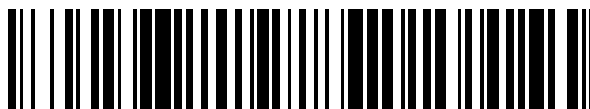


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 927 099**

51 Int. Cl.:

B60L 58/40

(2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.04.2020** **PCT/EP2020/060714**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.10.2020** **WO20212494**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.04.2020** **E 20720403 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.08.2022** **EP 3941784**

54 Título: **Disposición de circuito para una red de a bordo de un automóvil de accionamiento eléctrico y procedimiento para operar tal disposición de circuito**

30 Prioridad:

18.04.2019 DE 102019110343

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

02.11.2022

73 Titular/es:

STACK HYDROGEN SOLUTIONS GMBH (100.0%)
Campus-Boulevard 30
52074 Aachen, DE

72 Inventor/es:

DANY, STEFAN;
PROTE, JAN-PHILIPP y
SCHNEIDER, WALDEMAR

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 927 099 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

Disposición de circuito para una red de a bordo de un automóvil de accionamiento eléctrico y procedimiento para operar tal disposición de circuito

5 La presente invención se refiere a una disposición de circuito para una red de a bordo de un automóvil de accionamiento eléctrico, a un automóvil de accionamiento eléctrico con tal disposición de circuito, así como a un procedimiento para operar una disposición de circuito de este tipo.

10 Los automóviles de accionamiento eléctrico normalmente todavía tienen una autonomía relativamente limitada debido a la densidad de energía que tienen actualmente las baterías de alto voltaje. Para prolongar la autonomía es conocido en sí el uso de los denominados extensores de rango en vehículos eléctricos para aumentar la autonomía. Los extensores de rango más utilizados actualmente tienen motores de combustión interna que accionan un generador, que a su vez suministra corriente a la batería de alto voltaje y/o a la máquina de accionamiento eléctrico o motor eléctrico.

15 Además, también son conocidos extensores de rango que tienen una pluralidad de celdas de combustible. Una ventaja de estos extensores de rango es que prácticamente no producen emisiones, ya que el hidrógeno y el oxígeno suelen reaccionar para formar agua. Normalmente, tales extensores de rango basados en celdas de combustible requieren uno o varios compresores para suministrar aire comprimido a las celdas de combustible. Los compresores tienen que ser adaptados al respectivo extensor de rango de una manera relativamente compleja. Además, la conexión eléctrica de tales extensores de rango basados en celdas de combustible con una batería de alto voltaje es relativamente cara.

20 El documento US 2003/207156 A1 muestra un vehículo híbrido con una batería de tracción para proporcionar energía a un motor eléctrico del vehículo híbrido, así como con una celda de combustible que puede proporcionar tanto energía para el motor eléctrico como energía para cargar la batería de tracción.

El documento WO 2019/041383 A1 describe una unidad de extensor de rango para un vehículo que puede cargar un sistema de batería del vehículo y mediante el cual se puede suministrar energía al vehículo.

25 Por tanto, el objeto de la presente invención es proporcionar una solución, por medio de la cual los extensores de rango basados en celdas de combustible puedan usarse de una manera particularmente simple y sin problemas para prolongar la autonomía de un automóvil de accionamiento eléctrico.

Este objeto se lleva a cabo por los contenidos de las reivindicaciones independientes. Otras realizaciones posibles de la invención se especifican en las reivindicaciones dependientes.

30 La disposición de circuito según la invención para una red de a bordo de un automóvil de accionamiento eléctrico comprende una batería de alto voltaje para el suministro de energía de una máquina de accionamiento eléctrico del automóvil. Además, la disposición del circuito comprende un extensor de rango diseñado para cargar la batería de alto voltaje, el cual presenta varios módulos básicos de celdas de combustible idénticos, cada uno con varias celdas de combustible conectadas en serie e interfaces para el suministro de reactivos en forma de hidrógeno y aire. Las interfaces también pueden estar diseñadas para descargar agua y gas residual de los módulos básicos de celdas de combustible.

35 El extensor de rango puede basarse en un sistema extensor de rango modular que comprende varios módulos básicos de celdas de combustible, en particular de construcción idéntica, cada uno de los cuales tiene varias celdas de combustible conectadas en serie e interfaces para suministrar hidrógeno y aire, así como para descargar agua y gas residual. Además, el sistema extensor de rango modular comprende un dispositivo de suministro de medios que está diseñado para suministrar aire e hidrógeno a los módulos básicos de celdas de combustible a través de las interfaces y para descargar agua y gas residual de los módulos básicos de celdas de combustible a través de las interfaces. Para proporcionar diferentes potencias y/o tensiones pueden ser conectados eléctricamente entre sí diferentes números de módulos básicos de celdas de combustible en distintos circuitos en serie y/o paralelo y pueden ser configurados con el dispositivo de suministro de medios para formar variantes respectivas de un extensor de rango. El extensor de rango de la disposición del circuito puede ser una configuración o variante determinada basada en el sistema extensor de rango.

45 En el sistema extensor de rango modular es esencial que por medio de una combinación apropiada los módulos básicos de celdas de combustible individuales pueden ser adaptados en su tamaño de forma discrecional a cada caso de aplicación para formar un sistema completo, es decir una variante determinada de un extensor de rango. Mediante la conexión de los módulos básicos de celdas de combustible individuales en paralelo y en serie correspondiente se pueden configurar diferentes variantes de un extensor de rango, que difieren por ejemplo en lo que respecta a la potencia que se puede proporcionar, pero que pueden proporcionar la misma tensión de alto voltaje, por ejemplo. Naturalmente también es posible que los módulos básicos de celdas de combustible estén interconectados de tal manera que las tensiones que se pueden proporcionar difieran para las distintas variantes del extensor de rango.

50 Los módulos básicos de celdas de combustible también pueden incluir una amplia variedad de componentes periféricos y de sistema que están integrados en ellos para una función en gran medida independiente del módulo básico de celdas de combustible respectivo. En particular, con una configuración del sistema extensor de rango modular adaptado de forma correspondiente a una condición límite respectiva, es posible conseguir una vida útil particularmente larga y eficiencia en la variante en cuestión del extensor de rango. Esto es posible, entre otras cosas,

porque se puede lograr un diseño adaptado a la condición límite con puntos de funcionamiento definidos de la variante en cuestión del extensor de rango. En particular, también es posible diseñar las respectivas variantes del extensor de rango para una zona de carga parcial.

Los módulos básicos de celdas de combustible individuales pueden tener por ejemplo una superficie reactiva de aproximadamente 100 cm² y aproximadamente 80 celdas de combustible. Naturalmente también es posible configurar de forma diferente el número y la superficie de las placas bipolares, así como el número de celdas de combustible. Las celdas de combustible conectadas en serie para cada módulo básico de celdas de combustible pueden proporcionar por ejemplo una tensión de circuito abierto de 80 V y una tensión de 48 V en funcionamiento a plena carga. Sin embargo, dependiendo del diseño de los módulos básicos de celdas de combustible, también son posibles otras tensiones de circuito abierto y otros puntos de funcionamiento.

Mediante el sistema extensor de rango modular es posible por ejemplo configurar variantes muy diferentes de un extensor de rango basado en celdas de combustible para tipos de vehículos muy distintos. Así, por ejemplo se puede proporcionar una variante particularmente potente de un extensor de rango para un vehículo comercial de accionamiento eléctrico, y de igual modo también es posible por ejemplo configurar una variante de menor intensidad de potencia de un extensor de rango para un automóvil pequeño de accionamiento eléctrico basado en los mismos módulos básicos de celdas de combustible. Los módulos básicos de celdas de combustible individuales solo tienen que ser desarrollados, probados y autorizados una vez. Posteriormente, las diferentes variantes del extensor de rango citadas pueden ser configuradas sobre la base de módulos básicos de celdas de combustible preferiblemente estandarizados.

En particular, sobre la base del sistema extensor de rango modular es posible configurar un extensor de rango basado en celdas de combustible para un vehículo eléctrico determinado, que puede ser conectado en paralelo a una batería de alto voltaje del vehículo eléctrico sin la conexión intermedia de un convertidor de corriente continua. Por tanto, se puede omitir el convertidor de corriente continua, que suele ser bastante caro. El nivel de tensión del extensor de rango configurado de forma correspondiente basándose en el sistema extensor de rango modular puede ser adaptado muy fácilmente al nivel de tensión de la batería de alto voltaje en cuestión, simplemente conectando entre sí los módulos básicos de celdas de combustible individuales de forma apropiada en circuitos en serie y en paralelo.

Además, la disposición de circuito comprende un dispositivo de conmutación para la conexión del extensor de rango, que está diseñado para conectar conduciendo la electricidad la batería de alto voltaje y el extensor de rango en forma de un circuito paralelo sin un convertidor de corriente continua. En otras palabras, la disposición de circuito no comprende ningún convertidor de corriente continua para adaptar las tensiones respectivas de la batería de alto voltaje y del extensor de rango entre sí. Cuando el extensor de rango está conectado, el nivel de voltaje respectivo del extensor de rango resulta del nivel de tensión respectivo de la batería de alto voltaje, que está determinado, entre otras cosas, por el estado de carga (*State of Charge*) de la batería de alto voltaje.

La disposición de circuito según la invención comprende además un dispositivo de control que está configurado para realizar los siguientes pasos después de que este haya recibido una señal de activación concerniente al extensor de rango:

- determinar un punto de funcionamiento del extensor de rango en función de al menos una variable de la batería de alto voltaje;
- fijar un valor teórico respectivo concerniente a un suministro de los reactivos a los módulos básicos de celdas de combustible y/o a una temperatura de funcionamiento de las celdas de combustible basándose en el punto de funcionamiento determinado;
- controlar un sistema diseñado para suministrar los reactivos y/o para controlar la temperatura de las celdas de combustible en correspondencia con el valor teórico fijado en cada caso;
- controlar el dispositivo de conmutación para la conexión del extensor de rango solo después de que se haya alcanzado el valor teórico respectivo concerniente al suministro de los reactivos y/o la temperatura de funcionamiento.

Debido a que la disposición de circuito según la invención carece de un convertidor de corriente continua, es esencial que, antes de la conexión o a más tardar en el momento de la conexión, el extensor de rango tenga disponibles los reactivos necesarios y/o que las celdas de combustible del extensor de rango tengan una temperatura de funcionamiento suficiente. El dispositivo de control puede estar diseñado para recibir y evaluar una amplia variedad de datos sobre diferentes variables de la batería de alto voltaje, por ejemplo desde un dispositivo sensor del automóvil. El dispositivo de control puede igualmente recibir datos de temperatura relativos a las celdas de combustible de este dispositivo sensor.

La invención se basa en el conocimiento de que el punto de funcionamiento del extensor de rango depende en gran medida de diferentes variables de la batería de alto voltaje, en particular porque la disposición del circuito no tiene un convertidor de corriente continua. La batería de alto voltaje es pues importante con respecto a un punto de funcionamiento respectivo del extensor de rango en el momento de la conexión del extensor de rango y también

después con respecto a una tensión que se ajusta cuando se conecta el extensor de rango y por lo tanto también con lo que respecta a un punto de funcionamiento del extensor de rango que se ajusta. La tensión aplicada a la batería de alto voltaje depende, entre otras cosas, en gran medida del estado de carga de la batería de alto voltaje. La tensión aplicada a la batería de alto voltaje puede depender además por ejemplo de si la batería de alto voltaje se está descargando en ese momento o está siendo cargada- por ejemplo debido a una recuperación.

El dispositivo de control está configurado para después de recibir la señal de activación concerniente al extensor de rango, evaluar al menos una variable de la batería de alto voltaje, preferiblemente varias variables de la batería de alto voltaje, y en función de ello determinar un punto de funcionamiento asociado del extensor de rango. Basándose en el punto de funcionamiento del extensor de rango determinado, el dispositivo de control puede fijar un valor teórico respectivo concerniente a un suministro de los reactivos, es decir de hidrógeno y de aire, que son necesarios para que los módulos básicos de celdas de combustible y, por tanto el extensor de rango, puedan ser fiables en el punto de funcionamiento determinado. En este contexto, la invención se basa en el reconocimiento de que la provisión y el suministro de dichos reactivos a los respectivos módulos básicos de celdas de combustible hasta las respectivas celdas de combustible presenta una cierta inercia. Esto también se aplica al ajuste adecuado de la temperatura de funcionamiento de las celdas de combustible, en particular adaptado al punto de funcionamiento determinado. Las reacciones dentro de las celdas de combustible respectivas dependen en gran medida de su temperatura actual. Especialmente cuando las temperaturas exteriores son bajas, puede darse el caso de que las celdas de combustible presenten una temperatura muy baja, que puede situarse muy por debajo de una temperatura de funcionamiento favorable, por lo que el extensor de rango estaría listo para su uso para el punto de funcionamiento determinado.

Incluso antes de la conexión del extensor de rango, el dispositivo de control puede controlar un sistema que está diseñado para proporcionar los reactivos y suministrarlos a los módulos básicos de celdas de combustible respectivos. Además, el sistema también puede estar diseñado para regular la temperatura de las celdas de combustible respectivas, en particular tanto para enfriarlas como para calentarlas. El dispositivo de control está configurado para controlar el dispositivo de conmutación para conectar el extensor de rango solo después de que se haya alcanzado el valor teórico respectivo concerniente al suministro de los reactivos y/o la temperatura de funcionamiento.

Debido al hecho de que el dispositivo de control está configurado para llevar a cabo los pasos citados, es posible operar sin problemas el extensor de rango y la batería de alto voltaje con conexión en paralelo también sin un convertidor de corriente continua. Debido a que el dispositivo de control puede determinar el punto de funcionamiento del extensor de rango de la manera mencionada y ajustar los valores teóricos con base en ello, el dispositivo de control puede garantizar mediante el control correspondiente del sistema diseñado para proporcionar los reactivos y/o para controlar la temperatura de las celdas de combustible, que a más tardar en el momento de la conexión del extensor de rango, este recibe los reactivos correspondientes y/o tiene la temperatura de funcionamiento, de modo que el extensor de rango pueda funcionar en el punto de funcionamiento determinado sin dañarse.

Después de la conexión del extensor de rango se puede asegurar en cualquier caso que las celdas de combustible respectivas sean alimentadas suficientemente con los reactivos, de modo que en particular se puede garantizar un suministro al menos esencialmente homogéneo de los reactivos a las celdas de combustible respectivas. Las respectivas reacciones dentro de las celdas de combustible pueden tener lugar así al menos casi de la misma manera con respecto a las propias celdas de combustible y también con respecto a todo el extensor de rango. Por lo tanto, se pueden contrarrestar de manera fiable la fatiga excesiva y eventualmente un daño del extensor de rango. Además, el extensor de rango puede cargar la batería de alto voltaje en una medida suficiente inmediatamente después de ser conectado, y además sin que el extensor de rango se dañe. Al garantizar la temperatura de funcionamiento adecuada dentro de las celdas de combustible respectivas, también se puede garantizar que las reacciones dependientes de la temperatura dentro de las celdas de combustible puedan tener lugar de tal manera que, por un lado, la batería de alto voltaje sea cargada de manera fiable y que, por otro lado, el extensor de rango no se dañe.

El dispositivo de control está pues configurado para determinar o estimar un punto de funcionamiento asociado del extensor de rango para un momento de conexión del extensor de rango situado aún en el futuro, por ejemplo utilizando datos reales actuales relativos a una o incluso a varias variables de la batería de alto voltaje. La cantidad requerida de reactivos y/o la temperatura de funcionamiento necesaria dentro de las celdas de combustible se puede determinar por medio del dispositivo de control para que se adapte al punto de funcionamiento determinado. Debido a que el dispositivo de control puede ajustar el suministro de los reactivos y/o el control de la temperatura de las celdas de combustible de forma adaptada al punto de funcionamiento determinado y solo se produce la conexión del extensor de rango cuando se han alcanzado los valores teóricos respectivos, es posible inmediatamente después de la conexión del extensor de rango asegurar de manera particularmente fácil y sin problemas que de esta forma se puede conseguir una prolongación de la autonomía del automóvil de accionamiento eléctrico en cuestión.

En particular, se puede asegurar que en el momento de la conexión del extensor de rango, una tensión aplicada a este corresponde al menos esencialmente a la tensión aplicada a la batería de alto voltaje. Si el dispositivo de conmutación es accionado para conectar el extensor de rango por el control correspondiente mediante el dispositivo de control, se garantiza que el extensor de rango y la batería de alto voltaje tienen al menos esencialmente el mismo nivel de tensión, incluso sin el citado convertidor de corriente continua. Al hacer que los reactivos estén disponibles dentro de las celdas de combustible respectivas de una manera que se adapte al punto de funcionamiento determinado, en particular en combinación con el control de temperatura apropiado de las celdas de combustible, por

anticipado, la salida de potencia del extensor de rango puede ser ajustada para adaptarse a la demanda de carga de la batería de alto voltaje inmediatamente después de la conexión del extensor de rango.

La disposición de circuito según la invención tiene una estructura especialmente sencilla y, por tanto barata, debido al ahorro o a la omisión del convertidor de corriente continua. Sin embargo, debido a las propiedades del dispositivo de control descritas, es posible conectar sin problemas el extensor de rango en caso necesario para cargar la batería de alto voltaje y así ampliar la autonomía del automóvil en cuestión. Una inercia inherente al sistema del extensor de rango basado en celdas de combustible en comparación con la batería de alto voltaje puede ser compensada suministrando los reactivos a tiempo y/o ajustando la temperatura de funcionamiento adecuada de las celdas de combustible a tiempo, concretamente antes de la conexión del extensor de rango. Así, en el momento de la conexión, el extensor de rango puede ser operado directamente en el punto de funcionamiento adecuado para ello, de forma adaptada al estado actual de la batería de alto voltaje. Esto hace posible, entre otras cosas, conectar el extensor de rango para prolongar la autonomía siempre que sea necesario sin una carga excesiva y/o daño del extensor de rango. Asimismo es irrelevante si la señal de activación concerniente al extensor de rango es generada debido a un deseo de activación del conductor o automáticamente.

Una posible forma de realización de la invención prevé que el dispositivo de control esté configurado para monitorizar los flujos volumétricos respectivos del hidrógeno y del aire a los módulos básicos de celdas de combustible y solo después controlar el dispositivo de conmutación para la conexión del extensor de rango cuando los flujos volumétricos correspondan a los valores teóricos predeterminados. En otras palabras, es posible por tanto que dichos valores teóricos concernientes a los reactivos se refieran a valores teóricos con respecto a los flujos volumétricos respectivos del hidrógeno y del aire a los módulos básicos de celdas de combustible individuales. Por ejemplo por medio del dispositivo sensor ya mencionado anteriormente se pueden suministrar al dispositivo de control datos correspondientes que caracterizan los flujos volumétricos respectivos e instantáneos de los reactivos a los módulos básicos de celdas de combustible. Por ejemplo, de esta manera es posible detectar los respectivos flujos volumétricos de los reactivos directamente en las interfaces mencionadas de los módulos básicos de celdas de combustible y proporcionar al dispositivo de control datos al respecto. Solo cuando el dispositivo de control constata o determina que dichos flujos volumétricos corresponden a los valores teóricos predeterminados, el dispositivo de control controla el dispositivo de conmutación para la conexión del extensor de rango. Así se puede garantizar de manera fiable que las celdas de combustible individuales de los módulos básicos de celdas de combustible son abastecidas en una medida suficiente con los reactivos en el momento de la conexión del extensor de rango, de forma adaptada al punto de funcionamiento determinado del extensor de rango.

Otra posible forma de realización de la invención prevé que el dispositivo de control esté configurado para determinar una diferencia entre una temperatura real de las celdas de combustible y el valor teórico fijado concerniente a la temperatura de funcionamiento de las celdas de combustible, así como dependiendo de la diferencia determinada, ajustar una temperatura y/o un flujo volumétrico de un fluido de un dispositivo de control de temperatura del extensor de rango. El dispositivo de control de la temperatura puede ser un componente del sistema ya mencionado anteriormente, el cual está diseñado para controlar la temperatura de las celdas de combustible. El dispositivo sensor ya mencionado anteriormente puede por ejemplo tener sensores individuales que estén diseñados para medir las respectivas temperaturas reales de las celdas de combustible y proporcionar datos al respecto al dispositivo de control. Con el conocimiento de una desviación respectiva entre las temperaturas reales de las celdas de combustible y el valor teórico fijado concerniente a la temperatura de funcionamiento de las celdas de combustible, el dispositivo de control puede por ejemplo llevar el fluido del dispositivo de control de la temperatura a una temperatura tal que, por medio del fluido, el valor teórico con respecto a la temperatura de funcionamiento de las celdas de combustible se pueda alcanzar de manera particularmente rápida. Además, el dispositivo de control puede estar configurado para ajustar el flujo volumétrico del fluido del dispositivo de control de la temperatura en función de la respectiva desviación de temperatura de la temperatura de funcionamiento, de modo que la temperatura de funcionamiento de las celdas de combustible se alcance de forma especialmente rápida. Una temperatura de funcionamiento habitualmente favorable de las celdas de combustible puede situarse por ejemplo en la zona de 60 °C. Si la diferencia respectiva entre la temperatura real de las celdas de combustible y el valor teórico fijado concerniente a la temperatura de funcionamiento es por ejemplo especialmente alta, entonces el dispositivo de control puede por ejemplo ajustar el fluido del dispositivo de control de la temperatura a un valor especialmente alto, y también el flujo volumétrico. A consecuencia de esto la temperatura de funcionamiento de las celdas de combustible puede alcanzarse de forma especialmente rápida, de modo que el extensor de rango también puede ser conectado de forma especialmente temprana después de recibir la señal de activación.

De acuerdo con otra posible forma de realización de la invención está previsto que el dispositivo de control esté configurado para determinar el punto de funcionamiento del extensor de rango en función de una tensión de la batería de alto voltaje. La invención se basa en el reconocimiento de que la tensión de la batería de alto voltaje tiene una influencia significativa en el punto de funcionamiento del extensor de rango, particularmente porque la disposición del circuito no tiene un convertidor de corriente continua entre el extensor de rango y la batería de alto voltaje. Conociendo la tensión instantánea de la batería de alto voltaje, el dispositivo de control puede determinar con precisión el punto de funcionamiento asociado o apropiado del extensor de rango. Esto a su vez conduce a que la alimentación y provisión de los reactivos y/o la temperatura de funcionamiento de las celdas de combustible pueden ser ajustadas con precisión al nivel de tensión actual de la batería de alto voltaje antes de la conexión del extensor de rango.

Otra posible forma de realización de la invención prevé que el dispositivo de control esté configurado para determinar

el punto de funcionamiento del extensor de rango en función de un estado de carga de la batería de alto voltaje. La tensión aplicada a la batería de alto voltaje también depende normalmente en gran medida del estado de carga de la batería de alto voltaje. Debido a la omisión del convertidor de corriente continua, es esencial conocer el estado de carga de la batería de alto voltaje para así determinar el punto de funcionamiento adecuado para el extensor de rango.

5 A su vez, el estado de carga de la batería de alto voltaje puede ser determinado, por ejemplo, midiendo la tensión en la batería de alto voltaje.

Otra posible forma de realización de la invención prevé que el dispositivo de control esté configurado para determinar el punto de funcionamiento del extensor de rango y/o para fijar los valores teóricos en función de un estado de funcionamiento de la batería de alto voltaje. La invención se basa en el reconocimiento de que las baterías de alto voltaje pueden presentar una amplia variedad de estados de funcionamiento durante la conducción regular, por ejemplo con respecto a su salida de potencia o consumo de potencia, así como por ejemplo con respecto a una temperatura respectiva de la batería de alto voltaje. El dispositivo de control también puede estar configurado para evaluar diferentes variables que caracterizan o identifican un estado de funcionamiento respectivo de la batería de alto voltaje. Con el conocimiento del estado de funcionamiento de la batería de alto voltaje es posible determinar de una manera particularmente fiable el punto de funcionamiento apropiado del extensor de rango y/o fijar los valores teóricos mencionados de forma adaptada al punto de funcionamiento determinado y así ajustarlos a tiempo antes de la conexión del extensor de rango.

10

15

De acuerdo con otra posible forma de realización de la invención está previsto que el dispositivo de control esté configurado para determinar, con respecto al estado de funcionamiento de la batería de alto voltaje, si la batería de alto voltaje se está descargando o cargando y en qué medida. En este contexto, la invención se basa en el reconocimiento de que una tensión aplicada a la batería de alto voltaje o proporcionada por medio de ella puede depender en gran medida de si la batería de alto voltaje se está descargando o cargando en ese momento. Por ejemplo, si el automóvil en cuestión está siendo acelerado muy intensamente en ese momento, entonces la batería de alto voltaje se descarga de forma especialmente fuerte, por lo que la tensión en la batería de alto voltaje puede caer de forma correspondiente. Por ejemplo, si un conductor quita el pie del acelerador, entonces la batería de alto voltaje puede cargarse por ejemplo por recuperación, debido a esto la tensión disponible en la batería de alto voltaje o aplicada a la misma puede aumentar en comparación con un proceso de descarga. El dispositivo de control recibe así datos que caracterizan si la batería de alto voltaje se descarga o se carga en ese momento y en qué medida. Basándose en esto, el dispositivo de control puede determinar o estimar el punto de funcionamiento asociado del extensor de rango de una manera particularmente fiable. Por ejemplo, también es posible que al dispositivo de control le sean proporcionados datos que caractericen un comportamiento de conducción de un conductor actual del automóvil y/o un perfil de la ruta que se está realizando en ese momento. Conociendo estos datos o informaciones, el dispositivo de control también puede determinar o estimar de manera predictiva si y en qué medida la batería de alto voltaje se descargará o cargará en el futuro. Además, el dispositivo de control puede recibir datos que caracterizan cuánto tiempo se tarda en alcanzar los valores teóricos mencionados. En combinación de estos datos o informaciones, el dispositivo de control puede determinar o estimar de forma particularmente precisa el punto de funcionamiento del extensor de rango para un posible instante de la conexión del extensor de rango, con lo cual a su vez el ajuste de los valores teóricos para este instante se puede realizar de forma especialmente adecuada.

20

25

30

35

En otra posible realización de la invención está previsto que el dispositivo de control esté configurado para determinar el punto de funcionamiento del extensor de rango y/o fijar los valores teóricos en función de datos que caracterizan un perfil de ruta del automóvil y/o un perfil de flota de varios automóviles. Sobre la base de dicho perfil de ruta y/o perfil de flota, es posible por ejemplo que el dispositivo de control pueda estimar para instantes aún en el futuro cómo cambiarán las diferentes variables de la batería de alto voltaje. Basándose en esto, el dispositivo de control puede determinar de manera especialmente fiable el punto de funcionamiento apropiado o asociado del extensor de rango y/o fijar los valores teóricos asociados correspondientes. Así es posible por ejemplo proporcionar al dispositivo de control datos que caractericen un perfil de altura de una ruta recorrida en ese momento por el automóvil. De esta forma se pueden proporcionar informaciones, por ejemplo de cuándo a lo largo de la ruta el automóvil probablemente demandará una cantidad particularmente grande de potencia de la batería de alto voltaje, o de cuándo la batería de alto voltaje se cargará, por ejemplo por recuperación. Con el conocimiento de estos datos o informaciones es posible a su vez estimar un punto de funcionamiento asociado del extensor de rango de manera particularmente exacta.

40

45

50

De acuerdo con otra posible forma de realización de la invención está previsto que el dispositivo de control esté configurado para determinar el punto de funcionamiento del extensor de rango y/o fijar los valores teóricos en función de datos que caracterizan el comportamiento de conducción de un conductor del automóvil. Conociendo el comportamiento de conducción del conductor, el dispositivo de control puede estimar de forma especialmente fiable una demanda de potencia del automóvil y por tanto también una demanda de potencia de la batería de alto voltaje y/o del extensor de rango. Así, el dispositivo de control puede estimar o determinar particularmente bien de manera predictiva cuál será el punto de funcionamiento del extensor de rango para el momento de la conexión del extensor de rango y así ajustar los valores teóricos y/o la temperatura de funcionamiento.

55

Otra posible forma de realización de la invención prevé que el dispositivo de control esté configurado para ajustar los valores teóricos concernientes a los reactivos en una medida predeterminada más alta que la requerida para el punto de funcionamiento determinado del extensor de rango. De esta forma se asegura que el extensor de rango tenga en cualquier caso suficientes reservas de potencia cuando es conectado. Si, por ejemplo, un requisito de potencia del

60

automóvil después de la conexión del extensor de rango resulta ser algo mayor que lo estimado previamente por el dispositivo de control, entonces el ajuste superestequiométrico de los valores teóricos concernientes a los reactivos con respecto al punto de funcionamiento determinado puede proporcionar todavía suficiente potencia al extensor de rango y además mantener o presentar un nivel de tensión que corresponda al nivel de tensión de la batería de alto voltaje.

De acuerdo con otra posible forma de realización de la invención está previsto que el dispositivo de control esté configurado para después de la conexión del extensor de rango, comparar el punto de funcionamiento previamente determinado con un punto de funcionamiento del extensor de rango ajustado realmente y, dependiendo de la comparación ajustar el suministro de hidrógeno y aire para adaptarse al punto de funcionamiento real. De esta manera se puede garantizar que poco después de la conexión del extensor de rango- siempre que sea necesario - la alimentación de los reactivos es ajustada al punto de funcionamiento del extensor de rango que realmente ha sido ajustado.

De acuerdo con otra posible forma de realización de la invención está previsto que el dispositivo de control esté configurado para determinar el punto de funcionamiento del extensor de rango que se ajusta realmente basándose en una intensidad de corriente que caracteriza a una corriente que fluye desde el extensor de rango a la batería de alto voltaje. Utilizando la corriente que fluye realmente desde el extensor de rango hacia la batería de alto voltaje, es posible determinar de manera particularmente fiable el punto de funcionamiento del extensor de rango que se ajusta realmente.

Otra posible forma de realización de la invención prevé que el dispositivo de control esté configurado para determinar un estado de los módulos básicos de celdas de combustible y para predeterminar diferentes valores teóricos para grupos respectivos de módulos básicos de celdas de combustible conectados en paralelo, dependiendo del estado de sus módulos básicos de celdas de combustible. El estado puede comprender, por ejemplo, una temperatura respectiva y/o un estado de envejecimiento respectivo de los módulos básicos de celdas de combustible. En este contexto, la invención se basa en el reconocimiento de que la temperatura tiene una influencia exponencial sobre las reacciones que tienen lugar en las celdas de combustible y por tanto también sobre la formación de tensión durante el funcionamiento de las respectivas celdas de combustible. En este contexto, la invención también se basa en el reconocimiento de que el respectivo estado de envejecimiento de las celdas de combustible y, por tanto de los módulos básicos de celdas de combustible asociados, tiene una influencia esencial en el rendimiento y por tanto también en la formación de la tensión. Por consiguiente, antes de la conexión del extensor de rango, los respectivos grupos de módulos básicos de celdas de combustible conectados en paralelo pueden aún ser abastecidos con la cantidad correspondiente de reactivos adecuada a su estado respectivo y/o pueden ser controlados en temperatura con respecto a su temperatura de funcionamiento para adaptarse a su estado respectivo. Así se puede asegurar que los respectivos grupos de módulos básicos de celdas de combustible conectados en paralelo estén ajustados de la misma manera, en particular con respecto a su tensión. Esto a su vez contribuye a que las celdas de combustible individuales sean sometidas a la menor fatiga posible.

Otra posible forma de realización de la invención prevé que el extensor de rango esté diseñado de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$Z_{BZ,R} = \frac{Z_{Bat,R} * U_{Z,Bat,min}}{U_{Z,BZ,VL}}$$

en donde

- $Z_{BZ,R}$ designa el número de todas las celdas de combustible conectadas en serie del extensor de rango,
- $Z_{Bat,R}$ designa el número de todas las celdas de batería conectadas en serie de la batería de alto voltaje,
- $U_{Z,Bat,min}$ designa una tensión de celda mínima admisible de la batería de alto voltaje en funcionamiento,
- $U_{Z,BZ,VL}$ designa una tensión de funcionamiento de celda de combustible al nivel de la celda a plena carga.

Un diseño del extensor de rango de acuerdo con la fórmula anterior asegura que el nivel de tensión de las celdas de combustible o del extensor de rango nunca caiga por debajo del nivel de tensión de la batería de alto voltaje. Esto significa que se garantiza que los dos niveles de tensión, es decir, del extensor de rango y de la batería de alto voltaje, coincidan entre sí para el punto de funcionamiento descrito anteriormente y la conexión.

Otra posible forma de realización de la invención prevé que el extensor de rango esté diseñado de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$A_{BZ} = \frac{P_M}{Z_{BZ,R}} * J_{BZ,MEA},$$

en donde

- A_{BZ} designa una superficie reactiva de todas las celdas de combustible del extensor de rango,
- P_M denota una demanda de potencia media predeterminada del automóvil,

- $Z_{BZ,R}$ denota de nuevo el número de celdas de combustible conectadas en serie del extensor de rango,
- $J_{BZ,MEA}$ denota una densidad de corriente máxima permisible de las respectivas unidades de electrodos de membrana del extensor de rango.

5 Un diseño del extensor de rango de acuerdo con esta fórmula, en particular junto con la otra fórmula mencionada en primer lugar, asegura que las celdas de combustible y, por tanto el extensor de rango, no estén sobredimensionados ni subdimensionados para el caso de aplicación, con respecto a la demanda de potencia media predeterminada del automóvil. Lo esencial aquí es en particular que el extensor de rango puede garantizar suficiente intensidad de corriente para el caso de aplicación.

10 Otra posible forma de realización de la invención prevé que la demanda de potencia media predeterminada del automóvil comprenda una demanda de potencia media de la máquina de accionamiento del automóvil para un perfil de conducción predeterminado del automóvil y la demanda de potencia de al menos un consumidor secundario del automóvil, en particular un dispositivo de climatización del automóvil. Por ejemplo, para el perfil de conducción predeterminado pueden estar almacenados datos que caracterizan una demanda de potencia de la máquina de accionamiento del automóvil que varía con el tiempo, pudiendo por ejemplo el dispositivo de control determinar la
15 demanda de potencia media de la máquina de accionamiento del automóvil citada basándose en estos datos, para poder tener en cuenta el perfil de conducción predeterminado. Además, también puede tenerse en cuenta al menos una demanda de potencia de un consumidor secundario del automóvil, en particular en forma de un dispositivo de climatización del automóvil. A este respecto se pueden proporcionar al dispositivo de control por ejemplo datos promediados relativos al requisito de potencia del dispositivo de climatización del automóvil, en virtud de los cuales el
20 dispositivo de control puede estimar si el automóvil debe ser calentado o enfriado mediante el dispositivo de climatización durante la conducción. Esto puede estar sujeto a diferencias regionales. Así, por ejemplo el extensor de rango puede ser diseñado de manera diferente para modelos de vehículos que se utilizan en diferentes zonas climáticas - por ejemplo en Escandinavia o el sur de Europa. En particular cuando se debe refrigerar el automóvil, resulta un aumento de la demanda de potencia para el dispositivo de climatización, ya que por ejemplo no se puede
25 usar para esto el calor residual del extensor de rango. Conociendo la demanda de potencia media de la máquina de accionamiento y la demanda de potencia de al menos un consumidor secundario del automóvil, que por ejemplo es particularmente consumidor de energía, el diseño del extensor de rango puede realizarse de manera particularmente apropiada con respecto a la superficie reactiva requerida de todas las celdas de combustible del extensor de rango de hidrógeno. Así se puede garantizar que el extensor de rango no esté ni sobredimensionado ni subdimensionado para
30 poder contribuir a prolongar la autonomía del automóvil de accionamiento eléctrico en cuestión.

El automóvil de accionamiento eléctrico según la invención comprende la disposición de circuito según la invención o una forma de realización ventajosa de la disposición de circuito según la invención.

35 En el procedimiento según la invención para operar la disposición de circuito de acuerdo con la invención o una posible forma de realización de la disposición de circuito, el dispositivo de control de la disposición de circuito lleva a cabo los siguientes pasos después de que este haya recibido una señal de activación concerniente al extensor de rango:

- determinar un punto de funcionamiento del extensor de rango en función de al menos una variable de la batería de alto voltaje;
- fijar un valor teórico respectivo concerniente a un suministro de los reactivos a los módulos básicos de celdas de combustible y/o una temperatura de funcionamiento de las celdas de combustible con base en el punto de
40 funcionamiento determinado;
- controlar un sistema diseñado para suministrar los reactivos y/o controlar la temperatura de las celdas de combustible en correspondencia con el valor teórico fijado en cada caso;
- controlar el dispositivo de conmutación para la conexión del extensor de rango solo después de que se haya alcanzado el valor teórico respectivo concerniente al suministro de los reactivos y/o la temperatura de
45 funcionamiento.

Posibles realizaciones de la disposición de circuito según la invención pueden considerarse como posibles realizaciones del procedimiento según la invención y viceversa, presentando la disposición de circuito en particular medios para la realización de los pasos del procedimiento.

50 Otras posibles ventajas, características y realizaciones de la invención se describen con referencia a las siguientes figuras. Las características y combinaciones de características mencionadas anteriormente en la descripción, así como las características y combinaciones de características que se muestran a continuación en la descripción de las figuras y/o en las figuras, pueden utilizarse no solo en la combinación especificada en cada caso, sino también en otras combinaciones o por sí mismas, sin salirse del marco de la invención.

El dibujo muestra en:

55 Fig. 1 una vista esquemática en perspectiva de un módulo básico de celdas de combustible que presenta varias

celdas de combustible conectadas en serie y al que está asignado un compresor para el suministro de aire;

- Fig. 2 una representación esquemática de varios de los módulos básicos de celdas de combustible, que reunidos en grupos, están conectados en serie, estando algunos de estos grupos a su vez conectados en paralelo entre sí;
- 5 Fig. 3 una representación esquemática de una disposición de circuito para una red de a bordo de un automóvil de accionamiento eléctrico, comprendiendo la disposición de circuito una conexión en paralelo de una variante de un extensor de rango formado por los módulos básicos de celdas de combustible y una batería de alto voltaje;
- 10 Fig. 4 una representación esquemática de un automóvil de accionamiento eléctrico que presenta la disposición de circuito;
- Fig. 5 un diagrama en el que están representados esquemáticamente una demanda de potencia instantánea del automóvil a lo largo del tiempo, así como una demanda de potencia media del automóvil;
- Fig. 6 un diagrama en el que está representado un curso del estado de carga de la batería de alto voltaje del automóvil; y
- 15 Fig. 7 un diagrama en el que están representadas esquemáticamente las curvas respectivas de tensión y salida de potencia del extensor de rango para el extensor de rango.

En las figuras, los elementos que son iguales o tienen la misma función han sido provistos de los mismos símbolos de referencia.

20 En la Fig. 1 está representado un módulo básico de celdas de combustible 10 en una vista en perspectiva muy esquematizada. El módulo básico de celdas de combustible 10 comprende una pila 12, también llamada apilamiento, de varias celdas de combustible conectadas en serie y no designadas con más detalle. Las celdas de combustible comprenden placas bipolares respectivas y las denominadas unidades de electrodo de membrana respectivas. El módulo básico de celdas de combustible 10 comprende además una primera placa final 14 y una segunda placa final 16, entre las cuales está dispuesta la pila 12.

25 Además, el módulo básico de celdas de combustible 10 comprende varias interfaces, no representadas aquí, para el suministro de hidrógeno y aire, así como para la descarga de agua y gas residual. Asimismo puede estar previsto que exclusivamente la primera placa final 14 forme un tipo de extremo frontal "enchufar y usar" que tenga todas las interfaces. Al módulo básico de celdas de combustible 10 está asignado además un compresor de aire 18 que se utiliza para transportar aire y, por tanto oxígeno, a las celdas de combustible individuales. Sin embargo, contrariamente a la presente representación, no es necesario que el compresor de aire 18 esté dispuesto directamente en el módulo básico de celdas de combustible 10. En lugar de ello también puede estar previsto que el compresor de aire 18 sea dispuesto, durante la instalación en el automóvil en cuestión, en un punto completamente diferente al del módulo básico de celdas de combustible 10. Únicamente debe garantizarse a través de una línea o tubería correspondiente que el compresor de aire 18 pueda transportar aire y, por tanto oxígeno, al módulo básico de celdas de combustible 10.

35 En la Fig. 2 están representados varios de los módulos básicos de celdas de combustible 10. Para proporcionar diferentes potencias y/o tensiones pueden ser conectados eléctricamente entre sí diferentes números de módulos básicos de celdas de combustible 10 en diferentes circuitos en serie y/o en paralelo y ser configurados con un dispositivo de suministro de medios, no representado aquí, para formar variantes respectivas de un extensor de rango. El dispositivo de suministro de medios, mencionado y no representado aquí, está diseñado para suministrar aire e hidrógeno a través de las interfaces mencionadas a los respectivos módulos básicos de celdas de combustible 10 y descargar agua y gas residual de los respectivos módulos básicos de celdas de combustible 10 a través de las interfaces.

40 En el presente caso están representados esquemáticamente varios grupos 19 de módulos básicos de celdas de combustible 10 conectados entre sí en serie. Por ejemplo, en cada grupo 19 pueden ser conectados en serie entre sí tantos módulos básicos de celdas de combustible 10 como sea necesario para poder proporcionar una tensión de por ejemplo 480 V y una potencia de 24 kW. Por supuesto, también es posible una conexión diferente. Por una conexión en paralelo de los grupos individuales 19, es posible aumentar la potencia que se puede proporcionar mientras la tensión permanece igual. Esencialmente es posible cualquier adaptación de magnitud deseada de la potencia para cada caso de aplicación por una conexión correspondiente de los módulos básicos de celdas de combustible individuales 10.

50 Los módulos básicos de celdas de combustible individuales 10 pueden tener por ejemplo una superficie reactiva de aproximadamente 100 cm² y 80 celdas de combustible individuales. También son posibles otras superficies y números. Así es posible, por ejemplo, que los respectivos módulos básicos de celdas de combustible 10 puedan proporcionar una tensión en circuito abierto de 80 V y una tensión de 48 V a plena carga, pudiendo estar diseñados los módulos básicos de celdas de combustible 10 por ejemplo para proporcionar una potencia en el rango de 2 a 8 kW. También son posibles otras tensiones y potencias, en particular dependiendo de las unidades de electrodos de membrana seleccionadas o instaladas en los módulos básicos de celdas de combustible individuales 10.

Sobre todo puede estar previsto que los módulos básicos de celdas de combustible 10 tengan todos la misma estructura en cuanto a sus componentes. Los módulos básicos de celdas de combustible 10 forman así unidades altamente estandarizadas en las que los mismos componentes están instalados en todas partes. Esto permite lograr altos efectos de escala con costes de producción y compra correspondientemente bajos. Los módulos básicos de celdas de combustible individuales 10, así como el dispositivo de suministro de medios mencionado, forman juntos un sistema extensor de rango modular 20, de modo que los módulos básicos de celdas de combustible 10 estandarizados pueden ser interconectados entre sí en una amplia variedad de configuraciones dependiendo de la condición límite o del caso de aplicación. Cada uno de los módulos básicos de celdas de combustible 10 puede tener su propio control, que puede ser ejecutado por ejemplo en un hardware común para una variante de un extensor de rango configurada de forma específica.

En la Fig. 3 está representada de manera muy esquematizada una disposición de circuito 24 para una red de a bordo no designada en detalle de un automóvil de accionamiento eléctrico. La disposición de circuito 24 comprende una variante predeterminada de un extensor de rango 22 que se basa en el sistema extensor de rango modular 20 tratado. La disposición de circuito 24 comprende además una batería de alto voltaje 26 para el suministro de energía de una máquina de accionamiento eléctrico 28 del automóvil en cuestión. También está dibujado esquemáticamente un convertidor de frecuencia 30, que está asignado a la máquina de accionamiento eléctrico 28. La batería de alto voltaje 26 y el extensor de rango 22 están conectados entre sí en forma de un circuito paralelo sin un convertidor de corriente continua, estando diseñado el extensor de rango 22 para cargar la batería de alto voltaje 26.

Un dispositivo de conmutación 32 para establecer y separar una conexión conductora de electricidad entre el extensor de rango 22 y la batería de alto voltaje 26 también pertenece a la disposición de circuito 24. El dispositivo de conmutación 32 puede ser por ejemplo un Mosfet, un transistor o también un relé mecánico. Igualmente pueden estar previstos uno o varios diodos de rueda libre 34 como elementos de seguridad. Debido al hecho de que la disposición de circuito 24 no tiene un convertidor de corriente continua, se pueden ahorrar espacio de instalación y los costes correspondientes. Por una regulación o control predictivo correspondientemente adecuado se puede asegurar que cuando el extensor de rango 22 está conectado, sin embargo este no se dañe.

La disposición de circuito 24 comprende además un dispositivo de control 36. El dispositivo de control 36 está configurado y diseñado para accionar el dispositivo de conmutación 32 para conectar el extensor de rango 22, de modo que el extensor de rango 22 se conecte a la batería de alto voltaje 26 conduciendo la electricidad. Además, el dispositivo de control 36 también puede accionar el dispositivo de conmutación 32 de tal manera que se separe la conexión conductora de electricidad entre el extensor de rango 22 y la batería de alto voltaje 26. Además, se indican esquemáticamente un dispositivo sensor 38 y un sistema 40 para proporcionar reactivos y para controlar la temperatura de las celdas de combustible del extensor de rango 22. El dispositivo sensor 38 y el sistema 40 no tienen que pertenecer a la disposición de circuito 24, pero pueden ser un componente parcial o completo de la disposición de circuito 24.

El dispositivo de control 36 está configurado para realizar los siguientes pasos después de que este haya recibido una señal de activación concerniente al extensor de rango 22:

- determinar un punto de funcionamiento del extensor de rango 22 en función de al menos una variable de la batería de alto voltaje 26;
- fijar un valor teórico concerniente al suministro de los reactivos, es decir el hidrógeno y el aire, a los módulos básicos de celdas de combustible 10 (no representados aquí) del extensor de rango 22 y/o una temperatura de funcionamiento de las celdas de combustible del extensor de rango 22 basándose en el punto de funcionamiento determinado del extensor de rango 22;
- controlar el sistema 40 diseñado para proporcionar los reactivos y/o controlar la temperatura de las celdas de combustible en correspondencia con el valor teórico fijado en cada caso;
- controlar el dispositivo de conmutación 32 para conectar el extensor de rango 22 solo después de que se haya alcanzado el valor teórico respectivo concerniente al suministro de los reactivos y/o la temperatura de funcionamiento.

Con respecto a los reactivos se pueden predeterminar por ejemplo los flujos volumétricos respectivos del hidrógeno y del aire a los módulos básicos de celdas de combustible 10 del extensor de rango 22. El dispositivo de control 36 puede monitorizar estos flujos volumétricos y solo entonces conmutar el dispositivo de conmutación 32 de forma correspondiente para conectar el extensor de rango 22 cuando los flujos volumétricos correspondan a los valores teóricos predeterminados. El sistema 40 puede tener por ejemplo varios sensores, no representados aquí, que están diseñados para monitorizar dichos flujos volumétricos de hidrógeno y aire y transmitir datos al respecto al dispositivo de control 36. Basándose en estos datos, el dispositivo de control 36 puede determinar una diferencia respectiva entre una temperatura real de las celdas de combustible y el valor teórico fijado concerniente a la temperatura de funcionamiento de las celdas de combustible, así como dependiendo de la diferencia determinada ajustar una temperatura y/o un flujo volumétrico de un fluido de un dispositivo de control de la temperatura del extensor de rango 22 que no está representado aquí. Si el dispositivo de control 36 detecta por ejemplo, que la diferencia entre la

temperatura real respectiva de las celdas de combustible y el valor teórico fijado concerniente a la temperatura de funcionamiento de las celdas de combustible es particularmente alta, entonces el dispositivo de control 36 puede por ejemplo ajustar un flujo volumétrico particularmente alto con respecto al fluido del dispositivo de control de la temperatura y/o calentar el fluido a una temperatura particularmente alta. Esto permite establecer el valor teórico concerniente a la temperatura de funcionamiento de las celdas de combustible de forma especialmente rápida.

El dispositivo de control 36 puede por ejemplo determinar el punto de funcionamiento del extensor de rango 22 en función de una tensión de la batería de alto voltaje 26. Además, el dispositivo de control 36 también puede determinar el punto de funcionamiento del extensor de rango 22 por ejemplo en función del estado de carga de la batería de alto voltaje 26. Conocer la tensión de la batería de alto voltaje 26 antes de que se conecte el extensor de rango 22 es muy importante, ya que la disposición del circuito 24 no tiene un convertidor de corriente continua que pudiera compensar eventuales diferencias de tensión entre el extensor de rango 22 y la batería de alto voltaje 26. El dispositivo sensor 38 puede por ejemplo medir la tensión de la batería de alto voltaje 26 y, con base en esto, determinar un estado de carga actual de la batería de alto voltaje 26 y transmitir datos al respecto al dispositivo de control 36.

Para determinar el punto de funcionamiento del extensor de rango 22 antes de la conexión del extensor de rango 22, el dispositivo de control 36 puede además determinar un estado de funcionamiento de la batería de alto voltaje 26. Con respecto al estado de funcionamiento de la batería de alto voltaje 26, el dispositivo de control 36 puede determinar por ejemplo si la batería de alto voltaje 26 se está descargando o cargando en ese momento y en qué medida. El dispositivo sensor 38 puede por ejemplo poner a disposición del dispositivo de control 36 datos o informaciones correspondientes. Si la batería de alto voltaje 26 se está cargando en ese momento, por ejemplo debido a una recuperación, la tensión aplicada a la batería de alto voltaje 26 difiere del caso en el que la batería de alto voltaje 26 está siendo descargada para proporcionar potencia. Por tanto, antes de la conexión del extensor de rango 22, también puede ser importante conocer el estado de funcionamiento respectivo de la batería de alto voltaje 26, en particular con respecto a una descarga o carga momentánea. Basándose en esto, antes de la conexión del extensor de rango 22, el dispositivo de control 36 puede determinar el punto de funcionamiento del extensor de rango 22 de acuerdo con el estado de funcionamiento de la batería de alto voltaje 26 y/o fijar los valores teóricos citados.

Además, el dispositivo de control 36 puede recibir también datos que caractericen un perfil de ruta de un automóvil en el que está instalada la disposición de circuito 24 y/o un perfil de flota de varios automóviles. Basándose en estos datos, el dispositivo de control 36 puede evaluar cómo se ha utilizado la batería de alto voltaje 26 hasta ahora y/o cómo se utilizará en el futuro, en particular cuándo es probable que se cargue o descargue. Conociendo estos datos, el dispositivo de control 36 también puede determinar el punto de funcionamiento adecuado del extensor de rango 22 y/o fijar los valores teóricos citados. Los datos relativos al perfil de ruta del automóvil pueden ser proporcionados por ejemplo al dispositivo de control 36 por un dispositivo de navegación del automóvil no representado aquí. Conociendo este perfil de ruta pueden ser invocados por ejemplo otros perfiles de flota de vehículos que han recorrido la misma ruta. Basándose en los datos de los perfiles de la flota, el dispositivo de control 36 puede estimar incluso con mayor precisión cuándo y cómo se espera que se cargue y descargue la batería de alto voltaje 26.

Además, el dispositivo de control 36 también puede recibir datos que caractericen un comportamiento de conducción de un conductor del automóvil en cuestión en el que está instalada la disposición de circuito 24. Basándose en estos datos que caracterizan el comportamiento de conducción del conductor, el dispositivo de control 36 también puede determinar el punto de funcionamiento del extensor de rango 22 y/o fijar los valores teóricos citados. Conociendo el comportamiento de conducción del conductor es posible en particular estimar su comportamiento de conducción en el futuro, del que puede depender en gran medida el grado de descarga y/o recuperación de la batería de alto voltaje 26.

El dispositivo de control 36 también puede ajustar los valores teóricos citados con respecto a los reactivos a proporcionar y/o la temperatura de funcionamiento de las celdas de combustible en una medida predeterminada superior a la requerida para el punto de funcionamiento determinado del extensor de rango 22. Con respecto a los reactivos, el dispositivo de control 36 puede seleccionar una especificación superestequiométrica para el momento de la conexión del extensor de rango 22, de modo que después de la conexión del extensor de rango 22 se proporcionan a este más reactivos de los necesarios para el punto de funcionamiento determinado. Asimismo, la temperatura de funcionamiento de las celdas de combustible se puede seleccionar algo más alta, de modo que las reacciones resultantes de ello dentro de las celdas de combustible puedan tener lugar más rápido de lo que sería necesario para el punto de funcionamiento determinado. Esto crea una especie de reserva para que el extensor de rango 22 pueda proporcionar más potencia ad hoc para cargar la batería de alto voltaje 26 en caso de que sea necesario.

Después de que el extensor de rango 22 se haya conectado mediante el control correspondiente del dispositivo de conmutación 32, el dispositivo de control 36 puede comparar el punto de funcionamiento previamente determinado con un punto de funcionamiento del extensor de rango 22 que se ajusta realmente y, en función de la comparación, ajustar el suministro de los reactivos de manera adaptada al punto de funcionamiento real. Por ejemplo, el dispositivo de control 36 puede determinar el punto de funcionamiento del extensor de rango 22 ajustado realmente con base en una intensidad de corriente que caracteriza una corriente que fluye desde el extensor de rango 22 a la batería de alto voltaje 26. Después de que se haya conectado el extensor de rango 22, el dispositivo de control 36 puede, en particular, regular o ajustar el suministro de los reactivos muy rápidamente, de tal manera que se pueda mantener el punto de funcionamiento del extensor de rango 22 realmente ajustado, y además sin que sean suministrados demasiados reactivos.

El dispositivo de control 36 también puede determinar un estado de los módulos básicos de celdas de combustible 10 y predeterminar diferentes valores teóricos para los respectivos grupos 19 (véase la Fig. 2) de módulos básicos de celdas de combustible 10 conectados en paralelo dependiendo del estado de sus módulos básicos de celdas de combustible 10. Esto de nuevo ocurre antes de la conexión del extensor de rango 22. Con respecto a dicho estado de los módulos básicos de celdas de combustible 10, el dispositivo de control 36 puede por ejemplo tener en cuenta una temperatura respectiva y/o un estado de envejecimiento respectivo de los módulos básicos de celdas de combustible 10 del extensor de rango 22. En particular, la temperatura respectiva de las celdas de combustible tiene una influencia muy fuerte en las reacciones dentro de las celdas de combustible y por tanto en su formación de tensión.

En la Fig. 4 está representado esquemáticamente un automóvil 42 de accionamiento eléctrico. También está dibujada esquemáticamente una parte de la disposición de circuito 24. Varios de los compresores de aire 18 antes mencionados están igualmente dibujados esquemáticamente. Los compresores de aire 18 están asignados a los módulos básicos de celdas de combustible individuales 10 no representados de la variante del extensor de rango 22 en cuestión o configurada. Los compresores de aire 18 pueden transportar aire aspirado a través de canales o conductos correspondientes a los módulos básicos de celdas de combustible individuales 10. Como ya se mencionó, los compresores de aire 18 no tienen que estar dispuestos directamente en los módulos básicos de celdas de combustible 10. En lugar de ello, los compresores de aire 18 pueden ser dispuestos en otros lugares adecuados en el automóvil 42, en particular allí donde las condiciones del espacio lo permitan particularmente bien y al mismo tiempo el aire ambiente pueda ser aspirado particularmente bien por medio del compresor de aire 18.

Los módulos básicos de celdas de combustible individuales 10 pueden ser dispuestos a su vez en un punto diferente en el automóvil 42 con respecto a un centro de gravedad favorable del vehículo y un embalaje favorable. Los compresores de aire individuales 18 pueden ser reunidos por ejemplo en forma de un módulo compresor. El número de compresores de aire 18 a utilizar puede variar en función de la configuración del extensor de rango 22 y, sobre todo, en función del número de módulos básicos de celdas de combustible 10 instalados en el mismo. El número de compresores de aire 18 corresponde exactamente en este caso al número de módulos básicos de celdas de combustible 10.

En la Fig. 5 se muestra un diagrama en el que están representadas esquemáticamente una demanda de potencia instantánea P del automóvil 42 a lo largo del tiempo t y una demanda de potencia media P_M del automóvil 42. La demanda de potencia instantánea P del automóvil 42 puede comprender por ejemplo una demanda de potencia de la máquina de accionamiento eléctrico 28, así como la demanda de potencia de uno o varios consumidores secundarios del automóvil 42. Los consumidores secundarios pueden ser por ejemplo un dispositivo de climatización del automóvil, por ejemplo un sistema de aire acondicionado, un sistema de información y entretenimiento o cualquier otro consumidor que no se use directamente para accionar el automóvil 42. En la demanda de potencia media P_M no sólo se incluyen la demanda de potencia pura de la máquina de accionamiento eléctrico 28, sino también por ejemplo todas las demandas de potencia de todos los consumidores secundarios del automóvil 42. El conocimiento de la demanda de potencia media P_M se puede utilizar para el diseño del extensor de rango 22. El extensor de rango 22 puede estar diseñado de acuerdo con la siguiente fórmula.

$$A_{BZ} = \frac{P_M}{Z_{BZ}} * J_{BZ,MEA},$$

en donde

- A_{BZ} designa una superficie reactiva de todas las celdas de combustible del extensor de rango 22,
- P_M denota una demanda de potencia media predeterminada del automóvil 42,
- J_{BZ,MEA} denota una densidad de corriente máxima permisible de las respectivas unidades de electrodo de membrana del extensor de rango 22.

La superficie reactiva A_{BZ} de todas las celdas de combustible del extensor de rango 22 puede por tanto ser diseñada teniendo en cuenta la demanda de potencia media P_M y la densidad de corriente máxima admisible predeterminada J_{BZ,MEA} de las respectivas unidades de electrodo de membrana del extensor de rango 22.

El extensor de rango 22 puede estar diseñado además adicional o alternativamente de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$Z_{BZ,R} = \frac{Z_{Bat,R} * U_{Z,Bat,min}}{U_{Z,BZ,VL}},$$

en donde

- Z_{BZ,R} designa el número de todas las celdas de combustible conectadas en serie del extensor de rango 22,
- Z_{Bat,R} designa el número de todas las celdas de batería conectadas en serie de la batería de alto voltaje 26,
- U_{Z,Bat,min} designa una tensión de celda mínima admisible de la batería de alto voltaje 26 en funcionamiento,

- $U_{Z,BZ,VL}$ designa una tensión de funcionamiento de celda de combustible al nivel de la celda a plena carga.

El número $Z_{BZ,R}$ de todas las celdas de combustible conectadas en serie del extensor de rango 22 es fijado según la fórmula en función del número $Z_{Bat,R}$ de todas las celdas de batería conectadas en serie de la batería de alto voltaje 26, la tensión de celda mínima admisible $U_{Z,Bat,min}$ de la batería de alto voltaje 26 en funcionamiento, así como la

5 tensión de funcionamiento de la celdas de combustible $U_{Z,BZ,VL}$ a nivel de la celda. Así, el extensor de rango 22 puede ser diseñado para que se adapte particularmente bien a la batería de alto voltaje 26. Entre otras cosas, así se puede asegurar que cuando el extensor de rango 22 está conectado, este puede proporcionar de manera fiable al menos aproximadamente el mismo nivel de tensión que la batería de alto voltaje 26 y también puede cargar esta en una medida suficiente.

10 Por el diseño del extensor de rango 22 de acuerdo con las dos fórmulas mencionadas anteriormente, también se puede garantizar que el extensor de rango 22 no esté ni sobredimensionado ni subdimensionado.

En la Fig. 6 se muestra un diagrama en el que está representado un curso del estado de carga SoC de la batería de alto voltaje 26 a lo largo del tiempo t . En el caso aquí indicado esquemáticamente, se puede suponer por ejemplo que la batería de alto voltaje 26 se descarga de forma más o menos continua. Naturalmente, el estado de carga SoC

15 también puede volver a aumentar durante el funcionamiento, por ejemplo cuando la batería de alto voltaje 26 es cargada por recuperación y/o por conexión del extensor de rango 22. Además está caracterizada esquemáticamente una posible zona B que puede ser adecuada para la conexión del extensor de rango 22.

En la Fig. 7 se muestra un diagrama en el que, con el extensor de rango 22 conectado, están dibujadas las curvas respectivas de una tensión U_{REX} del extensor de rango 22 y una salida de potencia P_{REX} del extensor de rango 22 a la

20 batería de alto voltaje 26 por medio de una corriente I_{REX} que fluye desde el extensor de rango 22 a la batería de alto voltaje 26. Aquí de nuevo la zona B para la conexión del extensor de rango 22 está caracterizada esquemáticamente. Debido a la conexión en paralelo del extensor de rango 22 a la batería de alto voltaje 26 sin un convertidor de corriente continua, cuando el extensor de rango 22 está conectado, la tensión U_{REX} del extensor de rango 22 y la tensión U de la batería de alto voltaje 26 se adaptan de forma esencialmente automática entre sí.

Este diagrama permite reconocer cómo la salida de potencia P_{REX} del extensor de rango 22 a la batería de alto voltaje 26 puede variar, dependiendo de cuándo se conecte el extensor de rango 22. En otras palabras, el diagrama que se muestra aquí representa diferentes puntos de funcionamiento posibles del extensor de rango 22. Este punto de funcionamiento del extensor de rango 22 depende a su vez en gran medida -como ya se mencionó anteriormente- de una amplia variedad de variables de la batería de alto voltaje 26. Por tanto, es importante que antes de la conexión

30 del extensor de rango 22, el dispositivo de control 36 de la manera ya explicada determine o estime con precisión el punto de funcionamiento del extensor de rango 22 en función de tantas variables de la batería de alto voltaje 26 como sea posible. Dependiendo del punto de funcionamiento determinado, son fijados los valores teóricos citados concernientes al suministro de los reactivos a los módulos básicos de celdas de combustible 10 del extensor de rango 22 y/o una temperatura de funcionamiento de las celdas de combustible del extensor de rango 22. Por un control correspondiente del sistema 40 por el dispositivo de control 36 se puede garantizar que en el momento de la conexión del extensor de rango 22, a este también se le proporcionen suficientes reactivos y/o tenga la temperatura de funcionamiento requerida correspondiente, de modo que el extensor de rango 22 pueda funcionar inmediatamente en el punto de funcionamiento previamente determinado. Esto se debe a que el dispositivo de conmutación 32 solo es controlado correspondientemente mediante el dispositivo de control 36 para conectar el extensor de rango 22 cuando

40 se ha alcanzado el valor teórico respectivo concerniente al suministro de los reactivos y/o la temperatura de funcionamiento de las celdas de combustible.

Dado que no existe un convertidor de corriente continua entre el extensor de rango 22 y la batería de alto voltaje 26, es importante en el momento de la conexión del extensor de rango 22 que este disponga de suficientes reactivos para que pueda funcionar en el punto de funcionamiento previamente determinado con la mayor precisión posible. Así, por

45 ejemplo después de la conexión del extensor de rango 22 se puede evitar que se produzcan puntos críticos dentro del extensor de rango 22 y/o que el extensor de rango 22 no pueda proporcionar suficiente potencia para cargar la batería de alto voltaje 26.

Debido a que el dispositivo de control 36 estima o determina de la manera descrita el punto de funcionamiento del extensor de rango 22 de forma especialmente precisa antes de su conexión, este puede ser operado con especial

50 cuidado después de la conexión. Sin el procedimiento explicado del dispositivo de control 36 sería muy probable que el extensor de rango 22 - debido a la falta de un convertidor de corriente continua y la conexión en paralelo a la batería de alto voltaje 26- se dañara después de solo unos pocos procesos de conexión. Esto puede evitarse mediante el procedimiento descrito. Así es posible utilizar el extensor de rango 22 para prolongar la autonomía del automóvil 42, incluso sin un convertidor de corriente continua.

55 Lista de referencias

- 10 módulo básico de celdas de combustible
- 12 pila de celdas de combustible conectadas en serie

	14	primera placa final
	16	segunda placa final
	18	compresor de aire
	19	grupos de módulos básicos de celdas de combustible conectados en serie
5	20	sistema extensor de rango modular
	22	variante de un extensor de rango
	24	disposición de circuito
	26	batería de alto voltaje
	28	máquina de accionamiento eléctrico
10	30	convertidor de frecuencia
	32	dispositivo de conmutación
	34	diodo de rueda libre
	36	dispositivo de control
	38	dispositivo sensor
15	40	sistema de para proporcionar reactivos y para controlar la temperatura de las celdas de combustible
	42	automóvil
	A_{BZ}	superficie reactiva de todas las celdas de combustible del extensor de rango
	B	zona para la conexión del extensor de rango
	I_{REX}	corriente que fluye desde el extensor de rango a la batería de alto voltaje
20	$J_{BZ,MEA}$	densidad de corriente máxima permitida de las respectivas unidades de electrodos de membrana del extensor de rango
	P	demanda de potencia actual del automóvil
	P_M	demanda de potencia media predeterminada del automóvil
	P_{REX}	salida de potencia del extensor de rango a la batería de alto voltaje
25	SoC	estado de carga de la batería de alto voltaje
	t	tiempo
	U	tensión de la batería de alto voltaje
	U_{REX}	tensión del extensor de rango
	$U_{Z,Bat,min}$	tensión de celda mínima admisible de la batería de alto voltaje en funcionamiento
30	$U_{Z,BZ,VL}$	tensión de funcionamiento de celda de combustible al nivel de la celda a plena carga
	$Z_{Bat,R}$	número de todas las celdas de batería conectadas en serie de la batería de alto voltaje
	$Z_{BZ,R}$	número de todas las celdas de combustible conectadas en serie del extensor de rango

REIVINDICACIONES

1. Disposición de circuito (24) para una red de a bordo de un automóvil (42) de accionamiento eléctrico, que comprende

- una batería de alto voltaje (26) para el suministro de energía de una máquina de accionamiento eléctrico (28) del automóvil (42);

5 - un extensor de rango (22) diseñado para cargar la batería de alto voltaje (26) y que presenta varios módulos básicos de celdas de combustible (10) iguales, cada uno con varias celdas de combustible conectadas en serie e interfaces para el suministro de reactivos en forma de hidrógeno y aire;

10 - un dispositivo de conmutación (32) para la conexión del extensor de rango (22) que está diseñado para conectar entre sí la batería de alto voltaje (26) y el extensor de rango (22) de manera conductora de la electricidad sin un convertidor de corriente continua en forma de un circuito paralelo;

- un dispositivo de control (36) que está configurado para realizar los siguientes pasos después de que este haya recibido una señal de activación concerniente al extensor de rango (22):

- determinar un punto de funcionamiento del extensor de rango (22) en función de al menos una variable de la batería de alto voltaje (26);

15 • fijar un valor teórico concerniente al suministro de los reactivos a los módulos básicos de celdas de combustible (10) y/o una temperatura de funcionamiento de las celdas de combustible con base en el punto de funcionamiento determinado;

20 • controlar un sistema (40) diseñado para proporcionar los reactivos de acuerdo con el valor teórico fijado, en caso de que el valor teórico se refiera al suministro de los reactivos, y controlar un sistema (40) diseñado para controlar la temperatura de las celdas de combustible en correspondencia con el valor teórico fijado, en caso de que el valor teórico se refiera a la temperatura de funcionamiento;

- controlar el dispositivo de conmutación (32) para conectar el extensor de rango (22) solo después de que se haya alcanzado el valor teórico concerniente al suministro de los reactivos, en caso de que el valor teórico solo se refiera al suministro de los reactivos;

25 • controlar el dispositivo de conmutación (32) para conectar el extensor de rango (22) solo después de que se haya alcanzado el valor teórico concerniente a la temperatura de funcionamiento, en caso de que el valor teórico solo se refiera a la temperatura de funcionamiento;

30 • controlar el dispositivo de conmutación (32) para conectar el extensor de rango (22) solo después de que se haya alcanzado el valor teórico concerniente al suministro de los reactivos y/o la temperatura de funcionamiento, en caso de que el valor teórico se refiera al suministro de los reactivos y a la temperatura de funcionamiento.

2. Disposición de circuito (24) según la reivindicación 1,

caracterizada por que

35 el dispositivo de control (36) está configurado para monitorizar los flujos volumétricos respectivos del hidrógeno y del aire a los módulos básicos de celdas de combustible (10) y para controlar el dispositivo de conmutación (32) para conectar el extensor de rango (22) solamente cuando los flujos volumétricos correspondan a los valores teóricos predeterminados.

3. Disposición de circuito (24) según la reivindicación 1 o 2,

caracterizada por que

40 el dispositivo de control (36) está configurado para determinar una diferencia respectiva entre una temperatura real de las celdas de combustible y el valor teórico fijado concerniente a la temperatura de funcionamiento de las celdas de combustible, así como para ajustar una temperatura y/o un flujo volumétrico de un fluido de un dispositivo de control de la temperatura del extensor de rango (22) en función de la diferencia determinada.

4. Disposición de circuito (24) según una de las reivindicaciones anteriores,

45 caracterizada por que

el dispositivo de control (36) está configurado para determinar el punto de funcionamiento del extensor de rango (22) dependiendo de la tensión de la batería de alto voltaje (26).

5. Disposición de circuito (24) según una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizada por que

el dispositivo de control (36) está configurado para determinar el punto de funcionamiento del extensor de rango (22) dependiendo del estado de carga de la batería de alto voltaje (26).

6. Disposición de circuito (24) según una de las reivindicaciones anteriores,

5 caracterizada por que

el dispositivo de control (36) está configurado para determinar el punto de funcionamiento del extensor de rango (22) y/o para fijar los valores teóricos dependiendo de un estado de funcionamiento de la batería de alto voltaje (26).

7. Disposición de circuito (24) según la reivindicación 6,

caracterizada por que

10 el dispositivo de control (36) está configurado para determinar, con respecto al estado de funcionamiento de la batería de alto voltaje (26), si la batería de alto voltaje (26) se está descargando o cargando y en qué medida.

8. Disposición de circuito (24) según una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizada por que

15 el dispositivo de control (36) está configurado para determinar el punto de funcionamiento del extensor de rango (22) y/o para fijar los valores teóricos en función de datos que caracterizan un perfil de ruta del automóvil (42) y/o un perfil de flota de varios automóviles (42).

9. Disposición de circuito (24) según una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizada por que

20 el dispositivo de control (36) está configurado para determinar el punto de funcionamiento del extensor de rango (22) y/o para fijar los valores teóricos dependiendo de datos que caracterizan un comportamiento de conducción de un conductor del automóvil (42).

10. Disposición de circuito (24) según una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizada por que

25 el dispositivo de control (36) está configurado para ajustar los valores teóricos concernientes a los reactivos en una medida predeterminada más alta que la requerida para el punto de funcionamiento del extensor de rango (22) determinado.

11. Disposición de circuito (24) según una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizada por que

30 el dispositivo de control (36) está configurado para, después de la conexión del extensor de rango (22), comparar el punto de funcionamiento previamente determinado con un punto de funcionamiento que se ajusta realmente del extensor de rango (22) y, dependiendo de ello, ajustar el suministro de hidrógeno y aire de forma adaptada al punto de funcionamiento real.

12. Disposición de circuito (24) según la reivindicación 11,

caracterizada por que

35 el dispositivo de control (36) está configurado para determinar el punto de funcionamiento que se ajusta realmente del extensor de rango (22) basándose en una intensidad de corriente que caracteriza una corriente que fluye desde el extensor de rango (22) a la batería de alto voltaje (26).

13. Disposición de circuito (24) según una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizada por que

40 el dispositivo de control (36) está configurado para determinar un estado de los módulos básicos de celdas de combustible (10) y para predeterminar diferentes valores teóricos para grupos respectivos de módulos básicos de celdas de combustible (10) conectados en paralelo, dependiendo del estado de sus módulos básicos de celdas de combustible (10).

14. Disposición de circuito (24) según la reivindicación 13,

caracterizada por que

el estado comprende una temperatura respectiva y/o un estado de envejecimiento respectivo de los módulos básicos de celdas de combustible (10).

15. Disposición de circuito (24) según una de las reivindicaciones anteriores,

5 caracterizada por que

el extensor de rango (22) está diseñado de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$Z_{BZ,R} = \frac{Z_{Bat,R} * U_{Z,Bat,min}}{U_{Z,BZ,VL}}$$

en donde

- $Z_{BZ,R}$ designa el número de todas las celdas de combustible conectadas en serie del extensor de rango (22),
- 10 - $Z_{Bat,R}$ designa el número de todas las celdas de batería conectadas en serie de la batería de alto voltaje (26),
- $U_{Z,Bat,min}$ designa una tensión de celda mínima admisible de la batería de alto voltaje (26) en funcionamiento,
- $U_{Z,BZ,VL}$ designa una tensión de funcionamiento de celda de combustible al nivel de la celda a plena carga.

16. Disposición de circuito (24) según una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizada por que

15 el extensor de rango (22) está diseñado de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$A_{BZ} = \frac{P_M}{Z_{BZ,R}} * J_{BZ,MEA}$$

en donde

- A_{BZ} designa una superficie reactiva de todas las celdas de combustible del extensor de rango (22),
- P_M designa una demanda de potencia media predeterminada del automóvil (42),
- 20 - $J_{BZ,MEA}$ designa una densidad de corriente máxima permisible de las respectivas unidades de electrodos de membrana del extensor de rango (22).

17. Disposición de circuito (24) según la reivindicación 16,

caracterizada por que

25 la demanda de potencia media predeterminada (P_M) del automóvil (42) comprende una demanda de potencia media de la máquina de accionamiento (28) del automóvil (42) para un perfil de conducción del automóvil (42) predeterminado y la demanda de potencia de al menos un consumidor secundario del automóvil (42), en particular de un dispositivo de climatización del automóvil (42).

18. Automóvil (42) de accionamiento eléctrico con una disposición de circuito (24) según una de las reivindicaciones anteriores.

30 19. Procedimiento para operar una disposición de circuito (24) según una de las reivindicaciones 1 a 17, en el que el dispositivo de control (36) de la disposición de circuito (24) realiza los siguientes pasos después de que ha recibido una señal de activación concerniente al extensor de rango (22):

- determinar un punto de funcionamiento del extensor de rango (22) en función de al menos una variable de la batería de alto voltaje (26);
- 35 - fijar un valor teórico concerniente al suministro de los reactivos a los módulos básicos de celdas de combustible (10) y/o una temperatura de funcionamiento de las celdas de combustible con base en el punto de funcionamiento determinado;
- controlar un sistema (40) diseñado para proporcionar los reactivos en correspondencia con el valor teórico fijado, en caso de que el valor teórico se refiera al suministro de los reactivos, y controlar un sistema (40)
- 40 - diseñado para controlar la temperatura de las celdas de combustible en correspondencia con el valor teórico fijado, en caso de que el valor teórico se refiera a la temperatura de funcionamiento;
- controlar el dispositivo de conmutación (32) para conectar el extensor de rango (22) solo después de que se

haya alcanzado el valor teórico concerniente al suministro de los reactivos, en caso de que el valor teórico solo se refiera al suministro de los reactivos;

5

- controlar el dispositivo de conmutación (32) para conectar el extensor de rango (22) solo después de que se haya alcanzado el valor teórico concerniente a la temperatura de funcionamiento, en caso de que el valor teórico solo se refiera a la temperatura de funcionamiento;
- controlar el dispositivo de conmutación (32) para conectar el extensor de rango (22) solo después de que se haya alcanzado el valor teórico concerniente al suministro de los reactivos y/o la temperatura de funcionamiento, en caso de que el valor teórico se refiera al suministro de los reactivos y a la temperatura de funcionamiento.

10

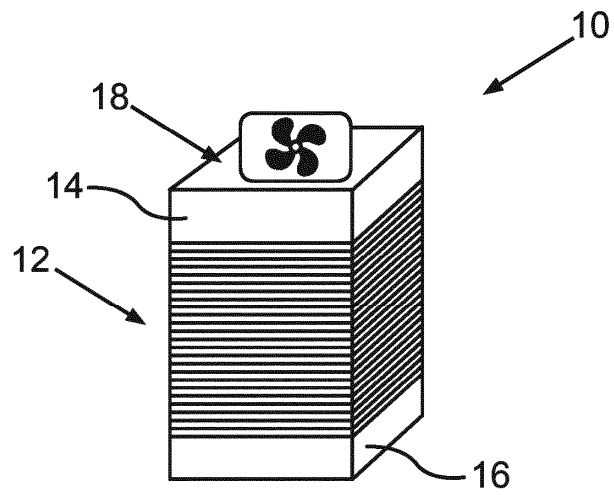


Fig. 1

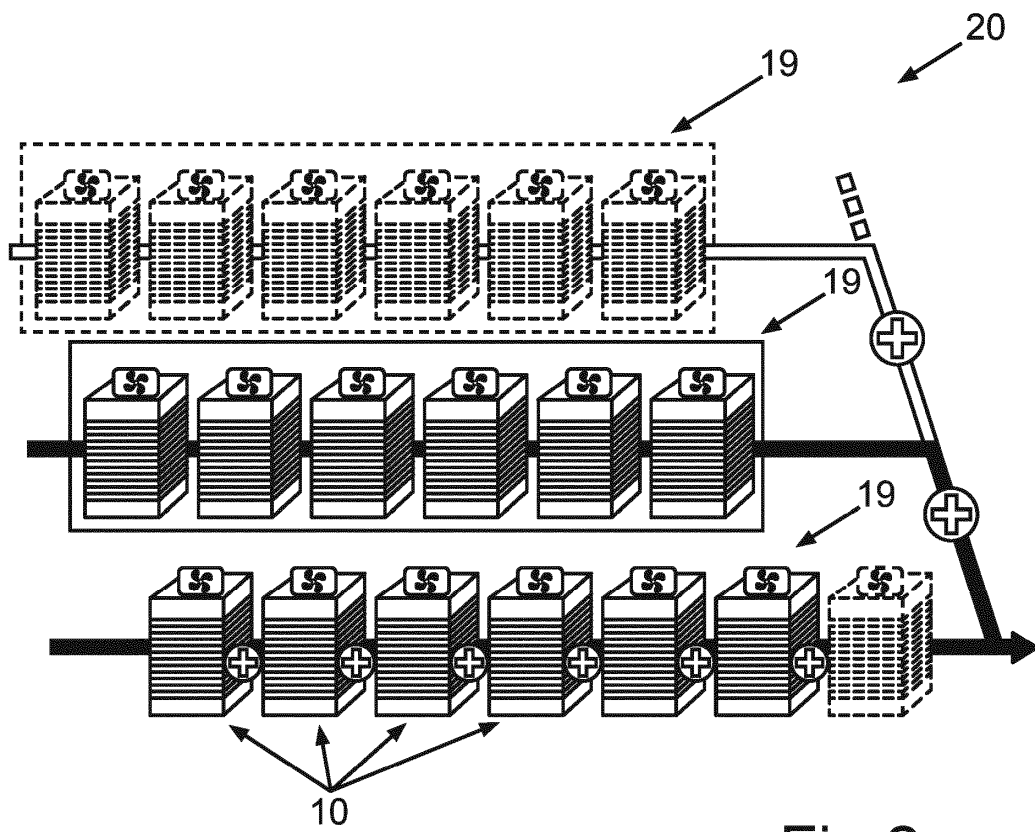


Fig. 2

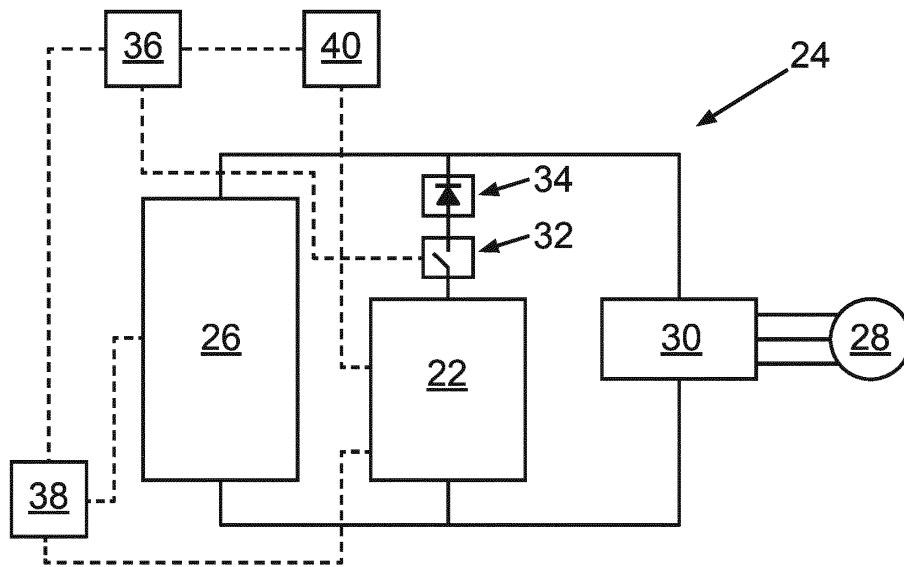


Fig.3

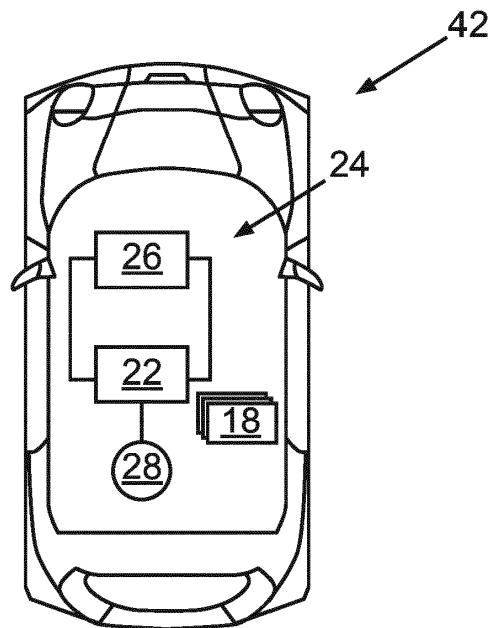


Fig.4

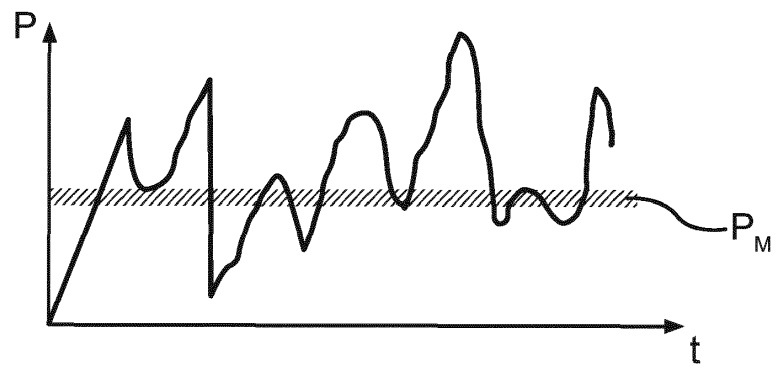


Fig.5

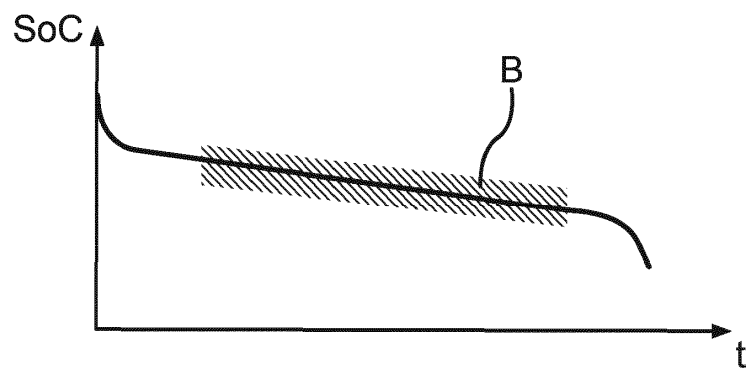


Fig.6

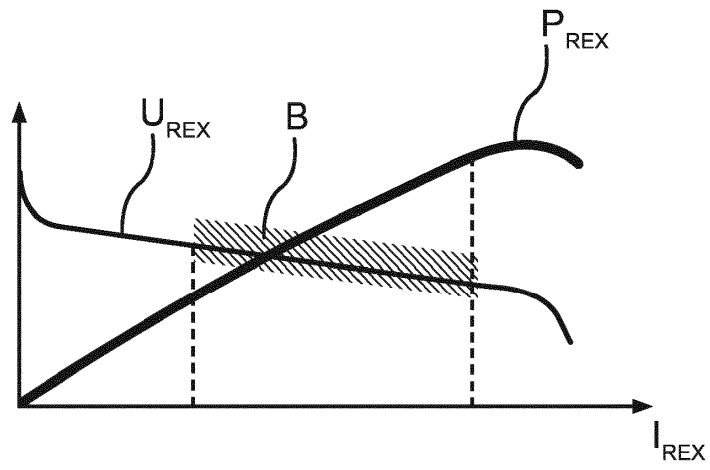


Fig.7