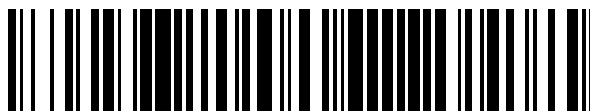


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 587 597**

51 Int. Cl.:

B60L 7/18 (2006.01)
B60L 11/00 (2006.01)
B60L 11/18 (2006.01)
H02J 1/14 (2006.01)
H02J 7/34 (2006.01)
H02J 3/28 (2006.01)
H02J 3/32 (2006.01)
B60L 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.09.2011** **PCT/EP2011/066037**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.06.2012** **WO12084282**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.09.2011** **E 11757326 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.05.2016** **EP 2655121**

54 Título: **Método de ajuste de potencia absorbido por al menos un vehículo alimentado eléctricamente**

30 Prioridad:

23.12.2010 EP 10290675

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

25.10.2016

73 Titular/es:

SIEMENS S.A.S. (100.0%)
40 avenue des Fruitières
93527 Saint-Denis Cedex, FR

72 Inventor/es:

CHATTOT, ERIC;
EL FASSI, SAID;
BAVARD, XAVIER y
VERHILLE, JEAN-NOËL

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 587 597 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

Método de ajuste de potencia absorbido por al menos un vehículo alimentado eléctricamente

La presente invención se refiere principalmente a un método de ajuste de potencia absorbido por al menos un vehículo alimentado eléctricamente, según el preámbulo de la reivindicación 1 y un ordenador asociado.

- 5 Los sistemas de alimentación de energía de tracción de una línea de metro u otras formas de transporte público (tranvía, trolebús, autobuses guiados, trenes, vehículos autoguiados (sin chófer), etc.) sufren fluctuaciones energéticas que principalmente dependen del número de vehículos en línea así como de su sincronismo. El consumo energético, que aumenta con el número de vehículos, no es constante y depende en gran medida de las fases de funcionamiento (aceleración, velocidad de paso, desaceleración) de los vehículos. Estas variaciones
- 10 rápidas de energía son el origen de crestas de potencia suministradas por las instalaciones fijas. Estas crestas de potencia tienen una acción preponderante sobre la calidad de la distribución de energía de la línea, pero también sobre las pérdidas en línea que aumentan y afectan al rendimiento energético global de la red de transporte público. También es necesario anotar que, en numerosos casos, dichas crestas originan sanciones contractuales con el proveedor de energía.
- 15 Tomando el ejemplo de una línea de metro, el dimensionamiento de las instalaciones de distribución de energía de la línea, calculado para la capacidad máxima del número de vehículos, autoriza la explotación de la línea en todos los modos de funcionamiento (horas punta y horas de poca actividad). El dimensionamiento de dichas instalaciones debe tener en cuenta las crestas de potencia con el fin de garantizar la disponibilidad y la fiabilidad de la red de transporte. Para remediar la disminución de la calidad de distribución de energía por los carriles de alimentación, las
- 20 alimentaciones («feeders») están generalmente instalados puntualmente a lo largo de la línea para limitar caídas demasiado fuertes de tensión, así como pérdidas en línea. En cuanto al compromiso contractual con el proveedor de energía, actualmente existen dos soluciones, con el fin de superar los problemas precitados:

1) abono sobredimensionado ante el proveedor, pero más caro

- 25 2) abono dimensionado con la mayor precisión ante el proveedor, pero sanción aplicable en caso de rebasamiento de potencia.

Estos imperativos contractuales, frente a las obligaciones de realización, constituyen un dilema difícil de resolver. En ambos casos, los consumos excesivos se efectúan y por lo tanto también presentan desventajas para el medio ambiente en cuanto a las medidas globales de reducción de la necesidad energética.

- 30 Se observa en el documento WO 2009/153416 A1 (SIEMENS TRANSPORTATION SYSTEMS SAS) del 23 de diciembre de 2009 que describe el preámbulo de la reivindicación 1, donde un sistema de transporte para el que la red de alimentación es regulada a una potencia media en función del tráfico y para el que una unidad de almacenamiento en el suelo abastece una potencia de cresta a dicha red.

- 35 Un objetivo de la presente invención es proporcionar un método cuyo fin es minimizar fuertes cresta de potencia absorbidas durante el impulso de corriente a por lo menos un vehículo. Con el mismo objetivo, se trata además de poder respetar un marco de consumo respetuoso de las condiciones de un proveedor de energía y así también del medio ambiente, evitando consumos energéticos excesivos.

Este método se presenta a través de las características de la reivindicación 1.

A partir de un método de ajuste de potencia absorbido por lo menos por un vehículo alimentado por al menos:

- una unidad de almacenamiento de energía eléctrica,
- 40 - una red eléctrica en el suelo que abastece al vehículo por lo menos de una corriente de impulso útil para poner en marcha el vehículo, la invención prevé que antes y por lo menos durante la puesta en marcha del vehículo, la corriente de impulso se ajuste a un valor medio constante y las variaciones de dicha corriente de impulso alrededor del valor medio son mantenidas mínimas controlando por lo menos una aportación variable de compensación de energía de la unidad de almacenamiento de energía de dicho vehículo.
- 45 El valor medio constante esta dimensionado bajo un umbral máximo de consumo autorizado por el proveedor. Cualquier impulso de corriente que necesita rebasar este umbral, como en forma de cresta de potencia, es así ventajosamente compensado por la aportación variable energética capaz de abastecer de energía al vehículo con toda independencia de la red eléctrica relacionada con el proveedor. Esto demuestra que las condiciones contractuales y físicas de un proveedor son respetadas y adaptando el umbral para permanecer por debajo de un

nivel mínimo maximizando la aportación variable, las economías energéticas son así rentables para un gerente de transporte público así como para el medio ambiente.

Un conjunto de subreivindicaciones también presenta ventajas a la invención.

5 Hay varios medios ventajosos de poner en práctica el método según la invención que pueden ser utilizados dinámicamente en combinación lineal con arreglo a su estado de almacenamiento energético instantáneo. Entre ellos:

10 - la unidad de almacenamiento de energía suministra energía desde una estructura en el suelo hacia el vehículo: se trata, por ejemplo, de ajustar la aportación variable requerida en complemento de la corriente de impulso constante suministrada por el proveedor por medio de la unidad de almacenamiento de energía en la estación, por ejemplo, equipada de supercondensadores u otra baterías recargables (a las horas de poca actividad).

15 - la unidad de almacenamiento de energía está instalada a bordo de al menos un vehículo: es posible, en efecto, liberar la aportación variable de energía si un exceso de energía se almacena por ejemplo en una supercapacidad o en una batería embarcada. En efecto, es conocido que muchos tipos de vehículo contienen en nuestros días un dispositivo de almacenamiento instalado a bordo (autobús, tranvía, metro, etc.) y esta característica hace ventajosamente aplicable el método según la invención por liberación de energía del mismo vehículo.

20 En el mejor de los casos, la unidad de almacenamiento de energía almacena y suministra energía por medio de un elemento capacitivo de fuerte potencia como por lo menos un supercondensador. Este tipo de almacenamiento está perfectamente bien adaptado para suministrar energía en forma de potencia en cresta y tiene la ventaja de ser también recargable en una duración corta y con una fuerte potencia, pero también en una duración más larga sin necesitar así una fuerte potencia, por lo tanto en fase de horas de poca actividad donde el consumo posible de energía para el recargo (por ejemplo de la red proveedora) puede ser más económico.

Asimismo, la unidad de almacenamiento de energía es recargable mediante la recuperación de energía que proviene por lo menos de una de las fuentes siguientes:

25 - del vehículo, idealmente durante su frenado;
- de la red eléctrica en el suelo, fuera de una fase de puesta en marcha del vehículo, idealmente en horas de poca actividad de circulación.

Este recargo así predictivo está por tanto previsto con el fin de poder paliar las llamadas ulteriores de corriente muy fuerte, sujetas a cresta de potencia.

30 Con el fin de poder determinar el valor medio constante requerido así como la aportación variable de energía asociada y disponible, la unidad de almacenamiento de energía esta ventajosamente controlada por un algoritmo de dimensionamiento (en forma de un ordenador) de la necesidad energética, tomando en consideración un esquema del tráfico de una pluralidad de vehículos, el valor medio de la corriente de impulso tan mínimo como sea posible y los recursos en aportación variable de energía y, si está disponible, un grupo de unidades complementarias de almacenamiento de energía, este grupo esta desde luego idealmente desacoplado por una aportación simultánea del proveedor.

35 A título de ejemplo muy ventajoso, el grupo de unidades complementarias de almacenamiento de energía puede comprender un número adaptable de unidades de almacenamiento instaladas a bordo de los vehículos en parada o hasta aparcados en una zona de garaje / mantenimiento / reparto, en particular a horas de poca actividad de circulación. Estas unidades "pasivas con respecto al tráfico" permiten así abastecer por lo menos una contribución para la aportación variable de energía (contra las crestas de potencia) requerida a la red de transporte público "activa" (vía los carriles / catenarias).

40 Dicho algoritmo de dimensionamiento sigue idealmente una lógica de minimización del pico de potencia procedente de la red eléctrica en el suelo mediante la compensación de dichos picos por las aportaciones variables energéticas distribuidas por lo menos por una unidad de almacenamiento de energía, en particular en el momento de puesta en marcha de los vehículos. Según este principio, el algoritmo de dimensionamiento sigue una lógica de minimización del valor medio de la corriente de impulso, por lo menos para mantener dicho valor igual o inferior a un umbral objetivo de consumo energético concedido por un distribuidor de la red eléctrica en el suelo. Cuanto más detecte el algoritmo las fuentes susceptibles de contribuir a maximizar la aportación variable, más conseguirá minimizar ventajosamente el umbral objetivo del valor medio de la corriente de impulso sujeto a una o varias crestas de potencia súbitas. Por último, la invención prevé un ordenador para la puesta en funcionamiento del método que comprende un módulo de determinación de la corriente de impulso alrededor de un valor medio impuesto por la red

eléctrica en el suelo y un módulo de control de las variaciones impuestas en los niveles de almacenamiento y de suministro de energía de por lo menos una unidad de almacenamiento de energía con el fin de poder regular la aportación variable potencialmente disponible contra una previsión de la cresta de potencia esperada. Este ordenador es un soporte ideal para ejecutar el algoritmo de dimensionamiento anteriormente mencionado que lleva a la compensación de las crestas de potencia requeridas limitando el impulso de corriente a un valor umbral aceptable.

Es posible prever que el módulo de determinación y el módulo de control están instalados a bordo, en particular en aplicaciones de transporte público cuyos vehículos disponen de medios de comunicaciones apropiados y que interactúan entre ellos y/o vía una red de comunicación en el suelo. Así, un grupo de vehículo de una línea de metro que tiene un recurso disponible de energía instalado a bordo puede así responder a la aportación variable útil durante un impulso de corriente de uno de los vehículos. Durante períodos libres de crestas frecuentes de potencia, dichos vehículos tratan de recargar (autónomamente o desde la red proveedora en relación con el consumo máximo autorizado) su unidad de almacenamiento instalada a bordo con el fin de poder prever un próximo impulso de corriente sujeto a cresta. Para sacar provecho de todo recurso disponible vehículo / suelo y permitir transmitir los controles de carga / descarga, el ordenador puede ser simplemente conectado a una interfaz de comunicación entre suelo y vehículo.

Para la aplicación del método según la invención, los sistemas de almacenamiento de energía por supercondensadores representan hoy soluciones muy prometedoras, no sólo como elementos complementarios a las subestaciones no reversibles, sino también como compensadores activos de las caídas de tensión, generadoras de puntos de corriente, a los puntos sensibles de las redes de alimentación.

Un primer enfoque para tal sistema es así disponer, en los lugares sensibles de la línea (generalmente en trozos de línea), una subestación para el almacenamiento energético, para compensar caídas óhmicas de tensión (características de los sistemas de alimentación a corriente continua) y asegurar una recuperación del frenado eléctrico de los vehículos en todos los modos de funcionamiento (también en horas de poca actividad). Esta solución tiene así como principal ventaja la de hacer soportar los picos de corriente a las unidades de almacenamiento del suelo. Resulta entonces un redimensionamiento de la alimentación al suelo (transformador y rectificador) adaptado a una potencia media. Este tipo de solución, a pesar de la mejora del rendimiento global de la línea en particular sobre el frenado eléctrico, no impide, no obstante, los impulsos de corriente asociados a la aceleración del vehículo. Las caídas de tensión en las barras de alimentación de la línea que le inducen pueden entonces provocar la instalación de uno o varios dispositivos que integran las unidades de almacenamiento en el suelo con el fin de controlar la tensión suministrada por los carriles de distribución en los diferentes puntos sensibles de la línea.

El segundo enfoque para un sistema de este tipo, que contiene unidades de almacenamiento instaladas a bordo, puede parecer complementario al primer enfoque, pero sin embargo se presenta más atractivo en muchos aspectos. Por su capacidad de almacenamiento instalado a bordo (almacenamiento "de energía" se sobreentiende), presenta la ventaja de abastecer el complemento energético inherente a la fase de aceleración de un tren, por ejemplo de las unidades de metro. Con estas condiciones, los picos de corriente entonces no se sostienen más por los carriles de distribución sino por los equipos de gestión de las unidades de almacenamiento instaladas a bordo. Las caídas de tensión en los carriles de distribuciones entonces se reducen y la adición de alimentadores entonces ya no es necesario. Otro aspecto es relativo a la independencia energética inducida por los equipos de almacenamiento instalados a bordo, lo que no permite el primer enfoque. Cada recurso de almacenamiento instalado a bordo, dedicado a los equipos de tracción del vehículo, abastece entonces la energía complementaria relacionada con cada aceleración del vehículo lo que no excluye de ningún modo la posibilidad de abastecer energía a otro vehículo. En el primer caso (almacenamiento en el suelo), la explotación de N vehículos puede ser el origen de un pico de corriente igual a N veces la de un vehículo, para que los vehículos estén sincronizados. En el segundo enfoque, los picos de corriente sostenidos por la línea no existen, cualquiera que sea el número de vehículos en línea (sincronizados o no) lo que es muy ventajoso para el dimensionamiento y las realizaciones del sistema. El dimensionamiento de los equipos del suelo se efectúa entonces sobre la base de un consumo medio multiplicado por el número de vehículos.

Los dispositivos de almacenamiento instalados a bordo constan de convertidores eléctricos y proporcionan de hecho, una gran flexibilidad de maniobra. Pueden ser colocadas diferentes estrategias de control con el fin de optimizar el consumo energético de cada vehículo y así suprimir las crestas de potencia toleradas por las instalaciones fijas. En estas condiciones, las pérdidas en línea se reducen considerablemente y no necesitan más la adición de alimentadores. Otro aspecto se refiere al mantenimiento de la tensión de los carriles de alimentación que, por la supresión de los picos de corriente, permite obtener un rendimiento mejorado. Todas estas razones conducen a no sobredimensionar más las instalaciones de abastecimiento de energía. La supresión de las crestas de potencia se apoya en un algoritmo de dimensionamiento y de control de las unidades de almacenamiento instaladas a bordo que, para cada interestación, imponen una potencia absorbida constante en caso de impulso de corriente. Las unidades de almacenamiento instaladas a bordo proveen desde entonces al complemento energético (aportación variable regulada) con el fin de satisfacer las fases de funcionamiento relativas al recorrido del vehículo (aceleración, etapa de velocidad y desaceleración) y que requieren una potencia instantánea fluctuante.

Ejemplos de realización y de aplicación se proporcionan con la ayuda de las figuras:

Figuras 1A, 1B Ejemplos de cresta de potencia del estado de la técnica,

Figuras 2A, 2B, 2C, 2D Ejemplos de puesta en funcionamiento del método según la invención.

5 La figura 1A representa un perfil de corriente I (A) requerido y absorbido por un vehículo que se desplaza con arreglo al tiempo t (s). La figura 1B representa un perfil asociado de velocidad V (m/s) de dicho vehículo en función del tiempo t (s). El método según la invención no ha sido aplicado sobre estas dos simulaciones.

10 Los resultados de estas dos simulaciones muestran bien el impulso de corriente que debe librar una subestación (Fig. 1.a). Este impulso existe durante toda la fase de aceleración del vehículo (principalmente en la puesta en marcha del vehículo entre $t=0s$ y $t=40s$). Los equipos de aportación energética de subestaciones deben ser dimensionados para soportar este tipo de sobrecarga sabiendo que varios vehículos pueden arrancar al mismo tiempo. Este impulso de corriente es por otro lado nefasta para la calidad de la distribución de energía, porque induce a caídas de tensión en las barras de distribución. En conclusión, los impulsos de corriente necesitan un sobredimensionamiento de las instalaciones (subestaciones) así como la colocación de eventuales alimentadores cuando las caídas de tensión en las barras de distribución son demasiado altas. Estos dos aspectos aumentan de esta manera los costes de instalación y de gestión de una línea de transporte público.

20 La figura 2A representa un perfil de corriente I (A) requerido y absorbido por el mismo vehículo que se desplaza con arreglo al tiempo t (s). La figura 1B representa un perfil asociado de velocidad V (m/s) de dicho vehículo en función del tiempo t (s). El método según la invención ha sido aplicado a este conjunto de nuevas simulaciones. Para ilustrarlo, la figura 2C representa la contribución en forma de aportación variable de energía (adicionalmente al valor medio constante - aproximadamente 385 A - de la figura 2A) que proviene de la unidad de almacenamiento de energía (aquí instalada a bordo como un supercondensador). Hay que recordar, que una corriente negativa significa el abastecimiento de energía de la unidad de almacenamiento instalada a bordo (entre $t= 18$ y $40s$); una corriente positiva prueba la carga de las unidades de almacenamiento instaladas a bordo (entre $t=0$ y $18s$ y entre $t=60$ y $70s$).

25 La simulación muestra que la corriente suministrada por los carriles de alimentación (Fig.2A) es, al régimen transitorio, constante (385 A). Se proporcionan las necesidades relacionadas con la propulsión del vehículo (Fig. 2B), en complemento de las suministradas por los carriles (red proveedora), por las unidades de almacenamiento instaladas a bordo (Fig.2C). La aceleración (puesta en marcha) del vehículo se acompaña de un impulso de corriente que, esta vez, es sostenida por las unidades de almacenamiento instaladas a bordo (Fig.2C, entra $t=18$ y $40s$). Del algoritmo de cálculo que impone un impulso de corriente de ajuste al valor medio fijo absorbido por el vehículo (corriente carriles / proveedor), se deduce una corriente aditiva variable sostenida por las unidades de almacenamiento instaladas a bordo. En estas condiciones, el dimensionamiento de las subestaciones no necesitan más tomar en consideración el impulso de corriente (corriente constante en los carriles). Del mismo modo, la instalación eventual de alimentadores no es más necesaria para el buen funcionamiento del sistema. La Figura 1D representa por fin una tensión ("scaps") de una unidad de almacenamiento instalada a bordo que abastece la

30

35 aportación variable de energía.

REIVINDICACIONES

1. Método de ajuste de potencia absorbido por al menos un vehículo alimentado por al menos:
 - una unidad de almacenamiento de energía eléctrica,
- 5
 - una red eléctrica en el suelo que proporciona al vehículo por lo menos una corriente de impulso necesaria para poner en marcha el vehículo, caracterizada porque,
 - la unidad de almacenamiento de energía eléctrica está instalada a bordo de por lo menos dicho vehículo,
 - antes y por lo menos durante la puesta en marcha del vehículo, la corriente de impulso se ajusta a un valor medio constante y las variaciones de dicha corriente de impulso alrededor del valor medio son mantenidas mínimas
- 10
 - pidiendo por lo menos una aportación variable de compensación de energía de la unidad de almacenamiento de energía de dicho vehículo.
2. Método según la reivindicación 1, por el que la unidad de almacenamiento de energía suministra energía desde una estructura en el suelo hacia el vehículo.
3. Método según una de las reivindicaciones precedentes, por el que la unidad de almacenamiento de energía es recargable por la recuperación de energía que proviene por lo menos de una de las fuentes siguientes:
 - del vehículo, idealmente durante su frenado;
 - de la red eléctrica en el suelo, fuera de una fase de puesta en marcha del vehículo.
- 15
4. Método según una de las reivindicaciones precedentes, por el que la unidad de almacenamiento de energía almacena y suministra energía por medio de un elemento capacitivo de fuerte potencia como por lo menos un supercondensador.
- 20
5. Método según una de las reivindicaciones precedentes, por el que la unidad de almacenamiento de energía es controlado por un algoritmo de dimensionamiento de la necesidad energética, tomando en consideración un esquema del tráfico de una pluralidad de vehículos, el valor medio de la corriente de impulso y, si está disponible, un grupo de unidades complementarias de almacenamiento de energía.
- 25
6. Método según la reivindicación 5, por el que el grupo de unidades complementarias de almacenamiento de energía comprende un número adaptable de unidades de almacenamiento instaladas a bordo de vehículos que están parados o aparcados en una zona de garaje, en particular en horas de poca actividad de circulación.
7. Método según la reivindicación 5 o 6, por el que el algoritmo de dimensionamiento sigue una lógica de minimización del pico de potencia procedente de la red eléctrica en el suelo, mediante la compensación de dichos picos por aportaciones energéticas distribuidas por al menos una unidad de almacenamiento de energía, en particular durante la puesta en marcha del vehículo.
- 30
8. Método según la reivindicación 5 o 6, por el que el algoritmo de dimensionamiento sigue una lógica para minimizar el valor medio de la corriente de impulso, por lo menos para mantener dicho valor igual o inferior a un umbral objetivo del consumo energético concedido por un distribuidor de la red eléctrica en el suelo.
- 35
9. Ordenador para la puesta en funcionamiento del método según una de las reivindicaciones precedentes, que comprende un módulo para la determinación de la corriente de impulso alrededor de un valor medio impuesto por la red eléctrica en el suelo y un módulo para el control de las variaciones impuestas en los niveles de almacenamiento y de suministro de energía de al menos una unidad de almacenamiento de energía.
- 40
10. Ordenador según la reivindicación 9, por el que el módulo de determinación y el módulo de control están instalados a bordo.
11. Ordenador según la reivindicación 9 o 10, conectado a una interfaz de comunicación entre el suelo y el vehículo.

FIG 1A

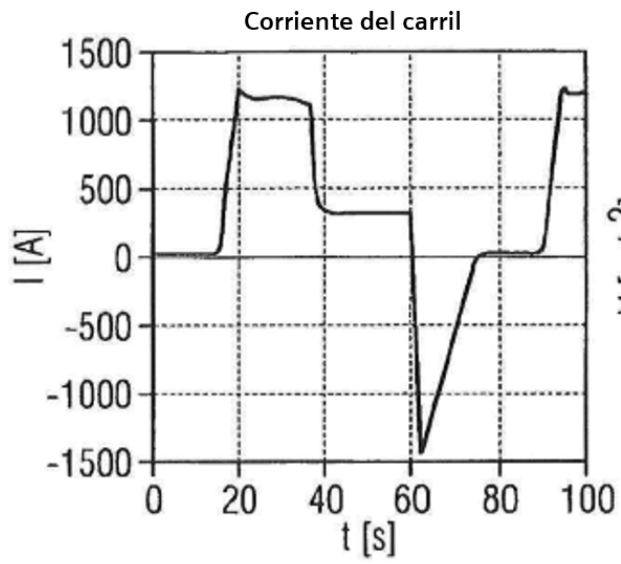


FIG 1B

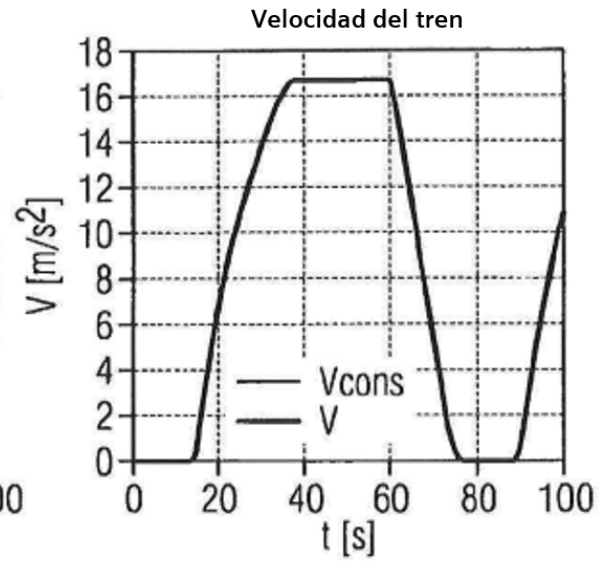


FIG 2A

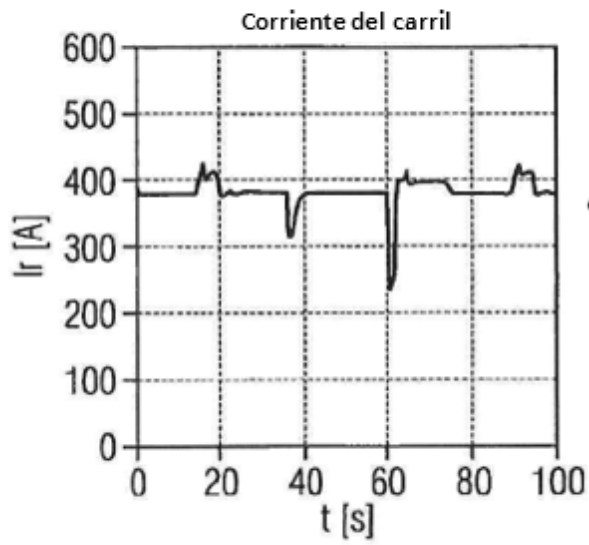


FIG 2B

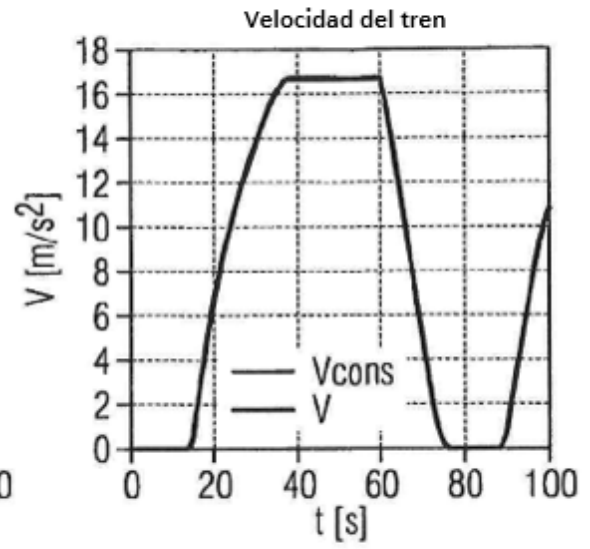


FIG 2C

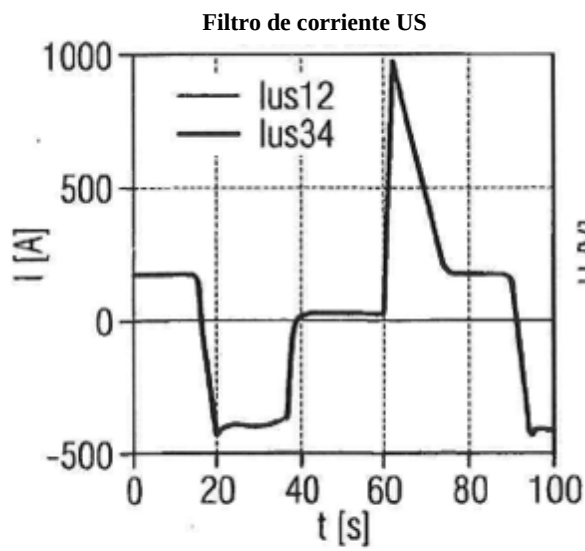


FIG 2D

