



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 335 798**

51 Int. Cl.:
H02J 7/34 (2006.01)
F02N 11/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06113326 .0**
96 Fecha de presentación : **28.04.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **1720231**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **08.11.2006**

54 Título: **Sistema de almacenamiento de energía para alimentar dispositivos eléctricos de usuario de un vehículo.**

30 Prioridad: **02.05.2005 IT RM050055 U**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
05.04.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
05.04.2010

73 Titular/es: **MAGNETI MARELLI S.p.A.**
Viale Aldo Borletti 61/63
Corbetta, MI, IT
AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE
TECNOLOGIE, L'ENERGIA E LO SVILUPPO
ECONOMICO SOSTENIBILE (ENEA)

72 Inventor/es: **Puccetti, Angelo y**
Pennese, Michele

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 335 798 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema de almacenamiento de energía para alimentar dispositivos eléctricos de usuario de un vehículo.

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere un sistema de almacenamiento de energía para alimentar dispositivos eléctricos de usuario de un vehículo.

10 La presente invención puede utilizarse para mejoras en la industria automovilística, a la que se refiere la siguiente descripción únicamente a modo de ejemplo.

Arte previo

15 Actualmente se admite en general la necesidad de soluciones tecnológicas más eficaces a los problemas planteados en el transporte de pasajeros tanto privado como público. En concreto, cada vez se dedica más atención a conseguir una reducción sustancial en el consumo y una reducción real en las emisiones contaminantes y acústicas, especialmente en áreas urbanas. Ambos problemas son de interés universal, y no hay ninguna compañía de automóviles que no esté actualmente involucrada en investigar y desarrollar vehículos capaces de proporcionar por lo menos soluciones parciales y de reducir las consecuencias que estos problemas tienen en las condiciones de la vida humana.

20 Esto explica el uso cada vez más amplio de vehículos innovadores equipados con sistemas de propulsión altamente eficientes, poco contaminantes. A este respecto, es especialmente interesante el desarrollo de los denominados vehículos “híbridos” conocidos como HEVs (Hybrid Electric Vehicles, vehículos eléctricos híbridos). Estos son vehículos de diversos diseños que integran un sistema generador eléctrico, un sistema de almacenamiento reversible y un sistema de tracción que comprende un motor eléctrico y un motor de combustión, y a su vez están clasificados, en función del grado de hibridación, como: “HEV suave”, “HEV medio” y “HEV completo”.

25 Actualmente, los vehículos utilizados forma más general son los de la clase de híbrido mínimo o “HEV suave” o “vehículo eléctrico híbrido suave”. En este caso, se añade a un vehículo de diseño convencional la posibilidad de utilizar una tracción eléctrica sobre distancias muy cortas o en situaciones particulares de corta duración. Es importante observar que incluso un grado mínimo de hibridación tiene ventajas en términos de reducción de consumo y emisiones contaminantes, especialmente conduciendo en áreas urbanas.

30 Un vehículo convencional está equipado con una batería de plomo de 12 voltios capaz de suministrar una potencia media de 400-800 vatios y una potencia máxima de 1500-3500 vatios (necesaria solo al arrancar el motor). Por otra parte, un vehículo “HEV suave” está equipado con una batería (un grupo de baterías) que puede proporcionar una potencia media de 2500-3500 vatios y una potencia máxima de 8000-11000 vatios (necesaria solo al arrancar el motor).

35 En el modo de “arranque y parada”, el motor de combustión interna se apaga cuando el vehículo está detenido o parándose (típicamente a causa del tráfico, como es un semáforo rojo o un cruce con un ceda el paso), y se arranca de nuevo cuando el conductor presiona el acelerador. Durante el arranque, el motor eléctrico del motor de arranque consume una cantidad considerable de energía eléctrica, de ese modo sobrecargando enormemente y reduciendo la carga eléctrica de la batería del vehículo. Por lo tanto, en el modo “arranque y parada” se hace un uso intensivo de la batería del vehículo, debido a la alta frecuencia con la que se arranca el motor de combustión interna, en concreto conduciendo en tráfico urbano.

40 El modo de regeneración también incrementa el esfuerzo de la batería del vehículo, debido a que la batería tiene que absorber una gran cantidad de energía eléctrica durante un periodo de tiempo corto. En el modo de regeneración, se utiliza la desaceleración del vehículo para generar energía eléctrica, que se almacena en la batería del vehículo, recuperando de este modo por lo menos parte de la energía cinética que si no se disiparía en forma de calor mediante el sistema de frenado convencional.

45 En una batería de vehículo, controlar el flujo de potencia y de energía durante los transitorios de descarga fuertes cuando se arranca el motor de combustión interna es una cuestión delicada, en concreto cuando al mismo tiempo se reclama de la batería que alimente otros dispositivos eléctricos. De hecho, la reducción en la capacidad de la batería provocada por dispositivos eléctricos que funcionan simultáneamente puede afectar seriamente al arranque del motor de combustión interna, debido a la elevada potencia transitoria requerida en esta etapa.

50 Para abordar estos problemas se han propuesto diversas soluciones, todas basadas principalmente en sistemas de almacenamiento de energía que comprenden una combinación de baterías y de bancos de ultracondensadores. En los sistemas conocidos de almacenamiento de energía de esta clase, el flujo de energía se controla mediante lógica de control predeterminada que requiere la fabricación de utilización de circuitos de control electrónico específicos, complicando de ese modo el sistema e incrementando los costes tanto de producción como de mantenimiento rutinario.

55 El artículo “Super-capacitors for peak load shaving of batteries” (Bonert *et al.* European Conference on Power Electronics and Applications, 8 de septiembre de 1997, Trondheim) revela unos condensadores nuevos de alta energía de doble capa, que proporcionan un almacenamiento de energía eléctrica de corta duración.

Revelación de la invención

Es un objetivo de la presente invención proporcionar un sistema de almacenamiento de energía, para alimentar dispositivos eléctricos de usuario en un vehículo, diseñado para eliminar los inconvenientes mencionados, y que sea barato y fácil de fabricar, y sea especialmente eficaz controlando flujos de potencia y/o de energía durante transitorios de carga y descarga.

Según la presente invención, se proporciona un sistema de almacenamiento de energía para alimentar dispositivos eléctricos de usuario en un vehículo, como el reivindicado en las reivindicaciones anexas.

Breve descripción de los dibujos

Se describirán, a modo de ejemplo, una serie de realizaciones no limitativas de la presente invención, haciendo referencia a los dibujos anexos, en los cuales:

la figura 1 muestra cuatro esquemas posibles para conectar mecánicamente una máquina eléctrica y un motor de combustión interna en un tren de fuerza de un vehículo híbrido;

la figura 2 muestra, esquemáticamente, un tren de fuerza de un vehículo híbrido equipado con un sistema de almacenamiento de energía de acuerdo con la presente invención;

la figura 3 muestra un gráfico temporal de la tensión y la corriente medidas en los terminales de una batería estándar de un vehículo durante el arranque en caliente;

la figura 4 muestra un detalle de la figura 3;

las figuras 5 y 6 muestran gráficos de la corriente y la tensión de un sistema de almacenamiento de energía acorde con la presente invención, durante el arranque en caliente;

la figura 7 muestra un gráfico temporal de la tensión y la corriente medidas en los terminales de una batería estándar de un vehículo, durante el arranque en frío;

las figuras 8 y 9 muestran gráficos de la corriente y la tensión de un sistema de almacenamiento de energía acorde con la presente invención, durante el arranque en frío;

la figura 10 muestra un gráfico temporal de la corriente medida en los terminales de una batería estándar de vehículo durante un frenado regenerativo;

las figuras 11 y 12 muestran gráficos temporales de la corriente y la tensión de un sistema de almacenamiento de energía acorde con la presente invención, durante un frenado regenerativo.

Realizaciones preferidas de la invención

El número 1 en la figura 1 indica como un todo un tren de fuerza de un vehículo híbrido (no mostrado). El tren de fuerza 1 comprende un motor de combustión interna 2 que tiene un eje 3 de la transmisión conectado a una transmisión 4 con la interposición de un embrague 5; la transmisión 4 tiene un eje de entrada 6 conectado mecánicamente al eje 3 de la transmisión con la interposición del embrague 5, y un eje de salida 7 conectado mecánicamente a las ruedas de tracción (no mostradas) del vehículo híbrido; y el tren de fuerza 1 comprende también una máquina eléctrica reversible 8 que puede funcionar como motor eléctrico y como generador eléctrico.

En diferentes realizaciones, la máquina eléctrica reversible 8 está montada en el eje 3 de transmisión del motor de combustión interna 2 más arriba que el embrague 5 (figura 1a), está montada en el eje de entrada 6 de la transmisión 4 más abajo que el embrague 5 (figura 1b), está montada en el eje de salida 7 de la transmisión 4 (figura 1c), o está conectada a un eje secundario 9 integral angularmente con el eje de transmisión 3 del motor de combustión interna 2 (figura 1d).

La figura 2 muestra un ejemplo del esquema de la figura 1d, en el que la máquina eléctrica reversible 8 está conectada a un eje secundario 9 integral angularmente con el eje 3 de la transmisión del motor de combustión interna 2. Más en concreto, el eje secundario 9 está conectado al eje 3 de la transmisión del motor de combustión interna 2 en el lado opuesto al embrague 5 y a la transmisión 4, y está conectado a una polea 10 mediante un mecanismo 11 de transmisión por correa acanalada en V, que también transmite movimiento a las cargas auxiliares definidas por una bomba hidráulica 12 de la dirección asistida y por un compresor 13 del acondicionador de aire. Preferentemente, la polea 10 está conectada al eje 3 de la transmisión del motor de combustión interna 2 mediante un embrague electromagnético 14.

El motor eléctrico reversible 8 es una máquina de corriente alterna, y está conectado eléctricamente a un sistema 15 de almacenamiento de energía de corriente directa, a través de un convertidor electrónico bidireccional 16 que permite que la máquina eléctrica reversible 8 funcione en modo de generador y en modo de motor. Una serie de dispositivos

ES 2 335 798 T3

eléctricos 17 de corriente directa de a bordo (luces interiores y exteriores, acondicionamiento de aire, radio...) están también conectados a, y están alimentados directamente por el sistema 15 de almacenamiento de energía.

Es importante observar que la configuración de la figura 2 del tren de fuerza 1 permite el funcionamiento de todas las funciones del vehículo (dirección asistida, acondicionador de aire, dispositivos eléctricos) incluso cuando el motor de combustión interna 2 está apagado, por virtud del embrague electromagnético 14. Por lo tanto, el tren de fuerza 1 puede funcionar en el modo de “arranque y parada”, en el que el motor de combustión interna se apaga cuando el vehículo está detenido o parándose (típicamente a causa del tráfico, como por un semáforo rojo o un cruce con un ceda el paso), y se arranca de nuevo cuando el conductor presiona el acelerador.

Además, siendo bidireccional el convertidor electrónico 16, el tren de fuerza de la figura 2 puede funcionar en modo de regeneración, en el que la desaceleración del vehículo se utiliza para generar energía eléctrica, que se almacena en el sistema 15 de almacenamiento de energía, recuperando de ese modo por lo menos parte de la energía cinética, que si no se disiparía en forma de calor mediante un sistema de frenos convencional.

El sistema 15 de almacenamiento de energía comprende una carcasa 18 que tiene dos terminales externos 19. Los terminales externos 19 están conectados a una batería 20 (por ejemplo, una batería de plomo de 12 voltios), a un elemento capacitivo 21 conectado en paralelo a la batería 20, y a un elemento inductivo 22 conectado en serie a los terminales de la batería 20, entre la batería 20 y el elemento capacitivo 21.

Tal como se describirá en detalle y se ha demostrado mediante resultados de pruebas, el elemento inductivo 22 sirve, durante los transitorios, para dividir de manera diferencial los flujos de potencia y de energía entre la batería 20 y el elemento capacitivo 21, respetando al mismo tiempo las características complementarias de estas dos fuentes.

Para regular eficazmente el flujo de potencia/energía entre la batería 20 y el elemento capacitivo 21 durante los transitorios de descarga (es decir, cuando la batería 20 está suministrando energía eléctrica) y los transitorios de carga (es decir, cuando la batería 20 está absorbiendo energía eléctrica), la relación entre la capacidad de la batería 20 medida en Ah y la capacidad del elemento capacitivo 21 medida en F es menor que 1, y la relación entre la capacidad de la batería 20 medida en Ah y la inductancia del elemento inductivo 22 medida en μH es menor que 1.

Más en concreto, la regulación óptima de los flujos de potencia/energía entre la batería 20 y el elemento capacitivo 21 durante los transitorios de descarga y de carga se consigue cuando la relación entre la capacidad de la batería 20 medida en Ah y la inductancia del elemento inductivo 22 medida en μH está por abajo de 0,5, y preferentemente por debajo de 0,25.

En una realización preferida, se dimensiona primero la capacidad del elemento capacitivo 21, y a continuación se dimensiona la inductancia del elemento inductivo 22 en función de la capacidad del elemento capacitivo 21. La capacidad del elemento capacitivo 21 está típicamente dimensionada para permitir que el elemento capacitivo 21 almacene energía suficiente para alimentar independientemente los dispositivos eléctricos de usuario en el vehículo (dispositivos eléctricos 17, y la máquina eléctrica reversible 8 funcionando como un motor) durante el intervalo de tiempo inicial predeterminado de un transitorio de descarga.

El elemento capacitivo 21 está dimensionado para satisfacer los siguientes requisitos:

- la corriente máxima soportable por el elemento capacitivo 21 es mayor que el suministro máximo de corriente requerido del elemento capacitivo 21 durante el intervalo de tiempo inicial del transitorio de descarga;
- la tensión máxima soportable por el elemento capacitivo 21 es mayor que la tensión de descarga máxima;
- la energía que puede ser suministrada por el elemento capacitivo 21 es mayor que la energía requerida por los dispositivos eléctricos de usuario durante el intervalo de tiempo inicial del transitorio de descarga;
- la tensión en los terminales del elemento capacitivo 21 al término del intervalo de tiempo inicial del transitorio de descarga, es mayor que la tensión de alimentación mínima de los dispositivos eléctricos de usuario.

Por lo tanto, el elemento capacitivo 21 está dimensionado según la ecuación:

$$E_{TRANS} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot (V_{NOM}^2 - V_{MIN}^2)$$

donde:

E_{TRANS} es la energía requerida por los dispositivos eléctricos de usuario durante el intervalo de tiempo inicial del transitorio de descarga;

ES 2 335 798 T3

C es la capacidad total del elemento capacitivo 21;

V_{NOM} es la tensión nominal de reposo en los terminales del elemento capacitivo 21;

5 V_{MIN} es la tensión de alimentación mínima de los dispositivos eléctricos de usuario.

La capacidad del elemento capacitivo 21 puede también dimensionarse para permitir que el elemento capacitivo 21 absorba energía suministrada por los dispositivos eléctricos de usuario del vehículo (es decir, por la máquina eléctrica reversible 8 funcionando como generador durante un frenado regenerativo) durante un intervalo de tiempo inicial predeterminado de un transitorio de carga.

En cuyo caso, el elemento capacitivo 21 está dimensionado según la ecuación:

$$15 \quad E_{TRANS} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot (V_{MAX}^2 - V_{NOM}^2)$$

donde:

20 E_{TRANS} es la energía suministrada por los dispositivos eléctricos de usuario durante el intervalo de tiempo inicial del transitorio de carga;

C es la capacidad total del elemento capacitivo 21;

25 V_{NOM} es la tensión nominal de reposo en los terminales del elemento capacitivo 21;

V_{MAX} es la tensión de carga máxima en los terminales del elemento capacitivo 21 durante el intervalo de tiempo inicial del transitorio de carga.

30 La inductancia del elemento inductivo 22 está dada por la ecuación:

$$L = R_T \cdot \tau$$

35 donde:

L es la inductancia del elemento inductivo 22;

40 R_T es la resistencia total, igual a la suma de la resistencia interna R_B de la batería 20 y la resistencia R_L del elemento inductivo 22;

τ es la constante de tiempo de la rama en serie definida por la batería 20 y el elemento inductivo 22, y varía entre 1/3 y 1/5 del intervalo de tiempo inicial predeterminado de un transitorio de descarga.

45 En general, la constante de tiempo de la rama en serie definida por la batería 20 y el elemento inductivo 22 puede estimarse como 1/4 del intervalo de tiempo inicial predeterminado de un transitorio de descarga.

La duración del intervalo de tiempo inicial de un transitorio de descarga se determina en función del patrón de tiempo de suministro de corriente requerido por parte del sistema 15 de almacenamiento de energía durante el transitorio de descarga, y en función de un suministro deseado de corriente máxima mediante la batería 20 durante el transitorio de descarga. Más en concreto, la duración del intervalo de tiempo inicial de un transitorio de descarga es igual al intervalo de tiempo necesario para que el suministro de corriente requerido del sistema 15 de almacenamiento de energía durante el transitorio de descarga, sea igual al suministro deseado de corriente máxima por parte de la batería 20 durante el transitorio de descarga.

55 En una realización preferida, el elemento capacitivo 21 comprende por lo menos un módulo de elementos de ultracondensador, como son los “condensadores eléctricos de doble capa”; y un circuito de compensación (no mostrado en detalle). Al ser totalmente despreciable (en torno a 1 Wh/día) el efecto de disipación de energía provocado por la auto-descarga del elemento capacitivo 21, normalmente no se requiere dispositivos de disipación, pero obviamente pueden ser integrados fácilmente en el sistema 15 de almacenamiento de energía.

Durante el funcionamiento normal del sistema 15 de almacenamiento de energía, los transitorios de descarga o de carga son soportados inicialmente mediante la intervención del elemento capacitivo 21; y, una vez que expira el transitorio inicial, la energía eléctrica involucrada es suministrada a, y absorbida por la batería 20.

65 Se ha llevado a cabo numerosas pruebas comparativas del funcionamiento del sistema 15 de almacenamiento de energía descrito arriba, algunos de cuyos resultados se explican brevemente después.

ES 2 335 798 T3

Algunas de las pruebas se llevaron a cabo utilizando un vehículo FIAT® Punto® con un motor de combustión interna de gasolina, de 1200 cm³ con cuatro cilindros en línea. Primero se equipó el vehículo con una batería de plomo estándar de 44 Ah de capacidad, de 12 V, y posteriormente con un sistema 15 de almacenamiento de energía dimensionado apropiadamente, del tipo descrito antes.

5

En primer lugar se midió la corriente y la tensión en los terminales de la batería estándar, y se registró la absorción en arranque en caliente y en arranque en frío. A continuación, se midió la corriente y la tensión en los terminales 19 del sistema 15 de almacenamiento de energía, y se registró la absorción en arranque en caliente y en arranque en frío.

10

La figura 3 muestra un gráfico de la tensión V y la corriente A medidas en los terminales de la batería estándar del vehículo en un arranque en caliente. Como puede verse, en el arranque se producen dos fases típicas en momentos diferentes: una fase transitoria de arranque, y una fase de régimen estacionario.

15

La figura 4 muestra un detalle de la fase transitoria del gráfico de la figura 3. Haciendo referencia a la figura 4, el arranque del motor de combustión interna se completa en unos 750 ms. Observando los patrones de absorción de tensión y de corriente en la figura 4, es posible determinar la duración del transitorio que, en este caso, es de unos 250 ms. Por lo tanto, los tiempos que caracterizan el arranque del motor de combustión interna 2 son: arranque completo 750 ms, transitorio 250 ms, fase de régimen estacionario 500 ms.

20

Las siguientes tablas muestran la potencia y energía calculadas para diferentes fases en función de las mediciones de la figura 4.

TABLA 1

Transitorio de descarga 0-250 ms

25

	Corriente	Tensión	Potencia	Energía
	[A]	[V]	[W]	[J]
Máx	357	11.8	3213	
Mín	19	8.8	224	
Med	188	10.0	1856	
TOT				465

30

35

40

45

TABLA 2

Fase de régimen estacionario 250-750 ms

50

	Corriente	Tensión	Potencia	Energía
	[A]	[V]	[W]	[J]
Máx	201	10.8	1970	
Mín	73	9.6	788	
Med	112	10.4	1160	
TOT				580

55

60

65

ES 2 335 798 T3

TABLA 3

Arranque completo 0-750 ms

5

	Corriente	Tensión	Potencia	Energía
	[A]	[V]	[W]	[J]
10	Máx	357	11.8	3213
15	Mín	19	8.8	224
	Med	137	10.3	1392
20	TOT			1045

Tal como se muestra en la tabla 1, la corriente máxima a la que está sometida la batería 20 en la fase transitoria correspondiente a los primeros 250 ms de funcionamiento, es de 357 A.

25

Para hacer la comparación tan significativa como sea posible, el sistema 15 de almacenamiento de energía en el vehículo de prueba comprende una batería 20 idéntica a la batería estándar, es decir una batería de plomo de 44 Ah, de 12 voltios.

30

El elemento capacitivo 21 del sistema 15 de almacenamiento de energía en el vehículo de prueba comprende seis elementos ultracondensadores conectados en serie, como son los “condensadores eléctricos de doble capa”, cada uno de 2,5 voltios, y por lo tanto también puede funcionar en las etapas de frenado regenerativo y recarga, con la máquina eléctrica reversible 8 funcionando como generador a una tensión de aproximadamente 14 voltios.

35

En cuanto al resto del elemento capacitivo 21, se decidió que el elemento capacitivo 21 debería ser capaz de soportar tanto el transitorio de descarga correspondiente a los primeros 250 ms, como el arranque completo del motor de combustión interna de 750 ms de duración. En función de estos dos requisitos operativos y de las medidas mostradas en las tablas 1 y 3, las características del elemento capacitivo 21 son:

40

TABLA 4

Elemento capacitivo 21

45

Tensión de cada elemento	2.5 V	
Capacidad de cada elemento	12.5 F	
50	Número de elementos/conexión	6/en serie
55	Tensión máxima	15V
	Capacidad total	75 F
60	Circuito de compensación/tipo	sí/activo
	Dispositivo de disipación	no

65

Respecto de las reducciones en la capacidad del sistema de almacenamiento provocadas por la auto-descarga del elemento capacitivo 21, una batería de plomo 20 de 44 Ah descargándose de 12 V a 9 V (en 20 horas) produce aproximadamente 590 Wh de energía. Puesto que la energía disipada por la auto-descarga del elemento capacitivo 21

ES 2 335 798 T3

es de aproximadamente 1,0 Wh/día, es decir despreciable con respecto a la capacidad de la batería 20, no se dispuso ningún dispositivo para contrarrestar la auto-descarga del elemento capacitivo 21.

5 Tal como se muestra en la tabla 2, en los aproximadamente 500 ms de fase de régimen estacionario, las cargas eléctricas absorben una corriente promedio de unos 110 A. El valor del elemento inductivo 22 debe ser tal que permita el funcionamiento en régimen estacionario de la batería 20 una vez que expira el transitorio de descarga inicial de aproximadamente 250 ms soportado por el elemento capacitivo 21. Asumiendo que el sistema que comprende la batería 26 y el elemento inductivo 22 alcanza el régimen estacionario después de un intervalo de tiempo igual a aproximadamente cuatro constante de tiempo, y asumiendo un transitorio 250 ms, la constante de tiempo buscada es aproximadamente igual a 62 ms (250/4).

10 Teniendo en cuenta la resistencia total de unos 16 miliohmios del sistema que comprende la batería 20 y el elemento inductivo 22, y dada la constante de tiempo, el valor del elemento inductivo 22 es de 1,0 mH; en cuyo caso, la batería 20 suministrará una corriente máxima de 110 A considerando también el elemento inductivo 22. Tal como se muestra en la tabla 1, la corriente máxima suministrada por la batería 20 en la configuración estándar, por otra parte, es de unos 360 A.

La siguiente tabla 5 muestra los valores característicos del elemento inductivo 22:

20 TABLA 5

Elemento inductivo 22

25	Inductancia	1.0 mH
	Corriente de descarga máxima	110 A
30	Corriente de carga máxima	110 A
	Constante de tiempo del circuito	60 ms
35	Material del núcleo	amorfo

40 En las figuras 5 y 6, que muestran respectivamente el patrón de corriente y el de tensión, se muestra el funcionamiento del sistema 15 de almacenamiento de energía, dimensionado tal como se ha descrito anteriormente, durante el transitorio de descarga al arrancar el motor 2 de combustión interna. Más en concreto, la figura 5 muestra un gráfico de absorción de corriente, y específicamente de la corriente de descarga A_c , de la corriente A_b de la batería, y de la corriente A_u del elemento capacitivo 21.

45 La corriente de descarga máxima, aproximadamente igual a 355 A, está soportada inicialmente por el elemento capacitivo 21, que suministra 280 A; la corriente de la batería en esta fase inicial es de unos 75 A. La corriente máxima de la batería, que se produce después del transitorio de arranque, es de unos 120 A, y cae hasta 70 A una vez que se ha completado el arranque. Durante toda la fase de arranque, el suministro de corriente mediante el elemento capacitivo 21 refleja las variaciones en la corriente introducida por la carga, mientras que la batería 20 contribuye suministrando una corriente más constante, decreciente, correspondiente a la parte continua de la carga.

50 Junto al mismo transitorio de descarga, sino se proporcionase el elemento inductivo 22, la corriente máxima de la batería sería de unos 250 A, y la corriente máxima del elemento capacitivo 21 sería de solo 110 A; en cuyo caso, la batería 20 suministraría la corriente máxima en unos 3 ms, en comparación con los 30 ms del sistema 15 de almacenamiento de energía acorde con la presente invención, que comprende el elemento inductivo 22 situado más arriba que el elemento capacitivo 21. Además, sin el elemento inductivo 22 la batería 20 estaría sometida a un transitorio de 2,2 veces la corriente en la décima parte de tiempo.

60 La figura 6 muestra un gráfico de la tensión de la batería V_b y de la tensión V_u en los terminales del elemento capacitivo 21, e ilustra la contribución inicial del elemento capacitivo 21 soportando el transitorio de descarga. La tensión de la batería V_b , de hecho, experimenta una variación máxima de unos 0,7 V (desde 12,14 V hasta 11,7 V) en comparación con los 3,4 V en la configuración de batería estándar. Además la tensión de la batería 20 se mantiene más constante, en unos 12 V, siendo soportadas todas las variaciones por el elemento capacitivo 21.

65 Tal como se muestra claramente mediante los gráficos de corriente de la figura 3 (batería estándar) y de la figura 5 (sistema 15 de almacenamiento de energía), la corriente máxima a la que está sometida la batería estándar en la fase transitoria correspondiente a los primeros 250 ms de funcionamiento, es de 357 A; mientras que, cuando la batería 20

ES 2 335 798 T3

está incorporada al medio 15 de almacenamiento de energía, la corriente máxima a la que está sometida la batería 20 es de unos 110 A. Este efecto de nivelación de carga producido combinando el elemento capacitivo 21 con el elemento inductivo 22 permite el uso de una batería 20 de alta energía específica (Wh/kg) y, para una cantidad de energía dada, el uso de una batería 20 más ligera. El incremento en el nivel de energía específico para una batería 20 de plomo es del 40% (más en concreto, de 25 Wh/kg para una batería de potencia y de 35 Wh/kg para una batería de energía).

Se realizó otra prueba simulando el funcionamiento del sistema 15 de almacenamiento de energía junto con el arranque frío del motor de combustión interna 2. Como es sabido, esta es una condición especialmente desfavorable para la batería 20, debido a la reducción en la capacidad involucrada y debido a la resistencia incrementada del motor de combustión interna 2 (fricción y bombeo). Más en concreto, el arranque real del motor de combustión interna 2 está precedido por una fase de cigüeñal sin encendido de duración variable, que normalmente se incrementa con una bajada en la temperatura.

La figura 7 muestra las cantidades eléctricas medidas en los terminales de la batería estándar, es decir sin elemento capacitivo 21 ni elemento inductivo 22, cuando se arranca en frío el motor de combustión interna (tras quedar inactivo por la noche). También en este caso, la corriente de arranque medida indica la corriente de descarga solicitada, del sistema 15 de almacenamiento de energía.

Las figuras 8 y 9 muestran gráficos de características de tensión y de corriente del sistema 15 de almacenamiento de energía cuando se arranca en frío el motor de combustión interna (tras quedar inactivo por la noche). La figura 8 muestra la característica de corriente. Más en concreto, el sistema 15 de almacenamiento de energía responde al transitorio de corriente máxima inicial, de unos 340 A, suministrado 240 A, mientras que la corriente máxima de la batería Ab en esta fase es de solo unos 120 A.

Durante el arranque frío, una corriente de batería promedio, de batería estándar, es de unos 160 A con picos máximos que oscilan entre 230 y 180 A y una amplitud de pico a pico de 80 A. Por otra parte, en el sistema 15 de almacenamiento de energía que comprende el elemento capacitivo 21 y el elemento inductivo 22, los valores de pico de corriente de la batería oscilan entre unos 120 y 100 A con una amplitud de 30-40 A.

La característica de tensión ilustrada en el gráfico de la figura 9 también muestra cómo la batería 20 combinada con el elemento capacitivo 21 y el elemento inductivo 22 está sometida a menos tensión que la batería estándar 20 en solitario. Tal como se muestra en la figura 9, la tensión de la batería Vb oscila entre 12,4 y 11,8 V, mientras que la tensión de la batería estándar en solitario alcanza un mínimo inicial de 8,8 V, y se incrementa hasta no más de 10,5 V hacia el término de la operación.

El esquema de la figura 2 del tren de fuerza 1 sirve para recargar el sistema 15 de almacenamiento de energía durante el funcionamiento normal del vehículo, del mismo modo que un alternador normal en el vehículo, así como para recuperar parte de la energía puesta a disposición por el vehículo durante el frenado y/o la desaceleración. En estas condiciones operativas, la energía mecánica disponible en el eje de la máquina eléctrica reversible se convierte en energía eléctrica suministrada al sistema de almacenamiento. Esta fase de generación sirve para soportar dispositivos y cargas del sistema eléctrico del vehículo, y para mantener una carga adecuada del sistema 15 de almacenamiento de energía.

Se midieron otras cantidades eléctricas durante la desaceleración y el frenado de un vehículo PIAGGIO® Porter® Elettrico. La figura 10 muestra la corriente de recarga medida al desacelerar y durante el frenado regenerativo del vehículo anterior, en concreto desde 35 km/h hasta cero, y con una desaceleración media de 0,80 m/s² (equivalente a conducción normal en tráfico urbano). Ambas fases se llevan a cabo a corrientes constantes de unos 70 A y 150 A respectivamente. Debe señalarse que, en el dimensionamiento del elemento inductivo 22, se tuvo en cuenta sobrecargas de corriente transitorias por encima de 110 A y hasta un máximo de 150 A. El funcionamiento del sistema 15 de almacenamiento de energía al desacelerar y frenar el vehículo se evaluó haciendo referencia a estos patrones de medición de corriente.

La figura 11 muestra un gráfico de corriente del sistema 15 de almacenamiento de energía al desacelerar y durante el frenado regenerativo del vehículo PIAGGIO® Porter® Elettrico; la corriente de batería Ab solo alcanza el valor máximo de corriente generada, en un patrón creciente, al término de las dos operaciones, momento en el cual la corriente Au del elemento capacitivo 21 ha caído hasta cero. Además, cualquier variación en la corriente generada está en la corriente del elemento capacitivo 21, mientras que la corriente de la batería permanece estable. La figura 12 muestra la tensión de la batería Vb y la tensión Vu del elemento capacitivo 21 durante el transitorio de carga. Durante toda la fase de regeneración, la tensión de la batería se mantiene entre 12 y 13 V, mientras que el elemento capacitivo 21 alcanza la tensión generada máxima de 14,3 V al término de la operación. Cualquier variación en la tensión generada está solo en la tensión del elemento capacitivo 21.

El dimensionamiento propuesto fue desarrollado para la aplicación descrita en el presente documento, puramente a modo de ejemplo. Por lo tanto, se entiende que los componentes del sistema pueden dimensionarse de forma diferente a lo descrito anteriormente, junto con variaciones en la aplicación para la que está diseñado el sistema, permaneciendo conforme con los principios operativos descritos. Variaciones que obviamente están dentro del alcance de cualquier experto en la materia.

ES 2 335 798 T3

Como resultará evidente a partir de la descripción anterior, en el sistema 15 de almacenamiento de energía, la batería 20 y el elemento capacitivo 21 funcionan de forma diferencial y de manera complementaria para mejorar la eficiencia y la fiabilidad del sistema 15 de almacenamiento de energía, como un todo; funcionamiento diferencial, complementario, que se consigue gracias al elemento inductivo 22 situado más arriba que el elemento capacitivo 21.

5 Los picos de potencia producidos por transitorios de descarga o de carga, de hecho, son soportados principalmente por el elemento capacitivo 21, independientemente de su estado de carga y/o del estado de carga de la batería 20. Así, el sistema 15 de almacenamiento de energía maximiza la potencia útil disponible, incluso en el caso de una reducción en el rendimiento de la batería 20 provocado por envejecimiento y/o por un estado de carga parcial.

10 Más en concreto, el funcionamiento diferencial, complementario de la batería 20 y el elemento capacitivo 21 durante los transitorios incrementa la vida útil de la batería 20, y reduce enormemente las pérdidas en el rendimiento de la batería 20, en términos de densidad de energía, típicas en todos los tipos de baterías sometidas a funcionamiento de alta potencia y a picos frecuentes de carga y descarga. Además, los picos de energía suministrados y absorbidos por la batería 20 durante los transitorios son menores, gracias a la intervención del elemento capacitivo 21, reduciendo de ese modo la carga y prolongando la vida útil de la batería 20.

En otras palabras, combinar la batería 20, el elemento capacitivo 21 y el elemento inductivo 22 proporciona una conversión de energía altamente eficaz durante los transitorios de carga y descarga, y reduce enormemente la corriente de pico absorbida o suministrada por la batería 20, reduciendo de este modo las pérdidas por efecto Joule de la batería 20 e incrementando la capacidad de la batería 20 durante una carga dada almacenada o extraída.

Es importante observar que la respuesta diferencial, complementaria de la batería 20 y del elemento capacitivo 21 durante los transitorios de carga o de descarga sirve para resolver los problemas que se encuentra al arrancar en frío el motor de combustión interna 2 y los provocados por la capacidad reducida de la batería 20. Es decir, el transitorio de arranque es soportado sustancialmente por el elemento capacitivo 21, que tiene un incremento mínimo en la resistencia interna junto a una reducción de temperatura, mejorando también de ese modo la fiabilidad del sistema 15 de almacenamiento de energía en condiciones operativas de frío críticas.

Otro punto importante a observar es que el sistema 15 de almacenamiento de energía propuesto no tiene componentes de interfaz electrónica para regular el flujo de energía, y por lo tanto es de fabricación económica. De hecho, el sistema 15 de almacenamiento de energía comprende exclusivamente componentes eléctricos pasivos, y por lo tanto intrínsecamente más fiables.

Finalmente, dado el efecto de nivelación de carga del elemento capacitivo 21 y del elemento inductivo 22, la batería 20 puede estar dimensionada para características de alta energía específicas, y por lo tanto ser utilizada sobre un rango mayor de estados de carga (SOS, state-of-charge). Por lo tanto, para una cantidad dada de energía disponible, puede utilizarse una batería 20 menor, más económica.

Por regla general, combinar cualquier tipo de batería 20 con ultracondensadores dobla el nivel Wh/kg de energía específica y la densidad de potencia de pico W/kg en comparación con un sistema 15 de almacenamiento de energía del mismo peso pero que comprenda solo la batería 20. Más en concreto, las baterías de plomo combinadas con ultracondensadores muestran el mayor incremento en la vida de trabajo en condiciones operativas que involucren ciclos frecuentes de carga/descarga.

Es importante observar que el sistema 15 de almacenamiento de energía puede estar alojado en una carcasa 18 de la misma forma externa y tamaño que una batería estándar, y por lo tanto puede ser sustituido por batería convencional, incluso en la forma de un equipo de repuesto.

El sistema 15 de almacenamiento de energía se ha descrito arriba haciendo referencia a vehículos de la clase "vehículo híbrido suave" pero, dadas sus muchas ventajas, obviamente también puede aplicarse ventajosamente a otros tipos de vehículos.

Por ejemplo, el sistema 15 de almacenamiento de energía puede utilizarse para mejoras en maquinaria y equipamiento que funcionen con una alta frecuencia de encendido-apagado y que comprendan funciones auxiliares importantes operativas continuamente.

Referencias citadas en la descripción

60 *La lista de referencias citadas por el solicitante es solo para comodidad del lector. No forma parte del documento de Patente Europea. Aunque se ha tomado especial cuidado en recopilar las referencias, no puede descartarse errores u omisiones y la EPO rechaza toda responsabilidad a este respecto.*

Bibliografía no de patentes citada en la descripción

65 • **Bonert et al.** "Super-capacitors for peak load shaving of batteries". *European Conference on Power Electronics and Applications*, 8 de septiembre de 1997 [0011]

REIVINDICACIONES

1. Sistema (15) de almacenamiento de energía para alimentar dispositivos eléctricos de usuario de un vehículo híbrido; comprendiendo el sistema (15) de almacenamiento de energía:

una batería (20);

un elemento capacitivo (21) conectado en paralelo a los terminales de la batería (20); y

un elemento inductivo (22) conectado en serie a la batería (20), entre la batería (20) y el elemento capacitivo (21); medios para regular el flujo de potencia/energía entre la batería (20) y el elemento capacitivo (21) durante los transitorios de descarga y de carga, de forma que

la relación entre la capacidad de la batería (20) medida en (Ah) y la capacidad del elemento capacitivo (21) medida en (F) es menor que 1;

estando el sistema (15) de almacenamiento de energía **caracterizado** porque comprende medios para que la relación entre la capacidad de la batería (20) medida en (Ah) y la inductancia del elemento inductivo (22) medida en (μ H) sea menor que 1.

2. Sistema (15) de almacenamiento de energía como el reivindicado en la reivindicación 1, en donde este comprende medios para que la relación entre la capacidad de la batería (20) medida en (Ah) y la inductancia del elemento inductivo (22) medida en (μ H) sea menor que 0,5.

3. Sistema (15) de almacenamiento de energía como el reivindicado en la reivindicación 1, en donde este comprende medios para que la relación entre la capacidad de la batería (20) medida en (Ah) y la inductancia del elemento inductivo (22) medida en (μ H) sea menor que 0,25.

4. Sistema (15) de almacenamiento de energía como el reivindicado en la reivindicación 1, 2 o 3, donde este comprende medios para que la capacidad del elemento capacitivo (21) sea dimensionada primero, y la inductancia del elemento inductivo (22) sea dimensionada a continuación en función de la capacidad del elemento capacitivo (21).

5. Sistema (15) de almacenamiento de energía como el reivindicado en la reivindicación 4, donde este comprende medios para que la capacidad del elemento capacitivo (21) esté dimensionada para permitir que el elemento capacitivo (21) almacene energía suficiente para alimentar los dispositivos eléctricos de usuario del vehículo de forma independiente durante un intervalo de tiempo inicial predeterminado de un transitorio de descarga.

6. Sistema (15) de almacenamiento de energía como el reivindicado en la reivindicación 5, en donde este comprende medios para que el elemento capacitivo (21) esté dimensionado para satisfacer los siguientes requisitos:

- la corriente máxima soportable por el elemento capacitivo (21) es mayor que el suministro máximo de corriente requerido del elemento capacitivo (21) durante el intervalo de tiempo inicial del transitorio de descarga;
- la tensión máxima soportable por el elemento capacitivo (21) es mayor que la tensión de carga máxima;
- la energía que puede ser suministrada por el elemento capacitivo (21) es mayor que la energía requerida por los dispositivos eléctricos de usuario durante el intervalo de tiempo inicial del transitorio de descarga;
- la tensión en los terminales del elemento capacitivo (21) al término del intervalo de tiempo inicial del transitorio de descarga, es mayor que la tensión de alimentación mínima de los dispositivos eléctricos de usuario.

7. Sistema (15) de almacenamiento de energía como el reivindicado en la reivindicación 6, en donde este comprende medios para que el elemento capacitivo (21) esté dimensionado de acuerdo con la ecuación:

$$E_{TRANS} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot (V_{NOM}^2 - V_{MIN}^2)$$

donde:

E_{TRANS} es la energía requerida por los dispositivos eléctricos de usuario durante el intervalo de tiempo inicial del transitorio de descarga;

C es la capacidad total del elemento capacitivo (21);

ES 2 335 798 T3

V_{NOM} es la tensión de nominal reposo en los terminales del elemento capacitivo (21);

V_{MIN} es la tensión de alimentación mínima de los dispositivos eléctricos de usuario.

5 8. Sistema (15) de almacenamiento de energía como el reivindicado en una de las reivindicaciones 4 a 7, donde este comprende medios para que la capacidad del elemento capacitivo (21) esté dimensionada para permitir que el elemento capacitivo (21) absorba energía suministrada por los dispositivos eléctricos de usuario del vehículo durante un intervalo de tiempo inicial predeterminado de un transitorio de carga.

10 9. Sistema (15) de almacenamiento de energía como el reivindicado en la reivindicación 8, en donde este comprende medios para que el elemento capacitivo (21) esté dimensionado de acuerdo con la ecuación:

$$15 \quad E_{TRANS} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot (V_{MAX}^2 - V_{NOM}^2)$$

donde:

20 E_{TRANS} es la energía suministrada por los dispositivos eléctricos de usuario durante el intervalo de tiempo inicial del transitorio de carga;

C es la capacidad total del elemento capacitivo (21);

25 V_{NOM} es la tensión nominal de reposo en los terminales del elemento capacitivo (21);

V_{MAX} es la tensión de carga máxima en los terminales del elemento capacitivo (21) durante el intervalo de tiempo inicial del transitorio de carga.

30 10. Sistema (15) de almacenamiento de energía como el reivindicado en una de las reivindicaciones 1 a 9, en donde este comprende medios para que la inductancia del elemento inductivo (22) esté dada por la ecuación:

$$35 \quad L = R_T \cdot \tau$$

donde:

40 L es la inductancia del elemento inductivo (22);

R_T es la resistencia total, igual a la suma de la resistencia interna R_B de la batería (20) y la resistencia R_L del elemento inductivo (22);

45 τ es la constante de tiempo de la rama en serie definida por la batería (20) y el elemento inductivo (22), y varía entre 1/3 y 1/5 del intervalo de tiempo inicial predeterminado de un transitorio de descarga.

50 11. Sistema (15) de almacenamiento de energía como el reivindicado en la reivindicación 10, en donde este comprende medios para que la constante de tiempo de la rama en serie definida por la batería (20) y el elemento inductivo (22) sea igual a 1/4 del intervalo de tiempo inicial predeterminado de un transitorio de descarga.

55 12. Sistema (15) de almacenamiento de energía como el reivindicado en una de las reivindicaciones 1 a 11, en donde este comprende medios para que la duración del intervalo de tiempo inicial de un transitorio de descarga se determine en función del patrón de tiempo del suministro de corriente requerido del sistema (15) de almacenamiento de energía durante el transitorio de descarga, y en función de un suministro deseado de corriente máxima mediante la batería (20) durante el transitorio de descarga.

60 13. Sistema (15) de almacenamiento de energía como el reivindicado en la reivindicación 12, en donde este comprende medios para que la duración del intervalo de tiempo inicial de un transitorio de descarga sea igual al intervalo de tiempo necesario para que el suministro de corriente requerido del sistema (15) de almacenamiento de energía durante el transitorio de descarga sea igual al suministro deseado de corriente máxima mediante la batería (20) durante el transitorio de descarga.

65 14. Sistema (15) de almacenamiento de energía como el reivindicado en una de las reivindicaciones 1 a 13, en el que el elemento capacitivo (21) comprende un módulo de elementos de ultracondensador.

15. Sistema (15) de almacenamiento de energía como el reivindicado en la reivindicación 14, en el que los ultracondensadores son del tipo "condensador eléctrico de doble capa".

ES 2 335 798 T3

16. Sistema (15) de almacenamiento de energía como el reivindicado en una de las reivindicaciones 1 a 15, en el que el elemento capacitivo (21) comprende un circuito de compensación.

5 17. Sistema (15) de almacenamiento de energía como el reivindicado en una de las reivindicaciones 1 a 16, y que comprende una carcasa (18) que aloja la batería (20), el elemento inductivo (22) y el elemento capacitivo (21), y comprende terminales (19) para la conexión a un sistema eléctrico del vehículo.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

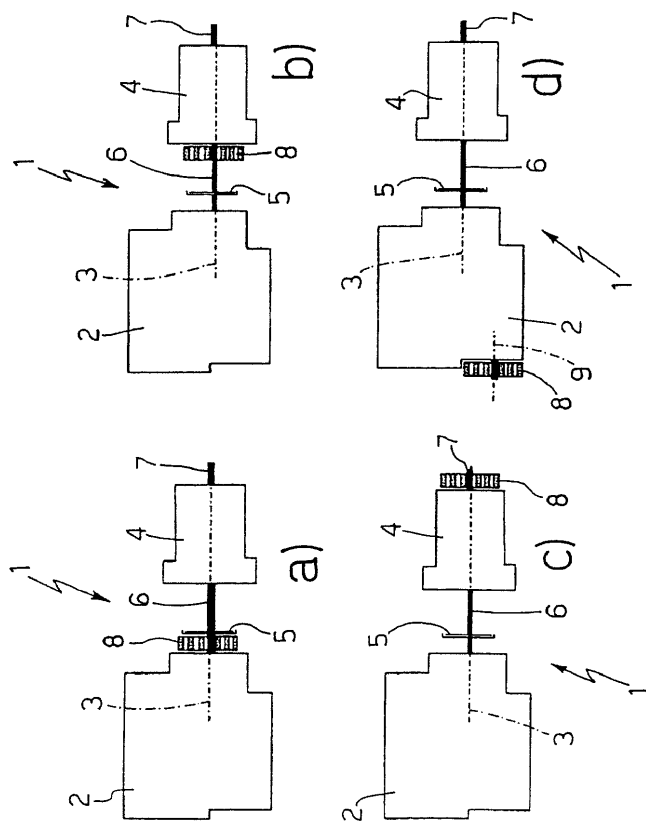


Fig.1

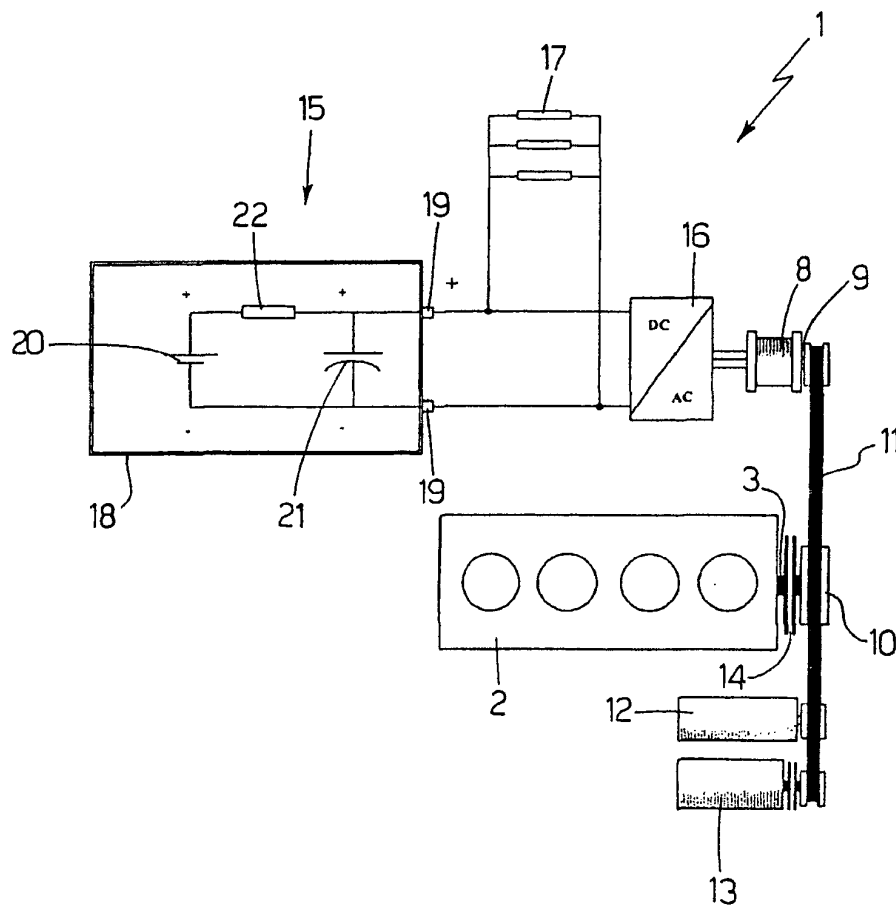


Fig.2

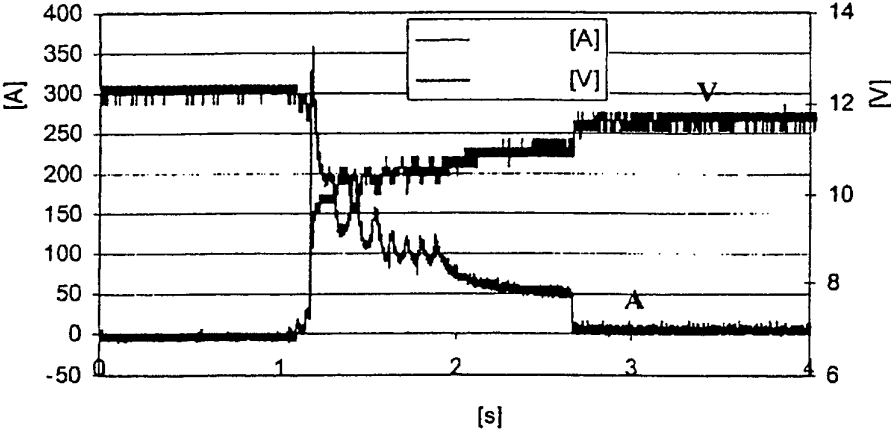


Fig.3

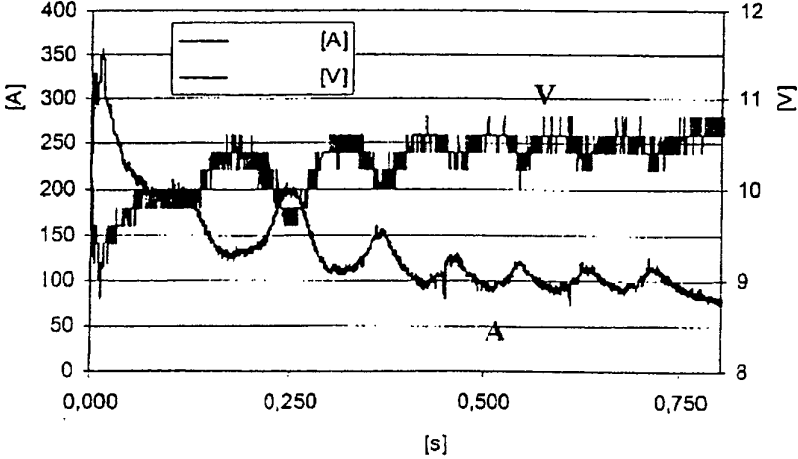


Fig.4

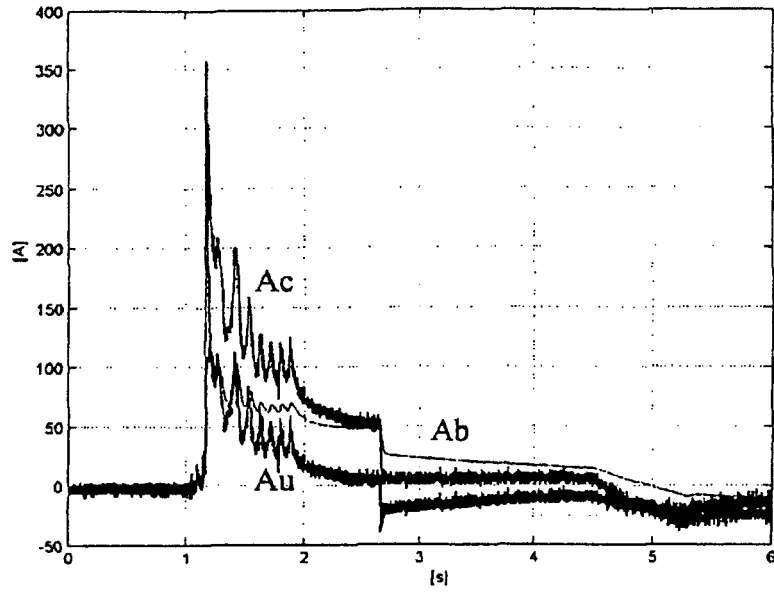


Fig.5

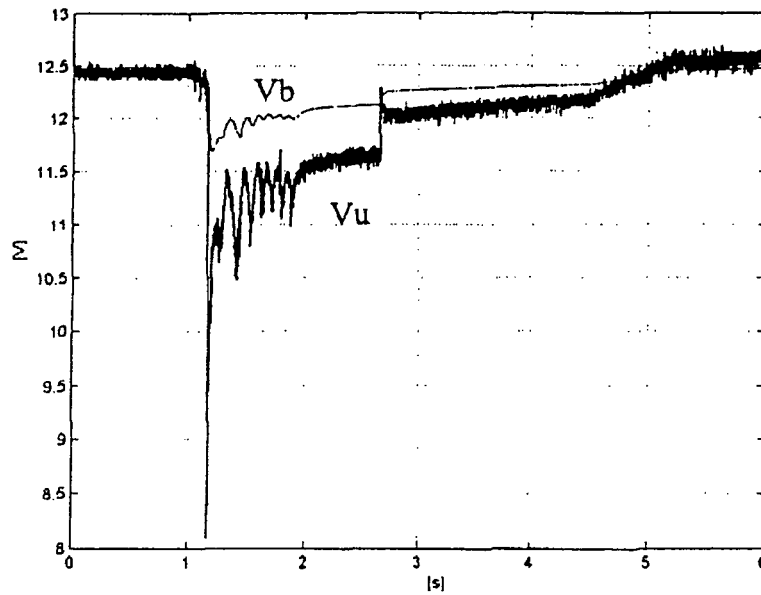


Fig.6

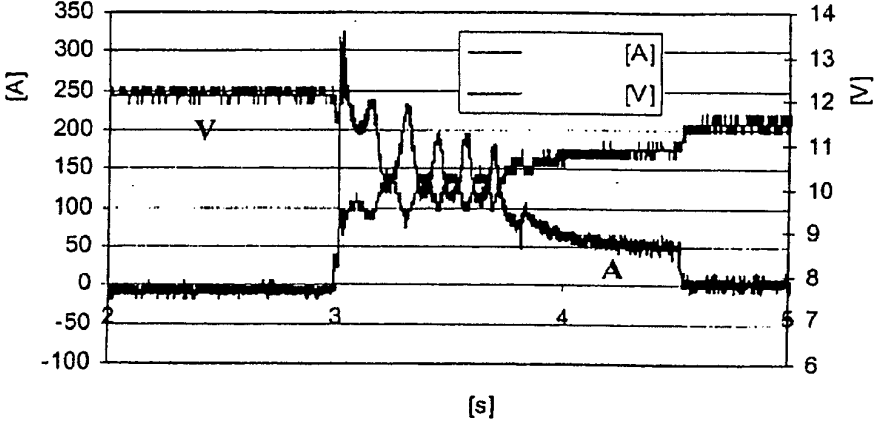


Fig.7

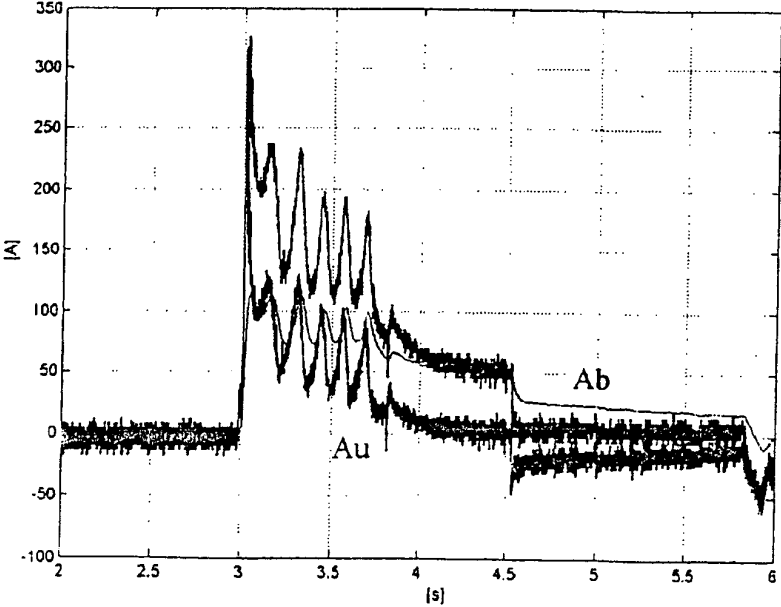


Fig.8

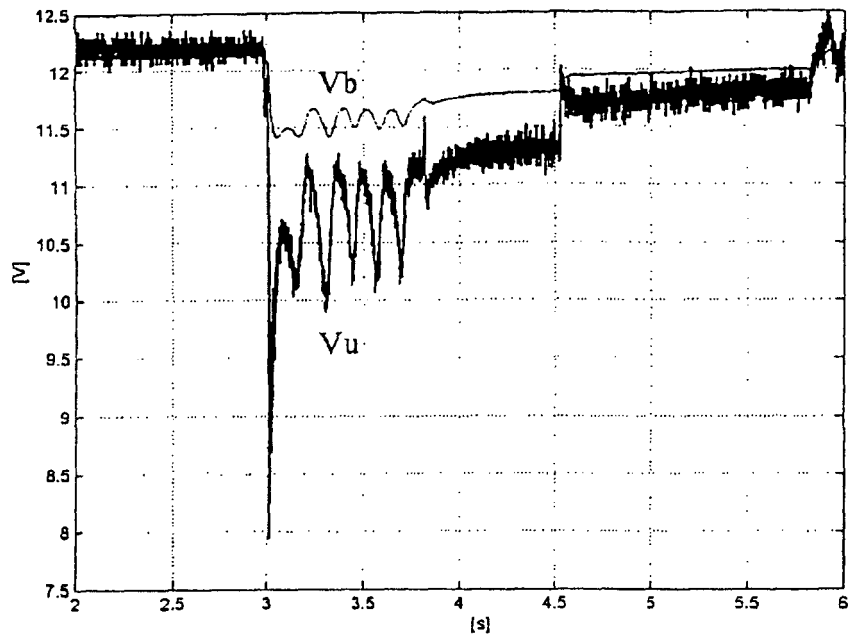


Fig.9

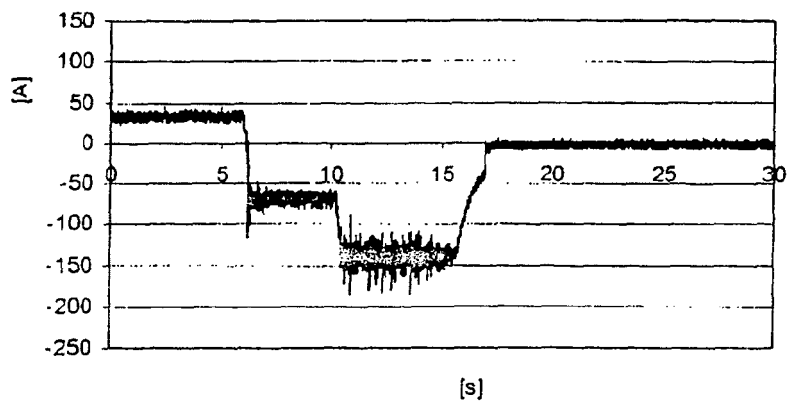


Fig.10

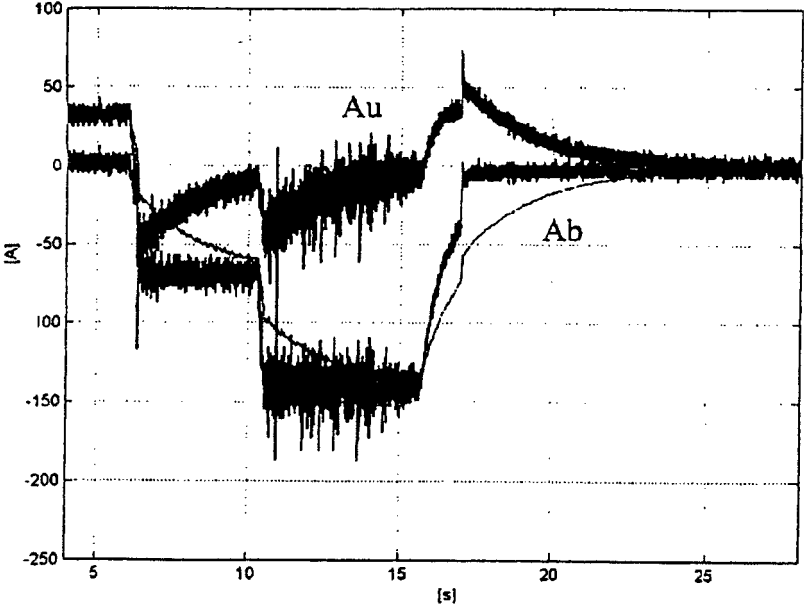


Fig.11

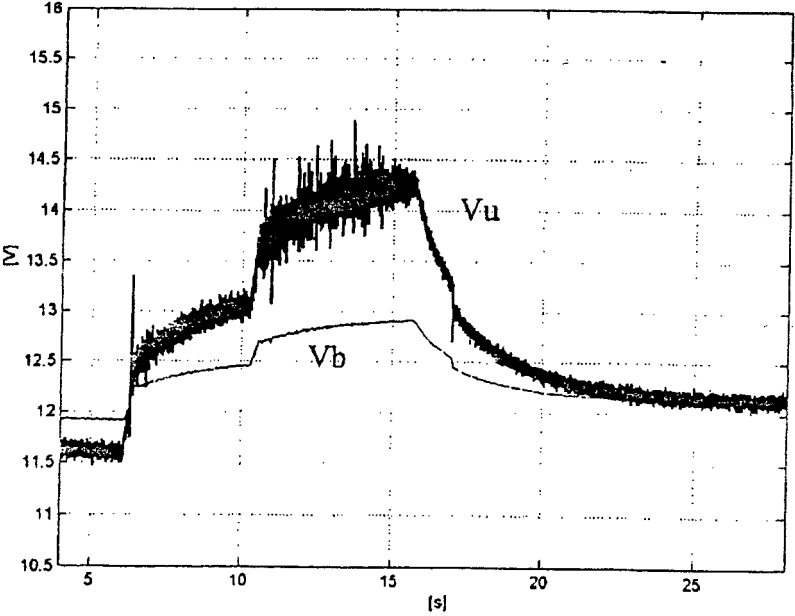


Fig.12