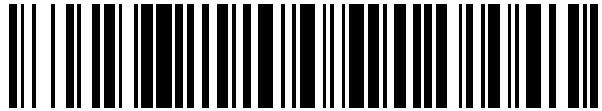


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 488 871**

51 Int. Cl.:

F03G 7/08

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.05.2011 E 11731062 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.07.2014 EP 2569538**

54 Título: **Dispositivo piezo-electromecánico para la recuperación de energía a partir del tránsito de vehículos**

30 Prioridad:

13.05.2010 IT RM20100244

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

29.08.2014

73 Titular/es:

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI ROMA TRE (100.0%)
Via Ostiense, 159
00154 Roma, IT**

72 Inventor/es:

**SALVINI, ALESSANDRO;
RIGANTI FULGINEI, FRANCESCO y
ALTOMONTE, DANIELE**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 488 871 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

Dispositivo piezo-electromecánico para la recuperación de energía a partir del tránsito de vehículos

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a la recuperación de energía a partir del paso de vehículos por medio de un dispositivo Piezo-Electromecánico (PEM).

10 En particular, la presente invención haya aplicación ventajosa, pero no exclusiva, en la recuperación de energía a partir del tránsito de vehículos sobre carreteras urbanas, suburbanas, privadas, autopistas, etc.

Técnica antecedente

15 Como es conocido, existen actualmente varias actividades de desarrollo de sistemas capaces de aprovechar el tránsito de vehículos para la producción de energía eléctrica.

20 Por ejemplo, están a punto de llevarse a cabo experimentos en Israel sobre ciertas carreteras con la disposición de nuevas superficies de carretera que contienen cristales piezoeléctricos, en la que cada uno es capaz de generar una diferencia de potencial, es decir un voltaje eléctrico, cuando es deformado por las ruedas de un coche y/o camión. En la práctica, con cada paso de un vehículo, los cristales piezoeléctricos individuales se comportan como diminutos generadores de electricidad. Mediante el uso de una superficie de carretera piezoeléctrica, se recupera la energía potencial de los vehículos en tránsito. Se estima que un kilómetro de carretera con una superficie piezoeléctrica podría producir hasta 400 kW de energía eléctrica.

25 Además, la solicitud de patente internacional WO2004067850 describe una rampa de carretera basada en tecnología de dinamo de rueda libre que es capaz de convertir la energía cinética de los vehículos en tránsito en energía eléctrica.

30 Adicionalmente, son conocidos actualmente dispositivos de generación de energía para la generación de energía eléctrica en un sistema rotativo, tal como una rueda que incluye un neumático. Por ejemplo, la Solicitud de Patente Europea EP 1 796 251 A1 desvela un dispositivo de generación de energía, que tiene un eje de rotación predeterminado en una dirección diferente a la dirección de la gravedad, está provisto sobre un cuerpo rotativo que gira con un período predeterminado alrededor del eje de rotación, que genera energía eléctrica mientras gira

35 alrededor del eje de rotación y que comprende: una viga flexible que se fija a un sustrato; un peso que está soportado por la viga y cuya posición fluctúa en sincronización con el periodo de rotación mediante la deflexión de la viga producida de acuerdo con la rotación; y un medio de generación de corriente alterna que genera energía de corriente alterna sincronizada con el periodo de rotación por la fluctuación del peso. En particular, de acuerdo con el documento EP 1 796 251 A1, el medio de generación de corriente alterna está constituido mediante el uso de un

40 imán permanente y una bobina, o por el uso de un elemento piezoeléctrico.

El solicitante ha realizado un profundo estudio dirigido a la investigación de la posibilidad de desarrollo de un dispositivo innovador capaz de recuperar tanto la energía cinética como la energía potencial de los vehículos en tránsito.

45 Descripción de la invención

El objetivo de la presente invención es por lo tanto el de proporcionar un dispositivo capaz de recuperar tanto la energía cinética como la energía potencial de los vehículos en tránsito.

50 El objetivo anterior se consigue por el presente inventor en tanto que se refiere a un dispositivo para la recuperación de la energía a partir del tránsito de vehículos, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

55 En particular, la presente invención se refiere a un dispositivo para la recuperación de energía a partir del tránsito de vehículos destinado a disponerse sobre la superficie de una carretera adecuada para el tránsito de vehículos.

En detalle, el dispositivo de acuerdo con la presente invención comprende:

- un elemento magnético que genera un campo magnético;
 - 60 • una bobina que comprende devanados metálicos que definen un hueco configurado para recibir el elemento magnético;
 - medios piezoeléctricos; y
 - medios mecánicos configurados para, cuando transita un vehículo sobre el dispositivo,
- 65 - insertar el elemento magnético en el hueco de la bobina de modo que produzca una primera variación de un flujo magnético vinculado con los devanados de la bobina de modo que induzca un primer voltaje eléctrico

- sobre la bobina, y
- transferir al menos parcialmente una fuerza del peso de dicho vehículo sobre el medio piezoeléctrico de modo que lo deforme.

5 Los medios piezoeléctricos anteriormente mencionados se configuran para generar al menos un segundo voltaje eléctrico cuando se deforman.

Breve descripción de los dibujos

10 Para una mejor comprensión de la presente invención, se describirán ahora algunas realizaciones preferidas, proporcionadas solamente a modo de ejemplo no limitativo, con referencia a los dibujos adjuntos (no a escala), en donde:

- la Figura 1 muestra una vista superior de un dispositivo para la recuperación de energía a partir del tránsito de
- 15 vehículos de acuerdo con una realización preferida de la presente invención;
- la Figura 2 muestra una primera vista en sección transversal del dispositivo mostrado en la Figura 1; y
- la Figura 3 muestra una segunda vista en sección transversal de una parte del dispositivo mostrado en la Figura 1.

20 **Mejor modo para llevar a cabo la invención**

La siguiente descripción se proporciona para permitir a un experto en la materia implementar y usar la invención. Serán inmediatamente obvias para un experto varias modificaciones a las realizaciones presentadas y los principios genéricos explicados en el presente documento se podrían aplicar a otras realizaciones y aplicaciones sin apartarse, sin embargo, del ámbito de protección de la presente invención.

Por ello, la presente invención no se debería pretender como limitada solamente a las realizaciones descritas y mostradas en el presente documento, sino darle el alcance más amplio de protección consistente con los principios y características presentadas en el presente documento y definidas en las reivindicaciones adjuntas.

30 La presente invención se refiere a un dispositivo piezo-electromecánico (PEM) para recuperación de energía a partir del tránsito de vehículos adecuado para instalarse sobre una superficie de carretera. A continuación, por simplicidad de descripción y sin pérdida de generalidad, se describe el dispositivo PEM de acuerdo con la presente invención en relación a su uso sobre una carretera genérica, en la comprensión de que el dispositivo PEM se podría usar para cualquier tipo de carretera, tal como, por ejemplo, una carretera urbana/suburbana/privada, una autopista, etc.

En particular, el dispositivo PEM comprende medios electromecánicos para recuperar la energía cinética de los vehículos que pasan sobre él y medios piezoeléctricos para recuperar la energía potencial de los vehículos que pasan sobre él.

40 En detalle, el dispositivo PEM aprovecha la compresión y posterior liberación realizada por una rueda de un vehículo en tránsito para insertar/extraer uno o más imanes permanentes, integrados en la superficie de la carretera, en/desde bobinas metálicas de modo que cree fuerzas electromotrices inducidas que puedan aprovecharse para generar energía eléctrica.

45 Además, el dispositivo PEM comprende una capa de material piezoeléctrico que permite que se recoja la energía potencial de un vehículo que transita sobre el dispositivo PEM.

50 La Figura 1 muestra una vista superior de un dispositivo PEM 1 de acuerdo con una realización preferida de la presente invención.

En particular, como se muestra en la Figura 1, el dispositivo PEM 1 comprende una estructura superior que, a su vez, comprende un par de plataformas superiores rígidas 11 que tienen, en planta, sustancialmente la misma forma rectangular y las mismas dimensiones que comprenden, para ambas plataformas superiores 11, un mismo fondo D y un mismo ancho W, sustancialmente mayor que el fondo D.

Adicionalmente, siempre como se muestra en la Figura 1, las dos plataformas superiores 11 se sitúan lado con lado, o más bien, en planta, se disponen simétricamente con respecto a un eje de simetría paralelo a los lados más largos de ambas plataformas superiores 11, y se acoplan mutuamente por medio del sistema deslizante 12 dispuesto en correspondencia con dicho eje de simetría y acoplado a los dos lados más largos de las plataformas superiores 11 que están más próximos a dicho eje de simetría. Dicho sistema deslizante 12 se configura para permitir la compresión de las plataformas superiores 11 mientras mantiene la alineación y puede ser convenientemente un sistema mecánico, obtenido básicamente con la ayuda de pequeñas guías.

65 Durante el uso del dispositivo PEM 1 se dispone sobre una superficie de carretera de una carretera (no mostrada en la Figura 1) de modo que los lados más largos de las dos plataformas superiores 11 se disponen ortogonalmente

con respecto a la dirección del tráfico sobre la carretera (la dirección del tráfico en la Figura 1 se indica mediante varias flechas negras), es decir de modo que el eje de simetría de las plataformas superiores 11 sea ortogonal a la dirección del tráfico sobre la carretera.

5 La Figura 2 muestra una primera vista en sección transversal del dispositivo PEM 1 a lo largo de cualquier línea recta que transcurra entre los lados más cortos de las dos plataformas superiores 11 y en paralelo a la dirección del tráfico sobre la carretera y a los lados más cortos de las dos plataformas superiores 11 y, en consecuencia, ortogonal al eje de simetría de las plataformas superiores 11 y a los lados más largos de las plataformas superiores 11 (por claridad de ilustración, se muestra en la Figura 1 un segmento discontinuo de ejemplo I-I a lo largo del que es posible obtener la primera vista en sección transversal mostrada en la Figura 2). En la Figura 2, de nuevo una flecha negra indica la dirección del tráfico sobre la carretera.

10 En particular, como se muestra en la Figura 2, el dispositivo PEM 1 comprende también una estructura inferior, que se extiende por debajo de la estructura superior y comprende una plataforma inferior rígida 13 y una capa de material piezoeléctrico 14, que se extiende por debajo de dicha plataforma inferior 13.

15 Adicionalmente, siempre como se muestra en la Figura 2, cada plataforma superior 11 tiene una superficie superior 11a respectiva sobre la que, durante el uso, puede pasar una rueda 2 (o un par de ruedas) de un vehículo en tránsito y una superficie inferior 11b respectiva que mira a la estructura inferior y a la plataforma inferior 13 en particular. Dicha plataforma inferior 13 tiene una superficie superior 13a que mira hacia las superficies inferiores 11b de las dos plataformas superiores 11 y una superficie inferior 13b que se extiende sobre dicha capa de material piezoeléctrico 14, es decir está cubierta por dicha capa de material piezoeléctrico 14.

20 Durante el uso, el dispositivo PEM 1 se fija sobre la superficie de la carretera de modo que la estructura inferior se integre con la superficie de la carretera subyacente y de modo que la capa de material piezoeléctrico 14 esté entre la superficie de la carretera y la plataforma inferior 13.

25 La posición de la estructura superior con respecto a la estructura inferior mostrada en la Figura 2, en el presente documento en adelante denominada la posición de reposo por simplicidad de la descripción, es asumida por el dispositivo PEM 1 cuando no está comprimida por la rueda 2.

30 En detalle, tal como se muestra en la Figura 2, en la posición de reposo, es decir cuando el dispositivo PEM 1 no está comprimido por la rueda 2, las plataformas superiores 11 se elevan con respecto a la plataforma inferior 13 y el dispositivo PEM 1 tiene una primera altura H (de aquí en adelante en el presente documento denominada como la altura de reposo) que es ortogonal a la plataforma inferior 13 y se incluye entre un extremo superior del sistema deslizante 12 y la superficie de la carretera sobre la que se coloca el dispositivo PEM 1.

35 Preferiblemente, la estructura superior se acopla a la estructura inferior a lo largo de los laterales más largos de las plataformas superiores 11 que están más separados del sistema deslizante 12 (característica no mostrada en la Figura 2).

40 En particular, la estructura superior se acopla a la estructura inferior de modo que su posición pueda variarse con respecto a dicha estructura inferior, en detalle de modo que pueda asumir tanto la posición de reposo mostrada en la Figura 2 como una posición de compresión en la que el dispositivo PEM 1 tiene una segunda altura H' (de aquí en adelante en el presente documento denominada la altura de compresión) más baja que la altura de reposo H y en la que las plataformas superiores 11 están en consecuencia más próximas a la plataforma inferior 13 con respecto a la posición de reposo, siendo asumida dicha posición de compresión cuando el dispositivo PEM 1 es comprimido por la rueda 2.

45 La Figura 3 muestra una segunda vista en sección transversal del dispositivo PEM 1, en particular una parte del dispositivo PEM 1, junto con cualquier segmento que transcurra entre los lados más largos respectivos de una de las plataformas superiores 11 y paralelo al eje de simetría de las plataformas superiores 11 y a los lados más largos de las plataformas superiores 11 y, en consecuencia, ortogonales a la dirección del tráfico sobre la carretera y a los lados más cortos de las dos plataformas superiores 11 (por claridad de ilustración, se muestra un segmento discontinuo II-II de ejemplo en la Figura 1 a lo largo del que es posible obtener la segunda vista en sección transversal mostrada en la Figura 3).

50 En particular, la parte del dispositivo PEM 1 mostrada en la Figura 3 comprende una parte de una de las plataformas superiores 11, una parte de la plataforma inferior 13, una parte de la capa de material piezoeléctrico 14 y un par de amortiguadores, o muelles helicoidales, 15 insertados entre la plataforma superior 11 y la plataforma inferior 13, en particular entre la superficie inferior 11b de la plataforma superior 11 y la superficie superior 13a de la plataforma inferior 13.

55 Además, la Figura 3 muestra también un imán permanente 16 fijado a la superficie superior 13a de la plataforma inferior 13 y una bobina, o solenoide, 17 que se fija a la superficie inferior 11b de la plataforma superior 11 en correspondencia con el imán permanente 16 y está compuesto de devanados helicoidales realizados en metal, por

ejemplo cobre, que define internamente un hueco destinado a recibir el imán permanente 16.

En detalle, siempre con referencia a la Figura 3, en la posición de reposo, es decir cuando el dispositivo PEM 1 no está comprimido por una rueda de un vehículo, la bobina 17 se eleva con respecto al imán permanente 16, mientras que en la posición de compresión, es decir cuando el dispositivo PEM 1 está comprimido por una rueda de un vehículo en tránsito, el imán permanente 16 se inserta en el interior de la bobina 17, en particular en el hueco de la bobina 17.

Además, por claridad de ilustración, se muestra también lo siguiente en la Figura 3:

- varias elipses que representan las líneas del campo magnético generado por el imán permanente 16;
- dos flechas negras que representan la fuerza ejercida sobre la superficie superior 11a de la plataforma superior 11 por una rueda de un vehículo que transita sobre el dispositivo PEM 1 y que provoca la compresión de la plataforma superior 11; y
- varias flechas blancas que representan la fuerza ejercida por la plataforma inferior 13 sobre la capa subyacente de material piezoeléctrico 13 cuando un vehículo está sobre la parte superior del dispositivo PEM 1.

Así, en base a lo que se ha descrito e ilustrado previamente en las Figuras 1, 2 y 3, la estructura inferior se fija sobre la superficie subyacente de la carretera de modo que no pueda moverse, mientras que la estructura superior, cuando se comprime y a continuación se libera mediante un elemento motriz externo, por ejemplo por una rueda de un vehículo en tránsito, es capaz de oscilar con respecto a la estructura inferior gracias a la acción elástica de los amortiguadores 15.

En particular, en ausencia de estímulos externos, es decir cuando la estructura superior no está comprimida por cualquier vehículo, los amortiguadores 15 mantienen la estructura superior en la posición de reposo. En su lugar, cuando la estructura superior previamente comprimida por una rueda de un vehículo en tránsito ya no queda sometida a ninguna compresión (por ejemplo debido a que la rueda del vehículo en tránsito ha pasado en ese momento más allá del dispositivo PEM 1), los amortiguadores 15 devuelven dicha estructura superior a la posición de reposo.

Sin embargo, con respecto a lo que se muestra en la Figura 3 en relación a una parte simple del dispositivo PEM 1, la superficie superior 13a de la plataforma inferior 13 tiene preferiblemente una matriz respectiva de imanes permanentes 16 fijados a ella, estando estos imanes suficientemente separados entre sí para considerar como despreciables las interacciones mutuas entre los campos magnéticos respectivamente generados.

Adicionalmente, de nuevo con respecto a lo que se muestra en la Figura 3 en relación a una parte simple del dispositivo PEM 1, la superficie inferior 11b de cada plataforma superior 11 tiene preferiblemente una matriz de bobinas, o solenoides, 17 fijados a ella, compuesto cada uno por un devanado de un número adecuado de espiras metálicas alrededor de una bobina respectiva, internamente hueca. En particular, para cada imán permanente 16 hay una bobina 17 respectiva.

En el momento de compresión de la estructura superior producido por una rueda de un vehículo en tránsito, cada imán permanente 16 es forzado mecánicamente a entrar en la bobina 17 respectiva de modo que cree una variación en el flujo magnético vinculado con los devanados de la bobina 17 respectiva. En esta forma, se produce un voltaje eléctrico inducido en los terminales de cada bobina 17 de acuerdo con la conocida ley de inducción de Faraday-Neumann-Lenz.

En el momento en que la rueda del vehículo deja la estructura superior, cada imán permanente 16 es forzado mecánicamente a emerger de la bobina 17 respectiva gracias a la reacción elástica de los amortiguadores 15. En esta forma, se crea una variación opuesta en el flujo magnético vinculado a los devanados de las bobinas 17 y por lo tanto se produce un voltaje eléctrico inducido en los terminales de cada bobina 17 que es opuesto al producido por la inserción del imán permanente respectivo 16 en la bobina 17.

Las bobinas 17 se conectan eléctricamente entre sí preferiblemente en serie de modo que el voltaje eléctrico resultante en los terminales de dicha serie eléctrica sea la suma de los voltajes eléctricos inducidos en los terminales de todas las bobinas 17. Dicho voltaje eléctrico resultante, inducido por la compresión y liberación del dispositivo PEM 1 provocados por el paso de una rueda de un vehículo, es un voltaje eléctrico formado por un pulso positivo creado por la compresión y un pulso negativo sucesivo creado por la liberación.

Por lo tanto, los medios electromecánicos del dispositivo PEM 1, es decir la estructura superior, la plataforma inferior 13, los amortiguadores 15, los imanes permanentes 16 y las bobinas 17, permiten la recuperación de la energía cinética perdida por un vehículo en tránsito debido al impacto con el mismo dispositivo PEM 1 (cambio en el momento).

Además, la capa de material piezoeléctrico 14 permite que la energía potencial (debida a la fuerza del peso) de un vehículo en tránsito sea absorbida y convertida en energía eléctrica, y en particular permite la recuperación de la

energía mecánica vinculada a la compresión de la misma capa de material piezoeléctrico 14.

De hecho, una vez que los imanes permanentes 16 hayan sido completamente insertados en las bobinas 17, la fuerza del peso (energía potencial) de un vehículo en tránsito sobre el dispositivo PEM 1 ejerce presión directamente sobre la capa de material piezoeléctrico 14 a través de la estructura superior, los amortiguadores 15 y la plataforma inferior 13. En esta forma, cuando el dispositivo PEM 1 es comprimido por una rueda de un vehículo en tránsito, la capa de material piezoeléctrico 14 absorbe parte del impacto de tope final de la estructura superior y los amortiguadores 15, transformándola en energía eléctrica.

En particular, la presión ejercida, a través de la estructura superior, los amortiguadores 15 y la plataforma inferior 13, sobre la capa de material piezoeléctrico 14 por la fuerza del peso de un vehículo en tránsito sobre el dispositivo PEM 1 deforma dicha capa de material piezoeléctrico 14, que entonces genera uno o más voltajes eléctricos.

De ese modo, el dispositivo PEM 1 es capaz de recuperar tanto la energía cinética de un vehículo en tránsito, gracias a los medios electromecánicos, como la energía potencial del vehículo en tránsito, gracias a la capa de material piezoeléctrico 14.

Finalmente, el dispositivo PEM 1 comprende también preferiblemente un sistema de rectificación de semionda electrónico doble, conocido como puente de Graetz, con un condensador de filtrado.

En particular, dicho sistema de rectificación en semionda electrónico doble con un condensador de filtrado se conecta a los terminales de la serie eléctrica de bobinas 17 y se configura para adquirir y rectificar el voltaje eléctrico resultante presente en los terminales de la serie eléctrica de bobinas 17.

Además, dicho sistema de rectificación en semionda electrónico doble con un condensador de filtrado se conecta también a la capa de material piezoeléctrico 14 y se configura para adquirir los voltajes eléctricos generados por esta última y para suministrar un voltaje eléctrico final en la salida que es la suma de dichos voltajes eléctricos generados por la capa de material piezoeléctrico 14 y el voltaje eléctrico resultante adquirido en los terminales de la serie eléctrica de bobinas 17 y rectificado.

Finalmente, el voltaje final proporcionado a la salida del sistema de rectificación en semionda doble electrónico con un condensador de filtrado puede enviarse oportunamente a una o más baterías, o más bien baterías de almacenamiento intermedio, para el almacenamiento de la energía eléctrica producida. Se puede conectar también un dispositivo electrónico de tipo inversor a las baterías para proporcionar una salida de un voltaje eléctrico alterno a frecuencia de red (50 Hz).

El solicitante ha llevado cabo varias simulaciones experimentales en el entorno MATLAB® dirigidas a la valoración del rendimiento, eficiencia y costes del dispositivo PEM de acuerdo con la presente invención.

Se presentan a continuación las características de un dispositivo PEM específico simulado en una de dichas simulaciones experimentales realizadas en el entorno MATLAB®, a modo de un ejemplo no limitativo.

En particular,

- el dispositivo PEM específico simulado se usa como resalte limitador de velocidad sobre una carretera con un límite de velocidad de 30 km/h;
- el dispositivo PEM específico simulado tiene una altura en reposo H de 7 cm (máximo permitido para los resaltes limitadores de velocidad en áreas limitadas a 30 km/h), en dirección cruzada tiene un ancho de 2,65 m (es decir el ancho W de las plataformas superiores 11 es de 2,65 m) y tiene un fondo de 50 cm en la dirección de la marcha de los vehículos (es decir el fondo del dispositivo PEM específico simulado, que es la suma de los fondos de ambas plataformas superiores 11 y el fondo del sistema deslizante 12, es de 50 cm);
- las plataformas superiores 11 y la plataforma inferior 13 del dispositivo PEM específico simulado son de fibra de carbono, que es un material no magnético y capaz de resistir el peso de los vehículos, y tiene un coste total de aproximadamente 1000 euros (este coste total se refiere a la compra de una única unidad; este coste total caería adecuadamente en caso de producción industrial a gran escala del dispositivo PEM);
- el dispositivo PEM específico simulado comprende veinticuatro imanes de disco permanentes 16 integrados con la superficie de la carretera, cada uno con un diámetro de 20 cm, una altura de 2 cm, una inducción residual de 1,4 teslas y un coste de aproximadamente 300 euros;
- el dispositivo PEM específico simulado comprende veinticuatro bobinas 17 (es decir una por cada imán permanente 16 como se ha descrito previamente), hecha cada una de cobre y de 2 cm de alta;
- se supuso una velocidad de descenso de la estructura superior del dispositivo PEM específico simulado de modo que se complete la inmersión completa de los imanes permanentes 16 en el interior de las bobinas 17 en 2,5 ms;
- cuando se comprime por una rueda de un vehículo en tránsito, la estructura superior del dispositivo PEM específico simulado desciende en 3 cm, es decir el dispositivo PEM específico simulado tiene una altura de compresión H' de 4 cm en la posición de compresión (en ausencia de compresión, los imanes permanentes 16 se considera que están a una distancia de 1 cm de las bobinas 17);

- el voltaje V_i inducido sobre las bobinas 17 es de aproximadamente un pulso de 70 V y se simuló como una fuerza rectangular que duraba un Δt igual a 2,5 ms (suposición de la primera aproximación);
- el circuito del modelo eléctrico equivalente usado es una serie $R-L-C$ forzada, como se ha establecido previamente, de la función $V_i \text{ rect}\Delta t(t - \Delta t/2)$, en la que la resistencia R tiene en cuenta la resistividad del cobre y la geometría con la que están realizadas las bobinas 17, la inductancia L tiene en cuenta la inductancia devuelta por el circuito magnético en relación a los imanes permanentes 16, mientras que la capacidad C tiene en cuenta la capacidad equivalente de un condensador de 270 mF que se proporciona como el primer acumulador de energía eléctrica; en particular, dado que el dispositivo se diseña de modo que la resistencia sea subcrítica, fue posible aprovechar el progreso oscilatorio amortiguado de la respuesta (voltaje en los terminales del condensador) que, durante el tiempo que dura la fuerza del impulso, da lugar a una sobretensión natural sobre el condensador (obviamente para garantizar definitivamente el aprovechamiento de la semionda positiva simple, se proporciona un oportuno diodo en serie); en esta forma, el condensador puede cargarse a un valor de aproximadamente 120 V (por ello, aprovechando el transitorio, se puede elevar la fuerza electromotriz (EMF) sin usar transformadores de elevación); el coste al por menor de un condensador para estas finalidades es de aproximadamente 10 euros por faradio;
- a partir de la simulación llevada a cabo, se ve que el condensador es capaz de cargarse a sí mismo con aproximadamente 2000 julios de energía en cada conversión (obviamente el paso de un vehículo produce dos compresiones);
- la energía en el condensador se transfiere, mucho más lentamente con relación a los tiempos de almacenamiento inicial, a una batería o, alternativamente, a un dispositivo de tipo inversor por medio de un circuito electrónico conocido como un estabilizador de corriente continua/corriente continua y disponible comercialmente con un coste al por menor de aproximadamente 200 euros;
- la energía descargada en cada compresión es de aproximadamente 1977 julios (el hecho de que no se suministre a la batería toda la energía acumulada en primer lugar en el condensador es debido al hecho de que el condensador no se descarga hasta un voltaje cero, sino al voltaje de entrada mínimo de la batería, por ejemplo 12 V);
- suponiendo un flujo de tráfico urbano de aproximadamente 13.000 coches por día (un valor considerado medio para grandes centros urbanos), el dispositivo PEM específico simulado puede producir 51.402 megajulios de energía eléctrica;
- suponiendo que el dispositivo de acumulación sea capaz de devolver suavemente en 24 horas toda la energía proporcionada por el dispositivo PEM específico simulado, estarían disponibles aproximadamente 600 W;
- en conclusión, el dispositivo PEM específico simulado cuesta aproximadamente 9500 euros para la realización de una única unidad (en el caso de producción industrial, este coste puede presumiblemente reducirse a aproximadamente un millar de euros) y, considerando que 1 kWh cuesta actualmente aproximadamente 0,13582 euros, el dispositivo PEM simulado específico tendría su coste amortizado en uno o dos años como mucho.

El ejemplo que acaba de describirse se refiere a un caso particular de un dispositivo PEM de acuerdo con la presente invención usado como un resalte limitador de velocidad en una carretera con un límite de velocidad de 30 km/h. Obviamente, el dispositivo PEM de acuerdo con la presente invención se podría usar también como un resalte limitador de velocidad en carreteras con límites de velocidad de 40 km/h y/o 50 km/h.

Las ventajas de la presente invención se pueden comprender inmediatamente a partir de la descripción previa.

En particular, el dispositivo PEM de acuerdo con la presente invención se puede usar como una sustitución para todos los resaltes limitadores de velocidad actualmente instalados sobre las carreteras, con todas las ventajas económicas asociadas que esta sustitución conlleva.

Más aún, además de permitir que se recupere una parte significativa de la energía que en otro caso se perdería en el impacto con el resalte y en el sistema de frenado del vehículo, el dispositivo PEM de acuerdo con la presente invención se adapta también fácilmente para realizar el papel de un sensor para la supervisión del flujo de tráfico y para optimizar el control de semáforos.

Por otro lado, el dispositivo PEM de acuerdo con la presente invención no necesita un trabajo de instalación especial que requiera excavaciones particulares por debajo de la superficie de la carretera. De hecho, la instalación del dispositivo PEM propuesto sobre la carretera es muy simple y no requiere mucho tiempo, tanto para la instalación como para la posible retirada, limitando de ese modo los inconvenientes al tráfico durante los trabajos.

Se debería observar también que el dispositivo PEM de acuerdo con la presente invención se puede montar en emplazamientos (fábricas de producción) lejos del lugar de instalación y a continuación instalarse posteriormente por los responsables de las carreteras.

Finalmente, se comprende que se pueden realizar varias modificaciones a la presente invención, cayendo todas dentro del alcance de protección de la invención definido en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo (1) para la recuperación de energía a partir del tránsito de vehículos, que está dirigido a su disposición sobre una superficie de carretera de una carretera para el tránsito de vehículos, y que comprende medios piezoeléctricos (14);
 5 **caracterizado por que** comprende además:
- un elemento magnético (16) que genera un campo magnético;
 - una bobina (17) que comprende devanados metálicos que definen un hueco configurado para recibir el elemento magnético (16); y
 - medios mecánicos configurados para, cuando transita un vehículo sobre el dispositivo (1),
 - insertar el elemento magnético (16) en el hueco de la bobina (17) de modo que produzca una primera variación de un flujo magnético vinculado con los devanados de la bobina (17) de modo que induzca un primer voltaje eléctrico sobre la bobina (17), y
 - transferir al menos parcialmente una fuerza del peso de dicho vehículo sobre el medio piezoeléctrico (14) de modo que lo deforme, en el que dicho medio piezoeléctrico (14) se configura para generar al menos un segundo voltaje eléctrico cuando se deforma.
- 15
2. El dispositivo de la reivindicación 1, que comprende:
- una pluralidad de elementos magnéticos (16) en el que cada uno genera un campo magnético respectivo;
 - para cada elemento magnético (16), una bobina (17) correspondiente que comprende devanados metálicos que definen un hueco configurado para recibir dicho elemento magnético (16);
- 25 estando dichos medios mecánicos configurados para, cuando transita un vehículo sobre el dispositivo (1), insertar cada elemento magnético (16) en el hueco de la bobina (17) correspondiente de modo que produzca una primera variación respectiva de un flujo magnético vinculado con los devanados de la bobina (17) correspondiente de modo que induzca un primer voltaje eléctrico respectivo sobre la bobina (17) correspondiente.
- 30
3. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que dichos medios mecánicos se configuran también para, después de que transite el vehículo sobre el dispositivo (1), extraer cada elemento magnético (16) del hueco de la bobina (17) correspondiente de modo que produzca una segunda variación respectiva del flujo magnético vinculado con los devanados de la bobina (17) correspondiente de modo que induzca un tercer voltaje eléctrico respectivo sobre la bobina (17) correspondiente.
- 35
4. El dispositivo de la reivindicación 3, en el que, para cada bobina (17), el tercer voltaje eléctrico inducido respectivo es opuesto al primer voltaje eléctrico inducido respectivo.
- 40
5. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 3 o 4, en el que dichos medios mecánicos comprenden:
- una estructura interior que comprende dichos medios piezoeléctricos (14), que están dirigidos a fijarse sobre la superficie de la carretera y a los que se fija cada elemento magnético (16);
 - una estructura superior que está dirigida a que un vehículo transite sobre ella y a la que se fija cada bobina (17); y
 - medios elásticos (15) interpuestos entre la estructura superior y la estructura inferior y configurados para,
 - cuando un vehículo transita sobre la estructura superior, permitir que la estructura superior se aproxime a la estructura inferior bajo la acción de una fuerza ejercida por el vehículo de modo que cada elemento magnético (16) se inserte en el hueco de la bobina (17) correspondiente,
 - cuando un vehículo transita sobre la estructura superior, transferir al menos parte de la fuerza del peso de dicho vehículo que actúa sobre la estructura superior sobre la estructura inferior de modo que los medios piezoeléctricos (14) se deformen,
 - después de que un vehículo haya transitado sobre la estructura superior, mover la estructura superior separándola de la estructura inferior de modo que cada elemento magnético (16) sea extraído del hueco de la bobina (17) correspondiente, y
 - cuando ningún vehículo transita sobre la estructura superior, mantener la estructura superior a una distancia dada de la estructura inferior, siendo dicha distancia dada de modo que ningún elemento magnético (16) quede insertado en el hueco de la bobina (17) correspondiente.
- 50
6. El dispositivo de la reivindicación 5, en el que dichos medios piezoeléctricos consisten en una capa de material piezoeléctrico (14); en el que dicha estructura superior tiene una superficie superior a (11a) dirigida a que un vehículo transite sobre ella y una estructura inferior (11b) a la que se fija cada bobina (17); en el que dicha estructura inferior comprende una plataforma inferior (13) que tiene una superficie superior (13a) que mira a la superficie inferior (11b) de la estructura superior y una superficie inferior (13b) cubierta por dicha capa de material piezoeléctrico (14), estando dirigida dicha estructura inferior a fijarse sobre la superficie de la carretera de
- 65

- modo que dicha capa de material piezoeléctrico (14) esté comprendida entre dicha plataforma inferior (13) y dicha superficie de carretera;
y en el que dichos medios elásticos (15) se interponen entre la superficie inferior (11b) de la estructura superior y la superficie superior (13a) de la plataforma inferior (13).
- 5 7. El dispositivo de la reivindicación 6, en el que cada elemento magnético (16) se fija sobre la superficie superior (13a) de la plataforma inferior (13) en una primera posición respectiva;
y en el que cada bobina (17) se fija sobre la superficie inferior (11b) de la estructura superior en una segunda posición respectiva de modo que, cuando la estructura superior se aproxima a la plataforma inferior (13) bajo la acción de la fuerza ejercida por el vehículo, el elemento magnético (16) correspondiente fijado en la primera posición respectiva sobre la superficie superior (13a) de la plataforma inferior (13) se inserta en el hueco de dicha bobina (17).
- 10 8. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, en el que dicha plataforma inferior (13) está hecha de fibra de carbono.
- 15 9. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5-8, en el que dicha estructura superior comprende dos plataformas superiores (11) mutuamente acopladas por medio de un sistema deslizante (12).
- 20 10. El dispositivo de la reivindicación 9, en el que cada plataforma superior (11) está hecha de fibra de carbono.
11. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5-10, en el que dichos medios elásticos (15) comprenden al menos un amortiguador o muelle.
- 25 12. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3-11, que comprende además un sistema electrónico rectificador en semionda doble con condensador de filtrado configurado para:
- 30 - adquirir el primer voltaje eléctrico respectivo inducido en cada bobina (17);
- adquirir y rectificar el tercer voltaje eléctrico respectivo inducido sobre cada bobina (17);
- adquirir el segundo voltaje eléctrico generado por el medio piezoeléctrico (14);
- proporcionar un voltaje de salida obtenido por la adición de cada primer voltaje eléctrico adquirido, cada tercer voltaje eléctrico adquirido y rectificado y el segundo voltaje eléctrico adquirido.
- 35 13. El dispositivo de la reivindicación 12, que comprende además un acumulador acoplado a dicho sistema electrónico rectificador en semionda doble con condensador de filtrado; estando configurado dicho acumulador para:
- 40 - adquirir dicho voltaje de salida desde dicho sistema electrónico rectificador en semionda doble con condensador de filtrado; y
- almacenar dicho voltaje de salida adquirido.
- 44 14. El dispositivo de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que los devanados de cada bobina (17) están hechos de cobre.
- 45 15. El dispositivo de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que cada elemento magnético (16) es un imán permanente.

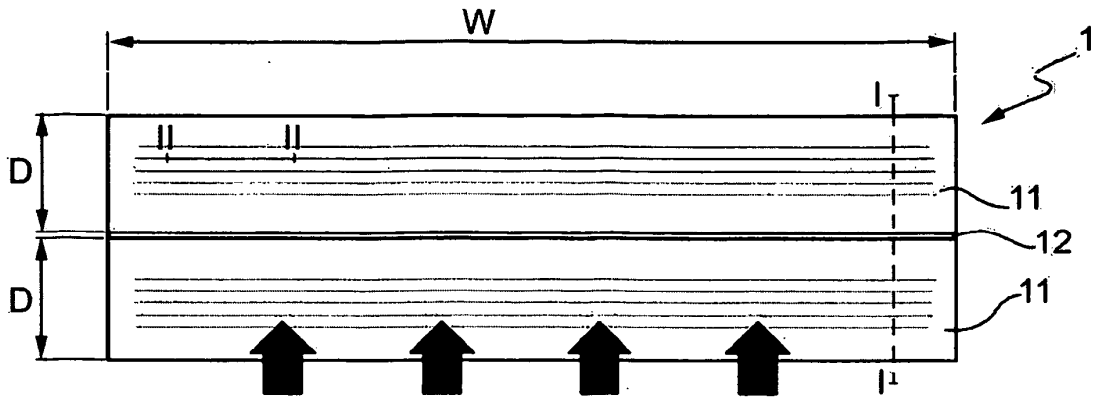


FIG.1

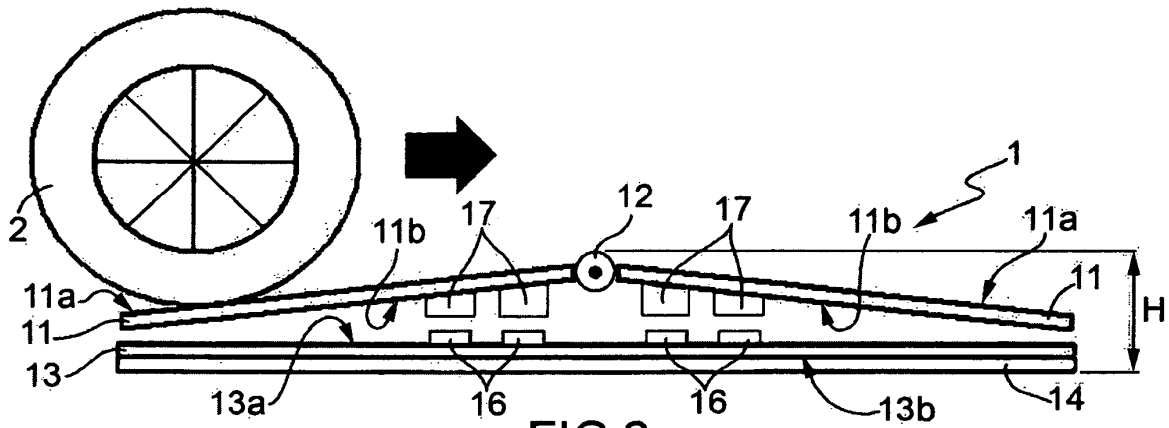


FIG.2

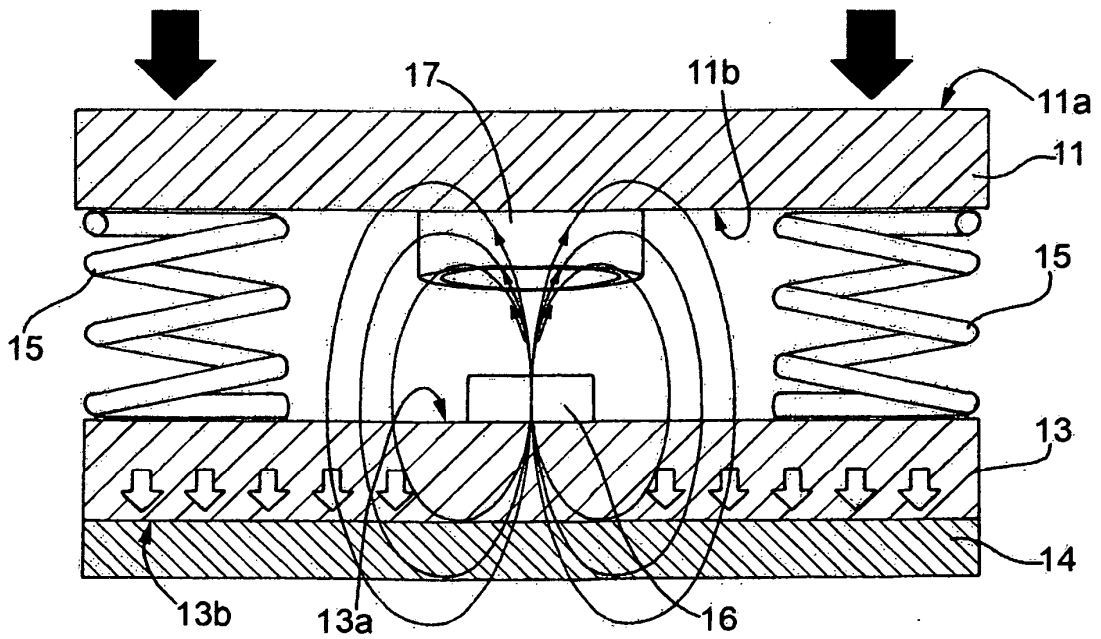


FIG.3