre el coste. La técnica de los pequeños "flybacks" bidireccionales 62 conviene ventajosamente a este fin.

45 Una transferencia de energía puede realizarse por medio de una barra colectora 64 adecuada para cada uno de los módulos de batería 14. La barra colectora 64 puede ser prolongada con el fin de cubrir varios módulos de batería 14 si se desea, aunque eso pueda ser menos práctico por ejemplo para las consideraciones de aislamiento de los transformadores 30. Para transferir un pequeño bloque de energía de una célula 60 a la barra colectora 64, basta con hacer conductor al MOSFET 66 correspondiente a la célula 60 para crear un flujo en el núcleo del transformador 30 correspondiente y cortar la corriente antes de alcanzar la saturación. En el corte, el diodo intrínseco 68 del MOSFET 72 correspondiente se hará conductor y el flujo caerá de nuevo a cero recargando los condensadores 70 de la barra colectora común 64. Una transferencia en sentido inverso es también posible intercambiando el papel de los MOSFETS 66 y 72. Por consiguiente, un impulso sobre la rejilla de un MOSFET 66 transfiere un bloque de energía a la barra colectora 64 mientras que un impulso sobre la rejilla de un MOSFET 72 transfiere un bloque de energía a la célula 60 correspondiente. Preferiblemente, los MOSFETS 66, 72 son también activados en periodos de tiempo correspondientes a la conducción de su diodo intrínseco 68 respectivo con el fin de reducir las pérdidas (rectificación síncrona).

Los condensadores 70, 74 están localizados cerca de los "flybacks" 62 para minimizar los bucles de conmutación. Los

condensadores 76, los diodos 78 y las resistencias 80 sirven para adaptar los niveles de impulso para satisfacer las referencias de tensión que difieren de una etapa a la otra. La barra colectora 64, en cuanto a la misma, es referida a un controlador de módulo 82 por medio de la “masa” 84, la cual difiere de un módulo de baterías 14 a otro.

5 El controlador 82 puede gestionar los impulsos de rejilla con el fin de mantener la tensión en la barra colectora 64 y, con ello, asegurar que la suma de las transferencias netas sea nula. El controlador 82 puede ocuparse también de la recogida de las tensiones de célula, de la corriente del módulo gracias a un captador 86, y posiblemente de las temperaturas. El controlador 82 se encuentra de preferencia en constante relación con el controlador principal 38 del sistema y se reparte las tareas con éste. Además del equilibrado, los dos controladores 82, 38 se ocupan de la protección de los módulos de batería 14 particularmente vigilando las variaciones anormales de tensión de las células y de temperatura. El controlador principal 38 puede también gestionar la operación de los módulos de contactores 32, 10 34, 50 (mostrados en las Figuras 7 y 8), 42 (mostrado en la Figura 9A), y 48 (mostrado en la Figura 9B).

Como la corriente de equilibrado preciso no es contabilizada por el captador 86, puede estimarse por las tensiones de las células 60, la tensión de la barra colectora 64 y la anchura y el número de los impulsos conjuntamente con el valor conocido de inductancia de los transformadores 30.

15 Como los pequeños “flybacks” 62 limitan la potencia de equilibrado intramódulo por las razones de sencillez y de coste mencionadas más arriba, es importante asegurarse de que las células 60 en el interior de un mismo módulo 14 sean homogéneas (mismo lote y misma historia de envejecimiento) y que las condiciones que experimenten sean las mismas.

20 Si el tamaño del sistema requiere un gran número de células 60 en paralelo, es preferible considerar una puesta en paralelo de columnas completas de un modo similar a la Figura 8. En efecto, la puesta en paralelo etapa por etapa requeriría un medio para controlar por separado en un gran número de puntos la corriente, la cual por añadidura alcanzaría valores elevados.

25 En referencia a la Figura 12, se ha mostrado un ejemplo de contexto de utilización que comprende puntos de medición proporcionados por un captador de tensión 88 que produce una señal de tensión medida $V_{mes}(t)$ y un captador de corriente 90 que produce una señal de corriente medida $i_{mes}(t)$ tal como se requiere para regularizar la corriente durante la recarga de los módulos de batería intermedios 14 o para la asistencia a la red 2. La inductancia 92 representa la inductancia equivalente de la red 2, mientras que la inductancia 40 representa aquí la inductancia que forma parte del sistema.

30 En referencia a la Figura 13, se ha mostrado un sistema de control capaz de gestionar los convertidores 12 (mostrados por ejemplo en la Figura 12) con el fin de seguir un valor de consigna de la corriente de red 2, que cumpla una o varias funciones tales como la recarga con factor de potencia unitario, la gestión del pico o incluso el retorno de energía a la red 2. El sistema de control puede estar integrado en el controlador principal 38 (mostrado en la Figura 11) o realizado de otro modo si se desea. El sistema de control comprende un controlador de alto nivel 94 que determina la corriente apropiada por ejemplo según las técnicas clásicas de producción distribuida. Un regulador 96, posiblemente de tipo 35 proporcional más integral, produce un blanco de tensión que se discreta por un bloque 98 que proporciona una tensión que puede traducirse por un número de tándems 12 y 14 (mostrados por ejemplo en la Figura 12) necesarios en serie en cada instante. Un bloque 100 conectado individualmente a los puentes 12 (mostrados por ejemplo en la Figura 12) comprende un algoritmo de decisión que determina cuales de los tándems 12 y 14 contribuirán con el fin de equilibrar los niveles de carga entre los módulos de batería 14 (mostrados por ejemplo en la Figura 12) y para minimizar las 40 conmutaciones consecutivas en cada uno de los semi-conductores 44C, 44D, 44E, 44F (mostrados en la Figura 10). Una estrategia de PWM de niveles múltiples se encuentra así efectivamente implementada.

45 En referencia de nuevo a la Figura 10, cuando un módulo 12 contribuye para producir una tensión positiva, los MOSFETs 44C y 44F se hacen conductores. Para una tensión negativa, son los MOSFETs 44D y 44E. Para una tensión nula, es preciso sin embargo que la corriente pase y se presentan dos posibilidades: conducción de los MOSFETs 44C y 44D o conducción de los MOSFETs 44E y 44F. De preferencia las dos posibilidades se utilizan tan a menudo una como la otra con el fin de repartir la disipación igualmente entre los semi-conductores 44C, 44D, 44E, 44F. En todos los casos, las transiciones de tipo “break before make” sirven para evitar cortocircuitar los módulos de batería 14. Condensadores de desacoplamiento (no ilustrados) del lado DC cerca de un puente 12 permiten reducir los bucles de conmutación.

50 En referencia a la Figura 14, se muestra un ejemplo de controlador de alto nivel 94 destinado para el caso particular de una carga con factor de potencia unitario. Una “phase locked loop” (PLL) 110 proporciona el ángulo instantáneo $\omega(t)$ de la tensión fundamental relacionada con la señal $V_{mes}(t)$. Un bloque coseno 112 reconstituye una señal de la misma etapa, pero de amplitud unitaria. La señal obtenida es multiplicada 114 por la amplitud deseada de la corriente i_{pk} 116 para proporcionar el blanco de corriente instantánea $i(t)^*$ que será conducida al sumador 118 (mostrado en la 55 Figura 13).

En otro caso donde se deseara más bien invertir la potencia, bastaría simplemente con invertir el signo de la salida del multiplicador 114 o también añadir 180 grados a la entrada del bloque 112.

En referencia de nuevo a la Figura 12, en un modo de funcionamiento donde los módulos de batería 14 intercambian su energía con la del dispositivo eléctrico de potencia 4 (como la batería de potencia tal como se ha mostrado por ejemplo en la Figura 2), la señal de corriente medida $i_{mes}(t)$ proviene de un captador de corriente 91 conectado con el convertidor de potencia 18, y el bucle de control de la corriente instantánea $i(t)^*$ puede estar constituido por bloques 5 118, 96, 98, 100 mostrados en la Figura 13, si se utiliza un gran número de módulos 18 no derivados por los módulos de contactores 42 (tal como se ha mostrado en la Figura 9A). Se obtiene aquí también un PWM de niveles múltiples. Sin embargo, eso corre el riesgo de deteriorar el rendimiento ya que las corrientes son muy elevadas (cerca de un orden de magnitud por encima de los implicados en la utilización de los módulos 12) y que es preferible mantener al mínimo el número de semi-conductores recorridos por las fuertes corrientes en cuestión.

10 Para la regulación de la corriente instantánea $i(t)^*$, es entonces preferible trabajar con dos módulos 18 no derivados (activos) proporcionando un ajuste preciso de la corriente con una estrategia PWM de dos o tres niveles clásica. Eso no impide cambiar los módulos 18 activos cada minuto, por ejemplo, para equilibrar el nivel de carga/descarga de los módulos de batería 14.

15 Puesto que, en este modo, la tensión de los módulos de batería 14 y la del dispositivo eléctrico de potencia 4 conservan el mismo signo, es posible mantener el ajuste de la corriente en las dos direcciones con un medio-puente 18 constituido por semi-conductores 44A y 44B (tal como se ha mostrado en la Figura 9A). Similarmente en el funcionamiento de los módulos 12, un módulo 18 presenta una tensión positiva si el MOSFET 44A (o su diodo intrínseco 46) se encuentra en conducción y una tensión nula si el MOSFET 44B (o su diodo intrínseco 46) se vuelve conductor. También aquí, una secuencia de conmutación de tipo "break before make" es seguida y los condensadores de desacoplamiento (no 20 ilustrados) están dispuestos del lado DC cerca de los semi-conductores 44A y 44B.

Hasta este punto, las estrategias descritas de regulación de la corriente instantánea por PWM de niveles múltiples o no, tanto de los módulos 12 como 18, ignoraban el secuenciamiento de los módulos de contactores 32, 34, 36 (tal como se ha mostrado en la Figura 4), 42, 48 (mostrados en las Figuras 9A y 9B) y 50 (mostrado en la Figura 8). Su funcionamiento se describe en las líneas que siguen con una batería de potencia (por ejemplo de un vehículo eléctrico) 25 como ejemplo de dispositivo eléctrico de potencia 4. La acción del PWM es rápida y continua por naturaleza mientras que los módulos de contactores 32, 34, 36, 42, 48, 50 solo son utilizados algunas veces durante un ciclo de transferencia de energía con la batería de potencia 4. También son utilizados para cambiar el modo de funcionamiento (lado de la red 2 activo vs lado batería activo).

En el modo de intercambio con la red 3, las etapas siguientes pueden ser realizadas:

- 30 1. Inicialmente, los módulos de contactores 32, 34, 50 (si procede), 42 y 48 se abren.
2. Poner en contribución el número apropiado de módulos convertidores 12 para aproximar la tensión en vacío de la red 2 que prevalecerá en el instante estimado de cierre de los módulos de contactores 32 y 50.
3. Cerrar los módulos de contactores 32 y 50.
- 35 4. Dejar actuar los controladores 94 y regulador 96 para obtener la corriente apropiada. Para un equilibrado del nivel de carga más agresivo, es posible sustituir dos etapas 12 nulas por una de tensión positiva y una de tensión negativa. El efecto sobre la red 2 será imperceptible, pero se producirá un intercambio efectivo de energía entre los módulos de batería 14. Además, si hacia el final de la recarga solamente algunos módulos de batería 14 requieren continuar mientras que los otros están llenos, es posible utilizar esta misma técnica alternando el papel de cada módulo 14 de forma que la transferencia neta a medio plazo sea nula para los módulos 14 llenos y positiva para los otros que quedan.
- 40 5. Cuando la carga de todos los módulos 14 está completa, reducir gradualmente a cero la corriente especificada por el valor de consigna 116.
6. Abrir los módulos de contactores 32 y 50.

En el modo de intercambio con la batería 4, las etapas siguientes pueden ser realizadas:

1. Inicialmente, los módulos de contactores 32, 34, 50 (si procede), 42 y 48 se abren.
- 45 2. El vehículo (u otro dispositivo eléctrico) que contiene la batería 4 y el sistema negocian un perfil temporal de corriente de carga en función, entre otros
 - de la necesidad de energía de la batería 4,
 - de la capacidad restante de los módulos 14,
 - de la tecnología de batería utilizada,

- del periodo de relajación final destinado a equilibrar las células de la batería 4 o incluso la de los módulos 14.

3. La tensión de la batería 4 es medida.

4. Un escenario es establecido por el controlador principal 38 que subdivide el periodo de carga por venir en algunos segmentos de algunos minutos (o menos) con el fin de

- 5
- repartir la energía a extraer entre los módulos 14 según su estado de carga ("state of charge" o SOC) individual,
 - minimizar el número de maniobras de los módulos de contactores,
 - dejar un mínimo de dos módulos 18 activos (PWM).

10

5. Los módulos de contactores 42 y 48 están configurados conforme al primer segmento del escenario. Si una etapa es requerida para PWM, el módulo de contactor 42 se abrirá. De lo contrario ocupará una de las otras dos posiciones. Los módulos de contactores 48 de las etapas no para PWM deberán ocupar una de las dos posiciones extremas (la posición central no puede ser utilizada, pues la corriente debe pasar) según el módulo 14 correspondiente debe ser puesta en contribución o no. El total de las tensiones de módulos 14 contributivos debe aproximarse a la tensión medida en la etapa 3.

6. Los módulos de contactores 34 son cerrados.

15

7. Las etapas PWM participan en continuo en la regulación de la corriente según el perfil negociado en la etapa 2.

20

8. Si la tensión de las dos etapas PWM activas requerida para regular la corriente se aproxima en más de una media-tensión de módulo del límite que le haría perder el control, se inicia una reconfiguración: la corriente se reduce a cero por las 2 etapas PWM, luego se realiza una nueva configuración de los módulos de contactores 42 y 48 con el fin de centrar de nuevo la zona de tensión ajustable alrededor del nuevo valor requerido (Figura 6), finalmente, la corriente es llevada a su valor deseado por la acción de las etapas PWM.

9. De igual modo, cuando el final de un segmento del escenario es alcanzado, la corriente es llevada de nuevo a cero, los módulos de contactores 42 y 48 se reconfiguran y luego la corriente es llevada a su valor deseado alimentado así el segmento siguiente.

25

10. Al final del último segmento, la corriente se reduce a cero, luego todos los módulos de contactores 32, 34, 50 (si procede), 42 y 48 se abren. Alternativamente, se puede interrumpir prematuramente el último segmento, luego reevaluar el final en función del nivel de carga efectivo que queda en cada módulo 14 y en función de las necesidades de la batería 4.

30

En los casos en que las impedancias de las baterías fuesen elevadas o también en aquellos casos en que la tensión de los módulos 14 fuesen bajos, puede ser que más de dos etapas 18 activas se requieran continuamente. El procedimiento a seguir es no obstante similar.

Se puede imaginar una situación en que se requiera transferir un bloque de energía de la batería 4 a los módulos de batería 14 (por ejemplo para utilizar la energía de un vehículo en una avería de la red). El procedimiento a seguir sería el mismo salvo para la corriente que sería de signo contrario. Evidentemente, los módulos 14 deben estar inicialmente lo suficientemente descargados para aceptar el bloque de energía.

35

En referencia a la Figura 15, se muestra una realización aplicable, por ejemplo, para una estación de servicio y que permite salvar la limitación de la operación secuencial de las topologías de las Figuras 4, 5, 7 y 8: puesto que se requiere una cantidad de almacenado local importante, es ventajoso segmentarla en varios cargadores 120 (como se ha mostrado en la Figura 12, mostrándose sus módulos de contactores 32 y 34 en el exterior para ilustrar el principio). Cada pistola de recarga 122 tiene la posibilidad de conectarse a uno entre varios cargadores 120 gracias a una pluralidad de módulos de contactores 34. Así, uno solo entre un grupo puede servir para llenarlo mientras que los otros continúan la recarga de su reserva local 14 por la red 2. De una vez a otra, un cargador 120 diferente puede automáticamente ser utilizado, repartiendo así la carga entre ellos. Para una red 2 trifásica, la selección puede también tener en cuenta el equilibrio aproximado de las corrientes.

45

En referencia a las Figuras 16, 17 y 18, se muestran realizaciones del sistema de recarga que pueden particularmente convenir para una aplicación en que el dispositivo eléctrico de potencia 4 esté constituido por las vías del metro o una catenaria de tren. Con fines de simplificación únicamente, se hará referencia en la descripción que sigue a las vías del metro. Sin embargo, debe comprenderse que las realizaciones del sistema no están limitadas a este ejemplo.

50

Haciendo referencia en particular a la Figura 16, se muestra una realización del sistema de recarga de niveles múltiples comparable al de la Figura 3 donde los cargadores 12 pueden ser de poca potencia, pero más complejos (nada de simples VSC) en razón de las etapas de aislamiento 31 utilizadas debido a que los cargadores 12 están conectados

juntos por una barra colectora paralela 124. Un bucle de serie 126 (como se ha ilustrado en la Figura 17) puede sustituir la barra colectora paralela si la topología de los cargadores 12 lo permite. El sistema de la Figura 16 puede permanecer conectado continuamente con las vías 4 si se desea.

5 Haciendo referencia a la Figura 17, se muestra una realización del sistema de recarga de niveles múltiples comparable al de la Figura 5, pero sin la red 2. Los cargadores 12 pueden estar formados por VSC de dos cuadrantes de baja corriente. Los convertidores 18 pueden estar formados por VSC de alta corriente. En casos parecidos, el bucle de serie 126 que los conecta comprende un posicionamiento en serie formado por una inductancia 40 y por un módulo de contactor 32. Un posicionamiento en serie formado por una inductancia 28 y por un módulo de contactor 34 está conectado entre el borne de conexión 6 y una de las etapas de convertidor 16. En esta realización, el equilibrado de los módulos de batería 14 por medio de los cargadores 12 no puede producirse simultáneamente con la llegada (recarga de los módulos de batería 14) o la partida (restitución de energía almacenada en los módulos de batería 14) de un metro. El equilibrado anteriormente citado se refiere a intercambios entre módulos de batería de potencia 14 enteros. Un equilibrado muy lento entre las células 60 (mostradas en la Figura 11) de un mismo módulo de batería 14 permanece. Una extensión de la barra colectora 64 (mostrada en la Figura 11) a otros módulos de batería de potencia 14 permite intercambiar pequeñas potencias entre los módulos de batería de potencia 14.

20 Haciendo referencia a la Figura 18, se muestra una realización del sistema de recarga de niveles múltiples que presenta un caso particular del de la Figura 17, donde los cargadores 12 y el bucle 126 que incluye la inductancia 40 y el módulo de contactor 32 son omitidos. El equilibrado distinto de las etapas de almacenamiento interno de energía 10 implica algunas maniobras suplementarias de los módulos de contactores 48 si $m > 0$ (representando m el número de etapas de almacenamiento interno de energía 10). Si $m = 0$ (y por consiguiente $n \geq 2$), el equilibrado completo puede realizarse en continuo, incluso durante los arranques o paradas del metro, sin tener que maniobrar módulos de contactores (o conmutadores).

25 Aunque las realizaciones de la invención hayan sido ilustradas en los dibujos adjuntos y descritas más arriba, será evidente para las personas entendidas en la técnica que se pueden aportar modificaciones a estas realizaciones sin apartarse de la invención. Por ejemplo, los módulos de contactores 32, 34, 36, 42, 48, 50 pueden ser realizados por conmutadores o semi-conductores u otros tipos de conmutadores apropiados si se desea. Cuando $n \geq 2$ y $n + m \geq 4$, y en particular cuando los niveles de tensión o de potencia requeridos necesitan un gran número de etapas 10, 16, estos pueden ser distribuidos con el fin de formar grupos (o columnas de grupos) conectados en paralelo o en serie (como en las Figuras 7 y 8) conectados entre las disposiciones que comprenden las inductancias 28, 40 y los conmutadores o módulos de contactores 32, 34 selectivamente operables para seleccionar los grupos de etapas 10, 16 en condición de intercambiar energía con el dispositivo eléctrico de potencia 4.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de recarga rápida de niveles múltiples para intercambiar energía con un dispositivo eléctrico de potencia (4) que impone una tensión predeterminada en sus bornes, comprendiendo el sistema de recarga rápida:

- bornes de conexión (6, 8) con el dispositivo eléctrico de potencia (4);

5 - un número n de etapas de convertidor (16) y un número m de etapas de almacenado interno de energía (10) conectados en serie entre los bornes de conexión (6, 8), con $n \geq 1$, $m \geq 0$ y $n + m \geq 2$, presentando cada etapa de convertidor (16) un convertidor de potencia (18) acoplado, por un lado del convertidor de potencia (18) opuesto a un lado de los bornes de conexión (6, 8), a una disposición que comprende al menos uno de un módulo de batería de potencia intermedia (14) y una conexión (26) a una fuente de alimentación eléctrica (20), presentando cada etapa de
10 almacenado interno de energía (10) un módulo de batería de potencia intermedia (14), estando al menos un módulo de batería de potencia intermedia (14) presente en el sistema de recarga rápida de niveles múltiples, caracterizándose cada módulo de batería de potencia intermedia (14) por una tensión en vacío elevada con relación a las caídas de tensión debidas a impedancias internas del módulo de batería de potencia intermedia (14), estando el módulo de batería de potencia intermedia (14) de cada etapa de almacenado interno de energía (10) y el convertidor de potencia
15 (18) de cada etapa de convertidor (16) conectados juntos en serie con el fin de estar en condiciones de intercambiar energía con el dispositivo eléctrico de potencia (4),

una unidad de control (38) que controla una contribución de cada etapa de convertidor (16) y, llegado el caso, de cada etapa de almacenado interno de energía (10) para intercambiar energía con el dispositivo eléctrico de potencia (4); y

una inductancia (28) conectada entre uno de los bornes de conexión (6, 8) y una de las etapas de convertidor (16).

20 **2.** El sistema de recarga rápida según la reivindicación 1, en el cual:

$m = 0$; y

la disposición de cada etapa de convertidor (16) comprende el módulo de batería de potencia intermedia (14) correspondiente, comprendiendo el sistema de recarga rápida además:

25 una disposición en serie formada por la inductancia (28) y por un conmutador (34) conectado entre uno de los bornes de conexión (6, 8) y una de las etapas (16, 10).

3. El sistema de recarga rápida según la reivindicación 1, en el cual:

$m \geq 1$;

la disposición de cada etapa de convertidor (16) comprende el módulo de batería de potencia intermedia (14) correspondiente; y

30 al menos una de las etapas de almacenado interno de energía (10) tiene además un módulo contactor (48) operacionalmente acoplado al módulo de batería de potencia intermedia (14) correspondiente para derivar selectivamente, poner en circuito y poner fuera de circuito el módulo de batería de potencia intermedia (14) correspondiente,

comprendiendo el sistema de recarga rápida además:

35 una disposición en serie formada por la inductancia (28) y por un conmutador (34) conectado entre uno de los bornes de conexión (6, 8) y una de las etapas (16, 10).

4. El sistema de recarga rápida según la reivindicación 2, en el cual:

La disposición de varias de las etapas de convertidor (16) comprende además un cargador (12) acoplado al módulo de batería de potencia intermedia (14) correspondiente,

40 comprendiendo el sistema de recarga rápida además:

un bucle en serie que conecta los cargadores (12) en serie, presentando el bucle de serie una disposición en serie formada por una inductancia (40) y por un conmutador (32).

5. El sistema de recarga rápida según la reivindicación 1, en el cual:

$m \geq 1$;

45 la disposición de cada etapa de convertidor (16) comprende el módulo de batería de potencia intermedia (14)

correspondiente, y para al menos una de las etapas de convertidor (16), un cargador (12) acoplado al módulo de batería de potencia intermedia (14) correspondiente; y

- 5 al menos una de las etapas de almacenado interno de energía (10) tiene además un módulo contactor (48) operacionalmente acoplado al módulo de batería de potencia intermedia (14) correspondiente para selectivamente derivar, poner en circuito y poner fuera de circuito el módulo de batería de potencia intermedia (14) correspondiente, y un cargador (12) acoplado al módulo de batería de potencia intermedia (14) correspondiente;

comprendiendo el sistema de recarga rápida además:

un bucle en serie que conecta los cargadores (12) en serie, presentando el bucle en serie una disposición en serie formada por una inductancia (40) y por un conmutador (32); y

- 10 una disposición en serie formada por la inductancia (28) y por un conmutador (34) conectado entre uno de los bornes de conexión (6, 8) y una de las etapas (16, 10).

6. El sistema de recarga rápida según la reivindicación 1, en el cual:

$m = 0$; y

- 15 la disposición de cada etapa de convertidor (16) comprende el módulo de batería de potencia intermedia (14) correspondiente, y para varias de las etapas de convertidor (16), un cargador (12) acoplado al módulo de batería de potencia intermedia (14) correspondiente,

comprendiendo el sistema de recarga rápida además:

una barra colectora paralela (124) que conecta los cargadores (12) juntos.

7. El sistema de recarga rápida según la reivindicación 1, en el cual:

- 20 $m \geq 1$;

la disposición de cada etapa de convertidor (16) comprende el módulo de batería de potencia intermedia (14) correspondiente, y para al menos una de las etapas de convertidor (16), un cargador (12) acoplado al módulo de batería de potencia intermedia (14) correspondiente; y

- 25 al menos una de las etapas de almacenado interno de energía (10) tiene además un cargador (12) acoplado al módulo de batería de potencia intermedia (14) correspondiente;

comprendiendo el sistema de recarga rápida además:

una barra colectora paralela (124) que conecta los cargadores (12) juntos.

8. El sistema de recarga rápida según la reivindicación 1, en el cual:

$m \geq 1$;

- 30 la disposición de al menos una de las etapas de convertidor (16) comprende la conexión (26) con la fuente de alimentación eléctrica (20); y

al menos una de las etapas de almacenado interno de energía (10) tiene además un cargador (12) acoplado al módulo de batería de potencia intermedia (14) correspondiente, conectándose el cargador (12) con la fuente de alimentación eléctrica (2).

- 35 **9.** El sistema de recarga rápida según la reivindicación 1, en el cual:

El convertidor de potencia (18) de cada etapa de convertidor (16) comprende un convertidor de fuente de tensión.

10. El sistema de recarga rápida según la reivindicación 8, en el cual:

- 40 la disposición de al menos una de las etapas de convertidor (16) comprende el módulo de batería de potencia intermedia (14) correspondiente y la conexión con la fuente de alimentación eléctrica (2, 20), además de un cargador (12) acoplado entre el módulo de batería de potencia intermedia (14) correspondiente y la conexión con la fuente de alimentación eléctrica (2, 20).

11. El sistema de recarga rápida según la reivindicación 10, que comprende además:

un bucle en serie formado por una disposición en serie que comprende al menos un conmutador (32) y una inductancia (40) que se acopla a la conexión con la fuente de alimentación eléctrica (2) y que conecta los cargadores (12) en serie;

5 un bucle en serie formado por una disposición en serie que comprende al menos un conmutador (34) y la inductancia (28) que se acoplan en los bornes de conexión (6, 8) y que conectan en serie el convertidor de potencia (18) de cada etapa de convertidor (16) y el módulo de batería de potencia intermedia (14) de cada etapa de almacenado interno de energía (10), y

cuando $m \geq 2$, entre al menos dos de las etapas de almacenado interno de energía (10) que se siguen, un conmutador (36) conectado entre los módulos de batería de potencia intermedia (14) correspondiente.

12. Sistema de recarga rápida según la reivindicación 10, en el cual:

10 al menos una de las etapas de almacenado interno de energía (10) tiene además un módulo contactor (48) operacionalmente acoplado al módulo de batería de potencia intermedia (14) correspondiente para selectivamente derivar, poner en circuito y poner fuera de circuito el módulo de batería de potencia intermedia (14) correspondiente, comprendiendo el sistema de recarga rápida además:

15 un bucle en serie formado por una disposición en serie que comprende al menos un conmutador (32) y una inductancia (40) que se acopla a la conexión con la fuente de alimentación eléctrica (2) y que conecta los cargadores (12) en serie; y

20 un bucle en serie formado por una disposición en serie que comprende al menos un conmutador (34) y la inductancia que se acopla a los bornes de conexión (6, 8) y que conectan en serie el convertidor de potencia (18) de cada etapa de convertidor (16) y el módulo de batería de potencia intermedia (14) de cada etapa de almacenado interno de energía (10) por medio del módulo contactor (48) correspondiente llegado el caso.

13. El sistema de recarga rápida según la reivindicación 8, en el cual:

varias de las etapas de almacenado interno de energía (10) comprenden cargadores (12) acoplados a los módulos de batería de potencia intermedia (14) correspondiente; y

25 la unidad de control (38) tiene un modo de funcionamiento que modula por separado una potencia de carga de cada cargador (12) de las etapas de almacenado interno de energía (10).

14. El sistema de recarga rápida según la reivindicación 8, en el cual:

la fuente de alimentación eléctrica (20) proviene de una red eléctrica (2),

$m \geq 2$; y

30 la unidad de control (38) tiene un modo de funcionamiento que gestiona cada cargador (12) de las etapas de almacenado interno de energía (10) con el fin de seguir un valor de consigna de corriente de la red eléctrica (2).

35 **15.** El sistema de recarga rápida según la reivindicación 14, en el cual la unidad de control (38) comprende un controlador (94) que determina una corriente a fluir, un regulador de corriente (96) que produce un blanco de tensión basado en la corriente a transitar, un módulo de discreción (98) del blanco de tensión y un módulo de selección (100) de etapas de almacenado interno de energía (10) para poner en contribución para transferir la energía entre la red eléctrica (2) y las baterías de potencia intermedias (14) según una discretización del blanco de tensión proporcionada por el módulo de discretización (98).

16. El sistema de recarga rápida según la reivindicación 8, en el cual el dispositivo eléctrico de potencia (4) comprende una batería de potencia que se conecta a los bornes de conexión (6, 8) y caracterizado por una tensión en vacío elevada con relación a caídas de tensión debidas a impedancias internas de la batería de potencia.

40 **17.** El sistema de recarga rápida según la reivindicación 1, en el cual:

al menos una de las etapas de convertidor (16) comprende un módulo contactor (42) operacionalmente conectado para selectivamente derivar, poner en circuito y poner fuera de circuito el convertidor de potencia (18) correspondiente.

18. El sistema de recarga rápida según la reivindicación 1, en el cual:

$n \geq 2$;

45 $n + m \geq 4$; y

las etapas de convertidor (16) y las etapas de almacenado interno de energía (10) llegado el caso son distribuidas con el fin de formar grupos conectados en paralelo o en serie y operacionalmente conectados entre las disposiciones que comprenden inductancias (40, 28) y conmutadores (32, 34) selectivamente operables para seleccionar los grupos de etapas en condiciones de intercambiar energía con el dispositivo eléctrico de potencia (4).

- 5 **19.** El sistema de recarga rápida según la reivindicación 1, en el cual cada módulo de batería de potencia intermedia (14) comprende una disposición de células elementales (60) acopladas a convertidores Flyback (62) conectados con una barra colectora común (64), siendo los convertidores Flyback (62) maniobrados por un controlador (82) con el fin de mantener una tensión en la barra colectora común (64) y realizar un equilibrado entre las células elementales (60) por transferencia de energía con la barra colectora común (60).

10

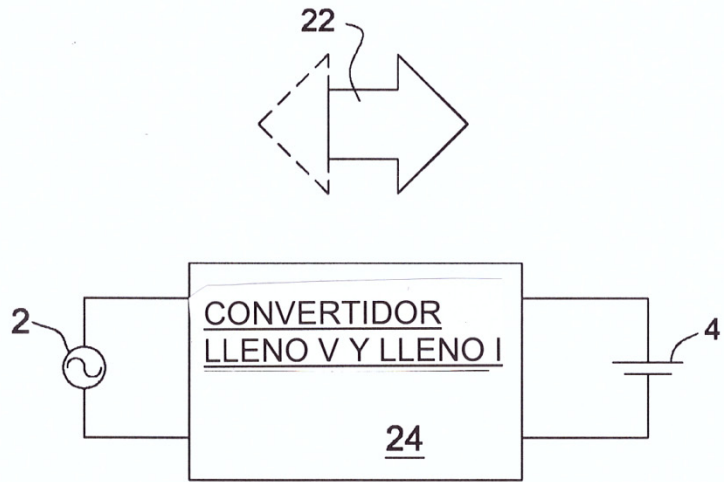


FIG. 1
(TECNICA ANTERIOR)

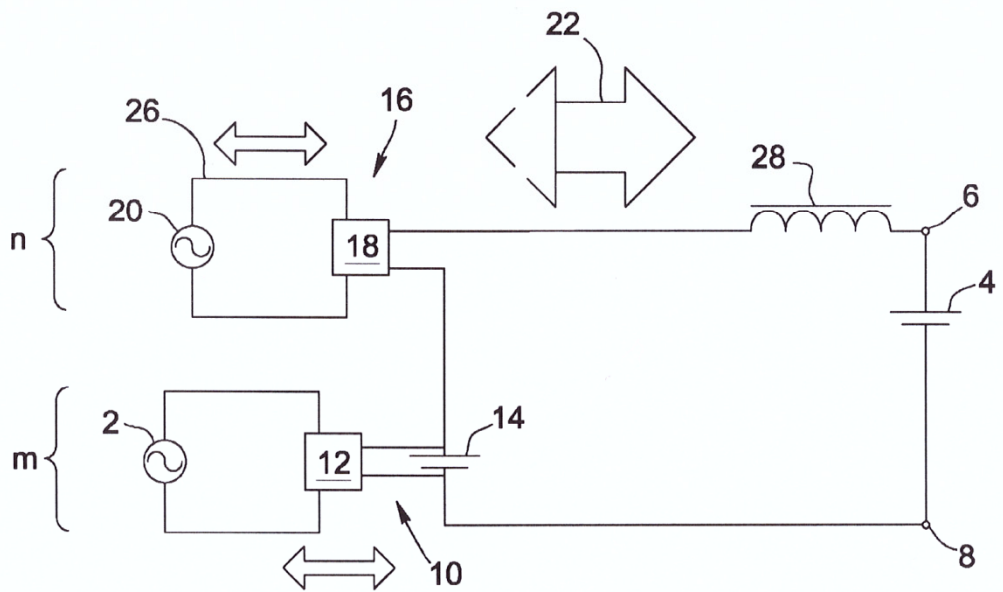


FIG. 2

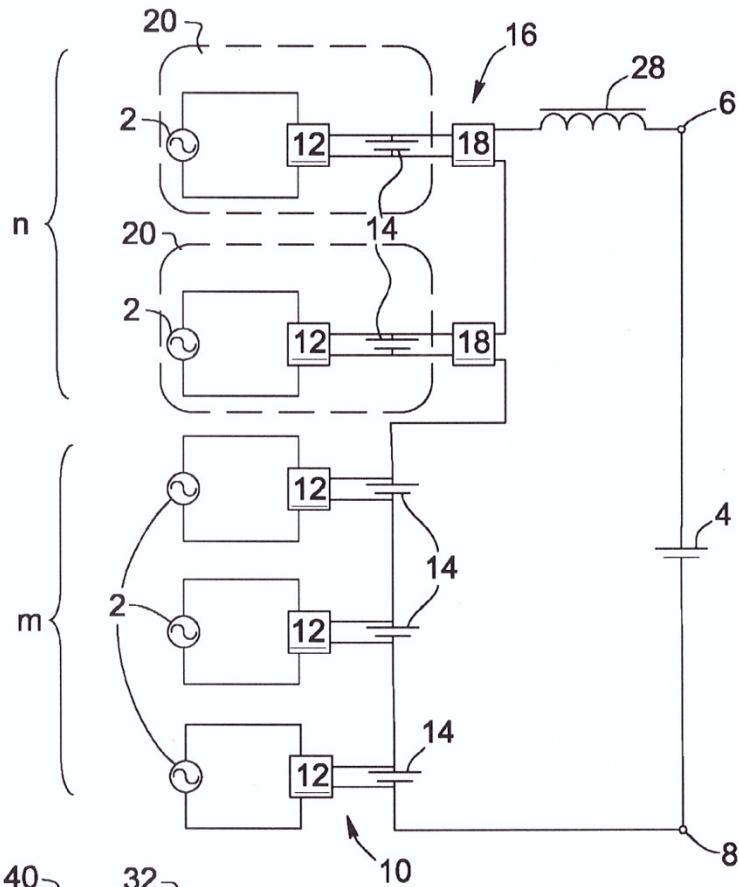


FIG. 3

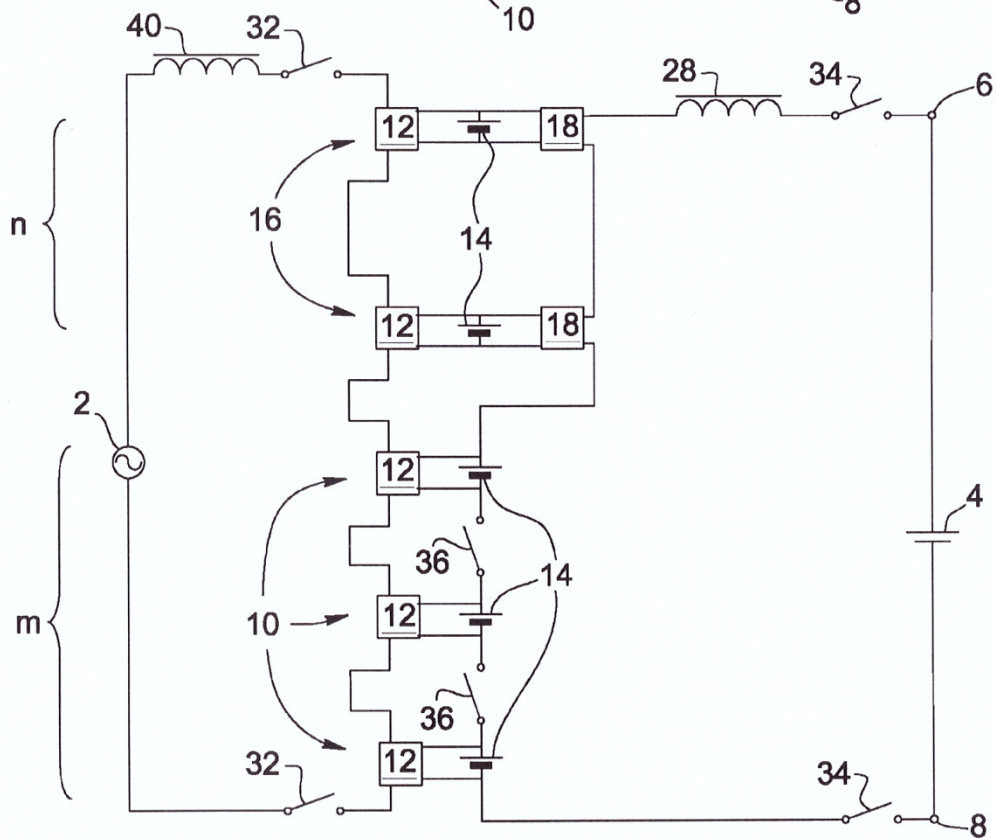


FIG. 4

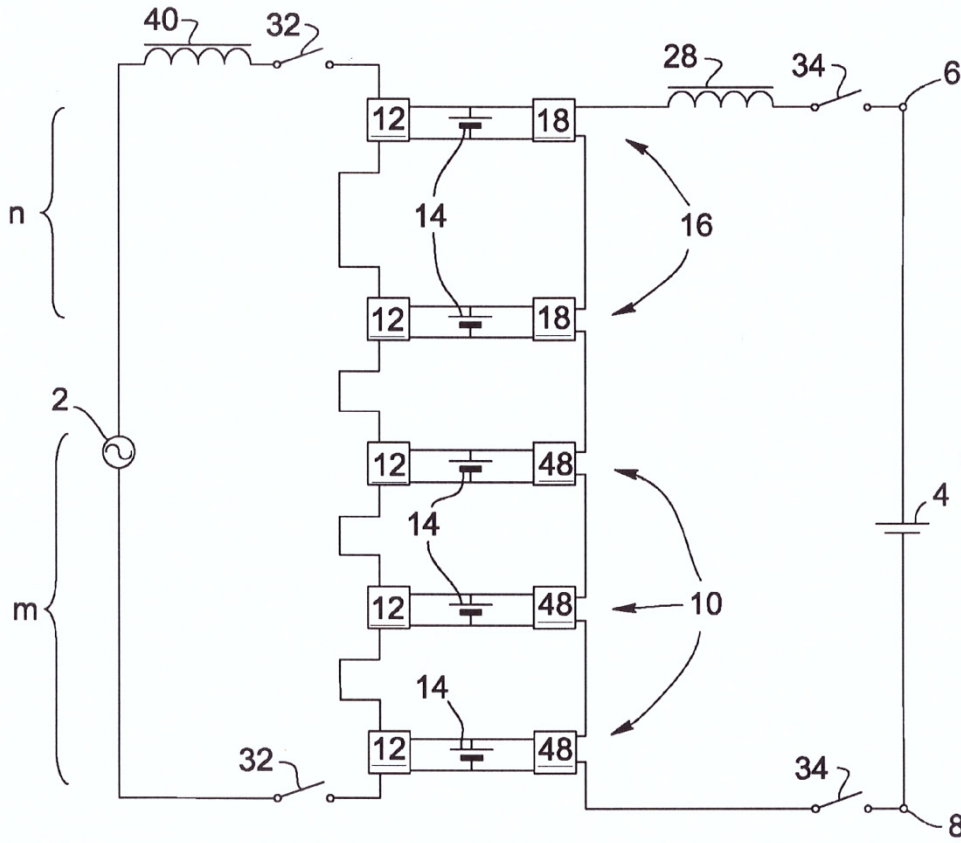


FIG. 5

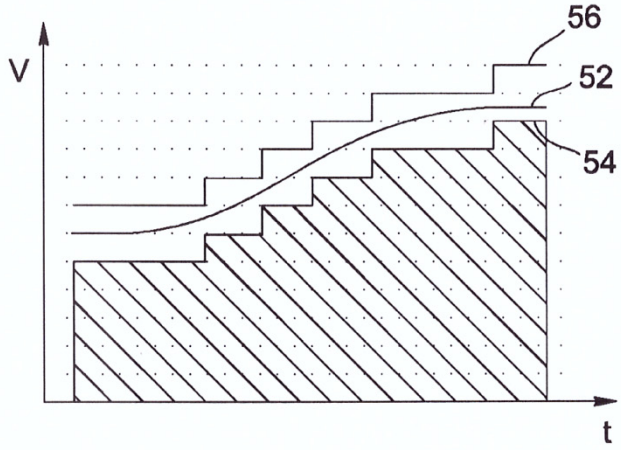


FIG. 6

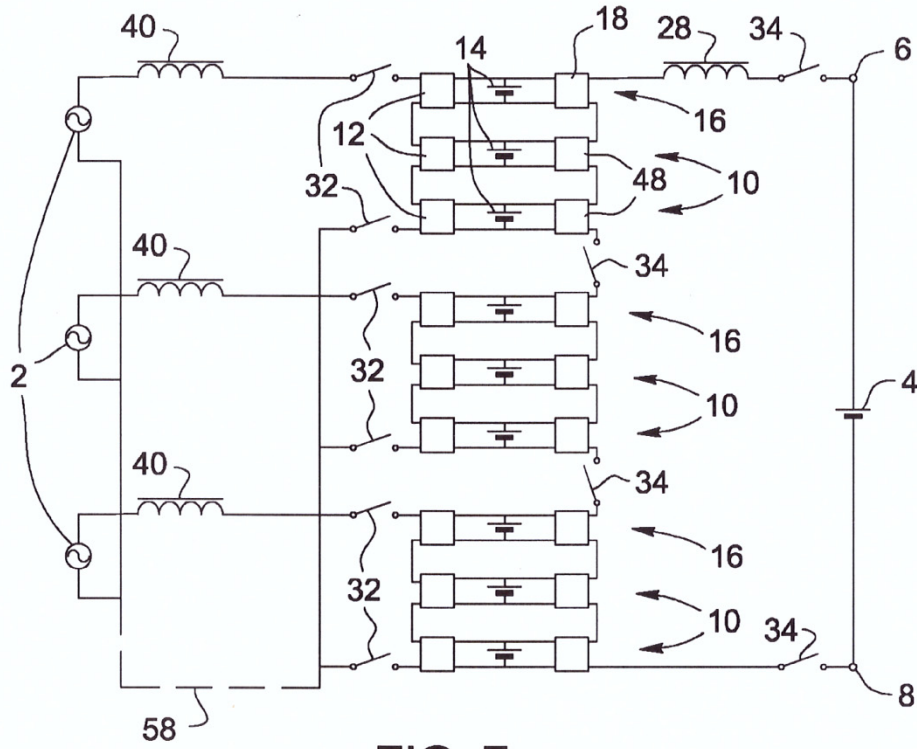


FIG. 7

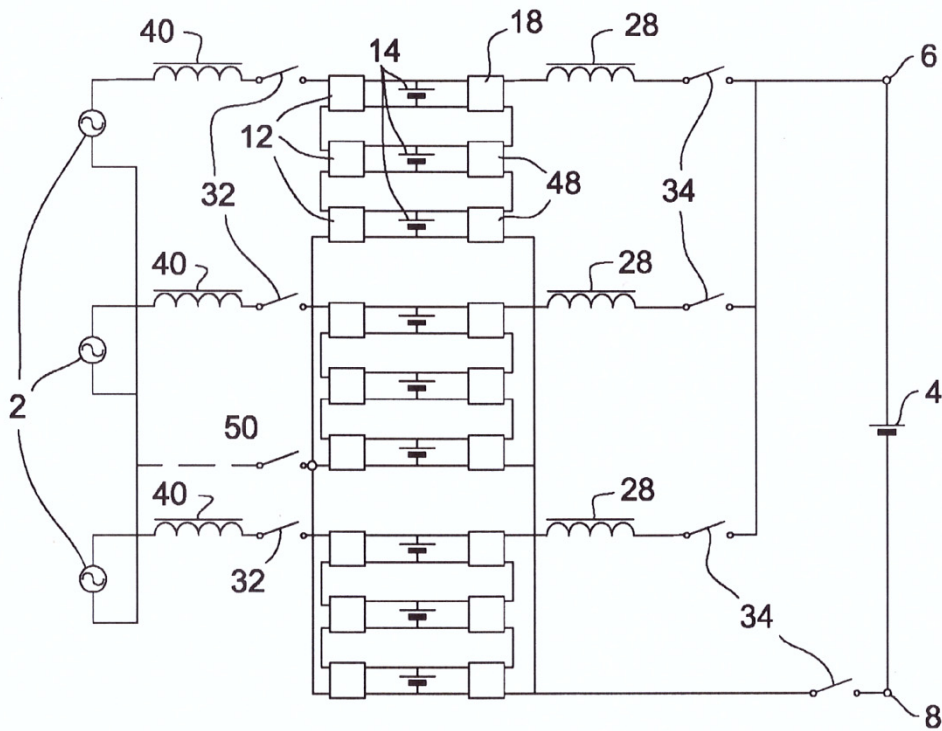


FIG. 8

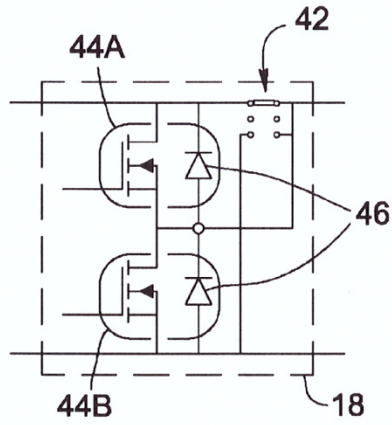


FIG. 9A

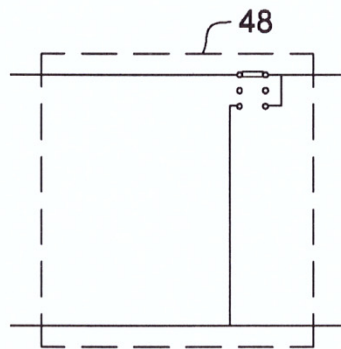


FIG. 9B

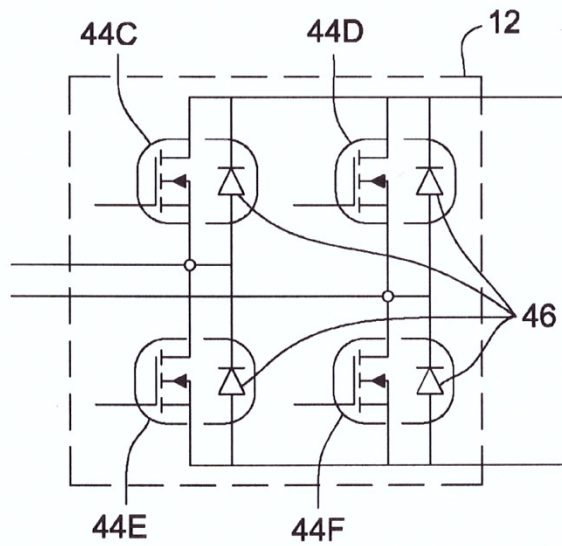


FIG. 10

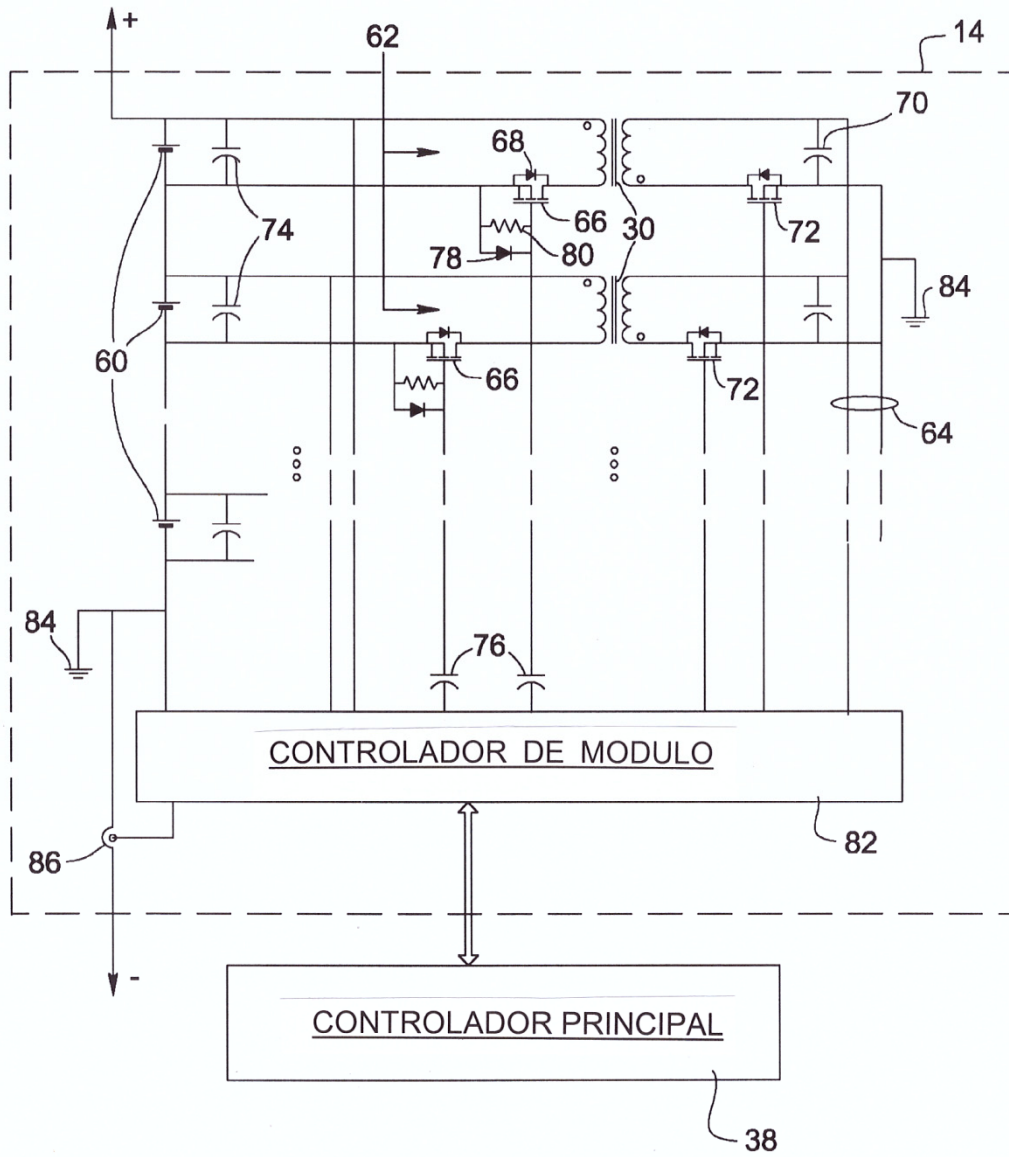


FIG. 11

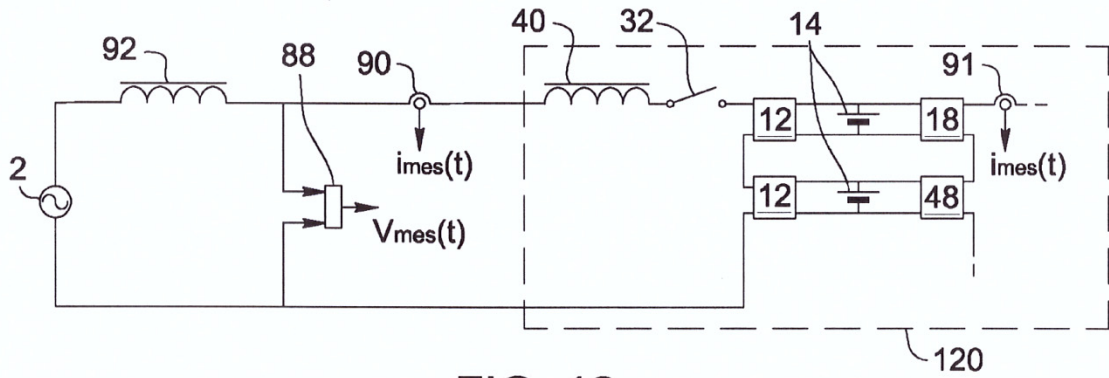


FIG. 12

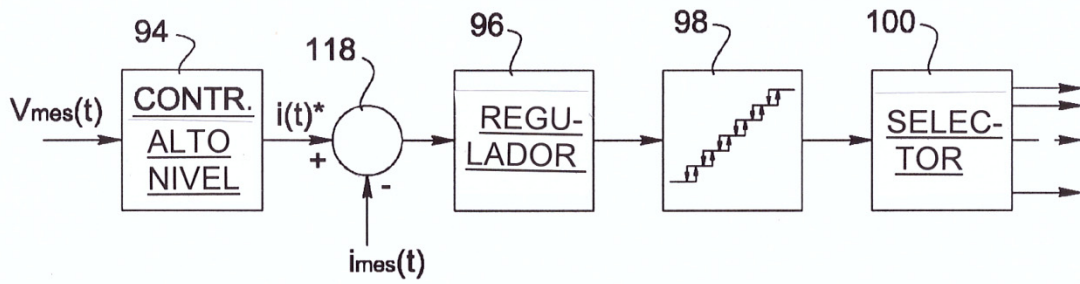


FIG. 13

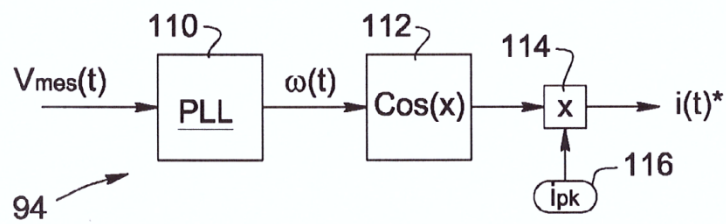
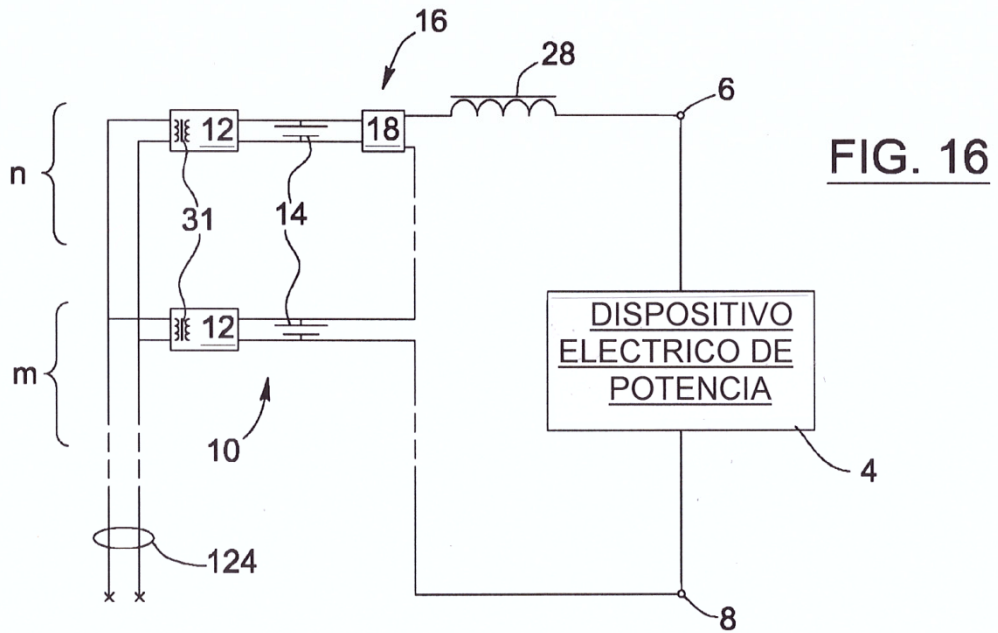
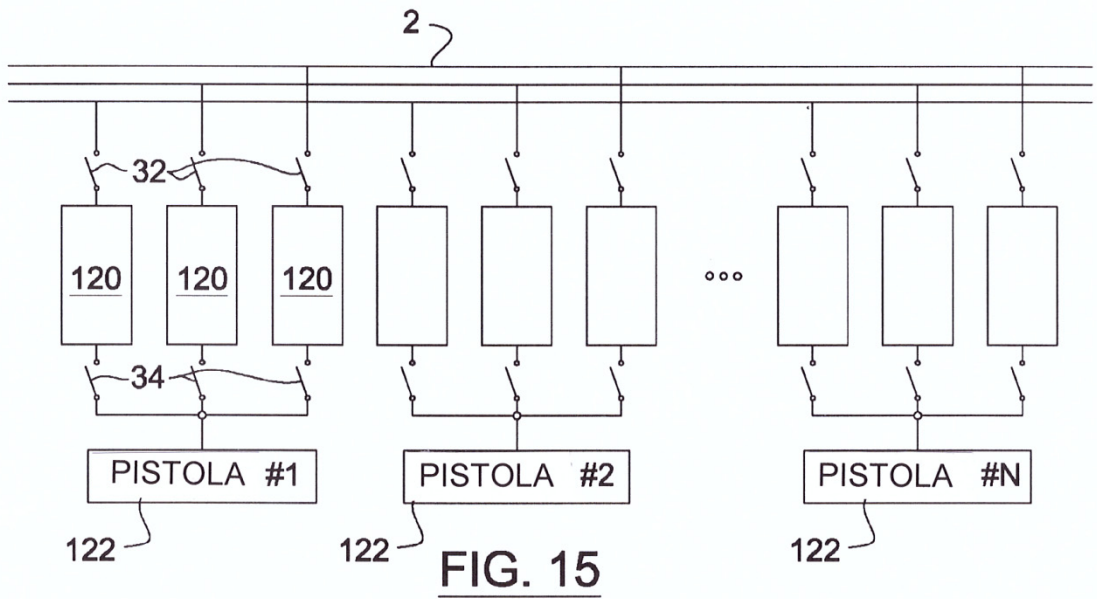


FIG. 14



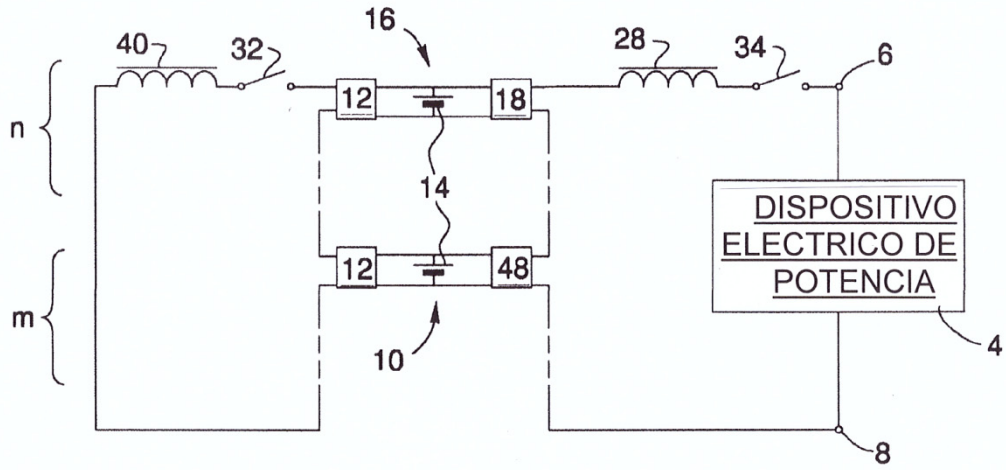


FIG. 17

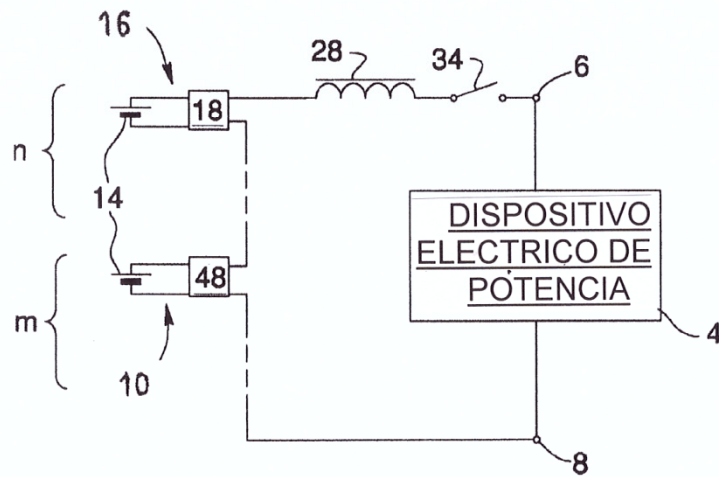


FIG. 18