

406510

8 SET. 1972



PATENTE DE INTRODUCCION

Order Letter No. 4609

406510

*Memoria Descriptiva*

*sobre:*

Perfeccionamientos en sistemas de suspensión  
y propulsión magnética.

.....

*Solicitante* ROHR INDUSTRIES, entidad norteamericana, residente en  
P.O. Box 878, Chula Vista, California 92012, EE.UU. de A.

.....

Pat. Cl.: H02P//H02K, B60V

El presente invento se refiere a un aparato de sus-  
pensión y propulsión y, de un modo particular, a medios  
para controlar un cuerpo suspendido con relación a su sepa-  
ración de un elemento fijo y a su movimiento respecto a

POOR  
QUALITY

- 8 SET. 1972



406510

dicho elemento.

Específicamente, el presente invento tiene su mayor aplicación en el campo donde se mantienen cuerpos en suspensión contra la gravedad de la tierra por diversos medios como son.

5. las fuerzas magnéticas. El invento se describirá con relación a un sistema o instalación de transporte y, específicamente, a un sistema de transporte que se caracteriza porque el vehículo transportado se suspende magnéticamente de un carril de guía. No obstante, los amplios conceptos del invento tendrían también
10. aplicación, con igual efecto, en una instalación donde el vehículo transportado se suspendiera del elemento de guía por otros medios distintos a las fuerzas magnéticas. En cualquier sistema de transporte que emplee suspensión del vehículo de transporte con relación al elemento de guía, existe la ventaja de evitar
15. el contacto físico entre el vehículo y el elemento de guía, eliminando de éste modo la necesidad de ruedas u otros elementos de rodadura para sostener el peso del vehículo de transporte y guiar el vehículo a lo largo del recorrido del elemento de guía. Dichos sistemas de transporte se han desarrollado utilizando tanto fuerzas magnéticas como vehículos de colchón de
20. aire.

Uno de los problemas de éste tipo de sistema de transporte, utilizando un vehículo suspendido contra la gravedad de la tierra con relación a un elemento de guía, es el de mantener constantemente la separación conveniente entre el vehículo y el elemento de guía para evitar el contacto entre los mismos. Esto se ha resuelto en la tecnología anterior utilizando controles o mandos eléctricos que desarrollan una señal de control dependiente de la separación entre el vehículo y el elemento de guía para afectar a la fuerza primaria que mantiene el

- 25.
- 30.

8 SET. 1972



406510

5.

vehículo y el elemento de guía separados y mantienen, por lo tanto, un control de la separación entre ambos. Un ejemplo de dichos controles sería la utilización del elemento de guía y sensores en el vehículo para desarrollar una señal de control sensible a la inductancia o la capacitancia, cuyas características cambian al variar el espacio entre el vehículo suspendido y el elemento de guía.

10.

A pesar de que dichos controles han demostrado ser razonablemente eficaces, existe la tendencia de crear oscilación del vehículo suspendido y, por lo tanto, la tecnología anterior ha empleado un control adicional que es, de hecho, un control sobre control que detecta adicionalmente la velocidad de desplazamiento o el cambio en el estado de energía del medio de suspensión. De una forma específica, según la tecnología anterior, el control primario se obtiene por medio de un circuito de realimentación que produce una señal de control al variar la capacitancia o la inductancia. El control adicional introduce entonces variables adicionales en el circuito de realimentación para evitar la oscilación del vehículo o limitar el alcance del control primario.

15.

20.

En un tipo de sistema de transporte que elimine la fricción de rodadura, es concebible que los vehículos se puedan mover con relación al elemento de guía a velocidades extremadamente elevadas. Esto introduce el problema de que los controles de realimentación no solamente han de ser de precisión sino también de acción rápida porque cualquier señal detectada por el control de realimentación a grandes velocidades no corregiría probablemente la separación entre el vehículo y el elemento de guía a tiempo. Los sistemas conocidos por la tecnología para este control confían en una señal de

25.

30.

- 8 SET. 1972



406510

5. control de realimentación de la posición básica y variaciones de señal secundaria derivada de la misma. Cuando las variaciones de la señal secundaria se imponen sobre la señal de control de la posición básica, surgen problemas en alimentar la señal de control a la fuerza de suspensión básica para evitar que la separación entre el vehículo y el elemento de guía se vuelva crítica.

10. Los solicitantes de la presente han descubierto que dichos problemas se pueden evitar haciendo que la señal de control secundaria sea una señal que se produzca independientemente de la señal de control básica y, por lo tanto, no esté en función ni dependa de la misma. Específicamente, los solicitantes utilizan una señal de control secundaria generada por un sensor que detecta la posición del vehículo con relación a un punto fijo en el espacio, en lugar de confiar en la detección de la posición del vehículo con relación al elemento de guía. Así, la desviación del vehículo a partir de un punto fijado en el espacio se verifica constantemente para producir una señal que se alimenta a la señal de control básica y se utiliza como control compuesto para mantener la separación deseada.

15. Una ventaja adicional del presente invento es que el campo de suspensión magnética se desarrolla mediante electroimanes que sirven también como motores de reluctancia variable, inductancia lineal o del tipo de histéresis para la propulsión del vehículo a lo largo del carril de sustentación

20. Las características y objeto del invento resultarán mas evidentes a los expertos en la materia por la descripción que sigue de los dibujos adjuntos, en los que:

30. La figura 1, es una vista en perspectiva de un motor

406510

- 5 -



lineal suspendido con relación a un raíl coactivo.

La figura 2 es una vista en planta esquemática de un motor, e ilustra sus devanados polifásicos.

5. La figura 3, es un esquema de conjuntos de la instalación eléctrica completa, incluyendo el motor, elementos sensores y circuito de realimentación.

La figura 4A es un esquema eléctrico principalmente de la parte superior del esquema de conjuntos ilustrado en la figura 3.

10. La figura 4B es un esquema eléctrico principalmente de la parte inferior del esquema de conjuntos ilustrado en la figura 3.

15. La figura 5, es un gráfico que ilustra la variación de voltaje, corriente y flujo con respecto al tiempo según se desplaza la masa (vehículo y motores) desde la base o terreno hasta el espacio de separación de aire de funcionamiento deseado entre el motor y el carril, y para mantener el espacio de separación de funcionamiento.

20. La figura 6, es un gráfico que ilustra la variación de voltaje y frecuencia con respecto a la velocidad de traslación del vehículo y el motor a lo largo del carril.

La figura 7, es una vista en planta de un tramo de carril bobinado, eléctricamente activo de suministro de energía.

25. La figura 8, ilustra de un modo similar un tramo de carril para el tipo de motor de inducción.

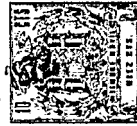
La figura 9, ilustra de un modo similar un tramo de carril para el tipo de motor de histéresis uniforme.

30. La figura 1 ilustra los aspectos esenciales de suspensión y propulsión de éste invento.

406510

- 6 -

- 8 SET.



5. El motor 1 está compuesto por una pluralidad de chapas ferromagnéticas de configuración lineal similares a las empleadas en motores eléctricos rotatorios de tipo conocido. Estas chapas magnéticas se sujetan en haz por medios conocidos, por ejemplo pernos, no ilustrados. Una pluralidad de ranuras transversales 3 se forman en la parte superior de todas las laminaciones. En las ranuras se coloca una pluralidad de bobinas 4. Con éste invento es normal una energía eléctrica polifásica que fluye en una estructura conductora polifásica. Con fines de ilustración y descripción se emplearán tres fases.

10. Cada bobina puede tener varias espiras. El paso de devanado es igual al paso polar en el carril 2. Un polo consiste en una ranura 5 y un "resalte". Este polo representa una discontinuidad magnética sucesiva a lo largo del carril. En una modalidad el paso polar es de 127 mm. La ranura tiene, por consiguiente, una longitud de 63,5 mm. El motor está provisto de tres juegos de devanados conectados en serie para las fases A, B y C.

15. Se puede recurrir a otros términos medios entre fuerza de elevación y fuerza de propulsión. Cuanto mayor sea la zona del resalte tanto mayor será la fuerza de elevación, a costas de la fuerza de propulsión. La fuerza de elevación es una fuerza de atracción entre el motor y el carril y se activa por la suma de las corrientes en todas las bobinas. La fuerza de propulsión utiliza la diferencia en reluctancia de los trayectos desde el motor hasta el carril a través del resalte comparado con los trayectos a través de una ranura 5. Cuando la distribución de corriente en las tres fases de las bobinas cambia debido a la variación en el tiempo de la electricidad de corriente alterna trifásica, se altera la posición del equi

20.

25.

30.

406510

- 7 -



- 8 SET. 1972

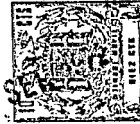
5. libro magnético estable y el motor se mueve correspondientemente para conservar el trayecto general de reluctancia mínima. Las bobinas para las fases A, B y C avanzan por orden descendente en la estructura del motor. Normalmente, el carril tiene laminaciones longitudinales de un modo similar al del motor y puede tener la misma anchura o una anchura ligeramente reducida. Dicha laminación reduce las pérdidas por corrientes parásitas en el carril; por lo tanto, se refleja menos pérdida en el motor y éste suministra menos pérdida también.

15. Se pueden emplear variaciones de importancia menor en la estructura del carril. El carril puede estar escotado o sin escotar y puede estar provisto de una placa de conductores de aluminio para funcionar como un motor de inducción de jaula de ardilla. El carril puede estar desprovisto de escotaduras, en cuyo caso la combinación de motor-carril actúa como un motor de histéresis.

20. Según se expondrá más adelante se emplea un mínimo de dos motores 1 para un dispositivo monorraíl de vehículo suspendido y un mínimo de cuatro motores para un dispositivo de dos carriles con vehículo sobre carriles. Para sostener el carril o carriles se emplean soportes apropiados que no supongan un estorbo mecánico. En monorraíl el vehículo se puede suspender directamente por debajo de los motores. En una vía de dos carriles, los motores se unen a soportes en C para colocar los motores por debajo del carril cuando la caja del vehículo se encuentra por encima del carril.

25. El contacto entre la rueda de ferrocarril normal y el carril es solamente una línea transversal. El contacto efectivo entre el motor 1 y el carril 2 puede tener hasta 91,4 cm. Así, para llevar la misma carga, el carril 2 solo necesita te-

30.



406510 - 8 -

ner una fracción de la rigidez de un carril de ferrocarril normal.

5. La figura 2 es una vista en planta esquemática del lado superior del motor 1 e ilustra el esquema de devanado de las bobinas plifásicas.

10. Las bobinas estaban indicadas genéricamente por el número 4 en la figura 1. En la figura 2 éstas se subdividen en la bobina 11, ilustrada con líneas sólida, para  $\phi$  A; bobina 12, ilustrada como una línea de rayas para  $\phi$  B; y bobina 13, ilustrada como una línea de puntos, para  $\phi$  C. Cada una de estas bobinas puede tener varias espiras antes de descender por el armazón del motor hasta la posición siguiente en las ranuras. En una modalidad se emplean 144 espiras de hilo AWG N° 12 por cada bobina. El esquema del devanado es del tipo en serie.

15. La figura 3 es un esquema de conjuntos de la instalación eléctrica completa, incluyendo el motor, elementos sensores y circuito de realimentación.

20. El circuito de realimentación es alineal para compensar la alinealidad de la característica del motor en función a la longitud del espacio de separación y la frecuencia de funcionamiento de realimentación. A una frecuencia cero la impedancia del motor es resistiva. A frecuencias relativamente altas del aparato de realimentación, por ejemplo de 10 a 30 Hz (ciclos/ segundo), la impedancia es notablemente inductiva.

25. Las señales procedentes de los elementos sensores atraviesan recorridos o trayectos paralelos en parte del circuito de realimentación. La división entre los dos trayectos depende de la rapidez de la variación de la señal en cuestión.

30.

406510

- 9 -

- 8 SET.



5. La linealización resultante del circuito de realimentación proporciona una ganancia constante de todas las frecuencias de funcionamiento de la energía polifásica y, por lo tanto, a todas las velocidades de propulsión y en todas las longitudes de espacio de separación. Con esto se consigue una marcha uniforme y suave en todas las velocidades del vehículo. Un factor de importancia es que la suavidad de marcha se puede alterar por ajuste del circuito de realimentación. Para ello no es necesario cambiar la construcción del motor o de

10. cualquiera de las piezas correspondientes de la estructura.

15. La linealización del voltaje contra la función de fuerza para todas las longitudes de espacio de separación permite que sea constante la respuesta dinámica de las señales de realimentación. Esto proporciona estabilidad constante en el sistema. Las variaciones unidireccionales de las señales de realimentación modulan esencialmente la energía de propulsión.

20. Un elemento sensor 20 es un acelerómetro, que da una señal de salida por una aceleración en dirección vertical cuando el motor 1 sube o baja en el espacio sin tener en cuenta la relación del motor con el varrill. Su corriente de salida atraviesa una red de compensación 21 para alterar la respuesta de la frecuencia contra la amplitud.

25. Otro elemento sensor 22 es un transductor de posición. Este transductor da información de la longitud del espacio de separación. Puede emplear contacto mecánico o medios ópticos o sónicos para llevar a cabo la medición. La longitud del espacio de separación están comprendida normalmente entre 0 y 12,7 mm. Una segunda red de compensación 23 proporciona una referencia ajustable para la medición del espacio de separación en términos eléctricos, proporciona amplificación y di-

30.



ferenciación para dar una señal de velocidad. Ulteriormente la señal de posición se suma algebraicamente con la señal de aceleración para amplificación común.

5. La fuerza de atracción entre el motor 1 y el carril 2 es proporcional a la fuerza de la corriente que pasa a través de las bobinas del motor. Para obtener estabilidad del circuito de realimentación, esta función de segundo orden deberá ser linealizada por el circuito de raíz cuadrada 24, normalmente una entidad amplificadora de operación que emplea características de transistor alineal para dar una corriente de salida eléctrica equivalente a la raíz cuadrada de la corriente de entrada.
10. El multiplicador 25 es otra entidad amplificadora de operación donde la corriente de salida es el producto, no la suma, de dos corrientes eléctricas de entrada. La corriente de salida del circuito de raíz cuadrada y la señal de longitud de espacio de separación procedente del transductor de posición se multiplican. Esto da un voltaje que aumenta con el espacio de separación.
15. El trayecto eléctrico a través del multiplicador 25 es independiente de la frecuencia. Así, se tiene una corriente eléctrica de salida a una frecuencia cero como ocurre, por ejemplo, cuando la longitud del espacio de separación es constante entre el motor y el carril.
20. El diferenciador perfecto 26 está compuesto por un amplificador que tiene un circuito de resistencia-capacitancia para conseguir diferenciación eléctrica. El capacitor no se pone en derivación por ningún trayecto conductivo y, por lo tanto, la corriente de salida del diferenciador es de cero
25. en una frecuencia cero, o sea, en corriente continua. Esto pro
- 30.

406510 - 11 -



5. ciona un trayecto de corriente alterna con una corriente de salida sumada algebraicamente con la del multiplicador 25 y dá un voltaje en aumento al aumentar la frecuencia de realimentación, como es necesario para linealizar la respuesta del motor con la frecuencia.

10. La corriente de salida del multiplicador 25 y del diferenciador 26 son iguales a la frecuencia a la que la resistencia de corriente continua del motor iguala la reactancia de corriente alterna del mismo. A frecuencias más elevadas el flujo del motor no está en función al espacio de separación.

15. Cuando entra en juego la propulsión de cualquier elemento al que este unido el motor 1, la velocidad de propulsión es proporcional a la frecuencia de la corriente alterna trifásica suministrada a las bobinas del motor. Así, el control de velocidad 30 es el control de frecuencia del oscilador de frecuencia variable trifásico 31. En esta memoria descriptiva se ha elegido como tres fases lo que puede ser cualquier número de fases superior a dos. Las fases se separan típicamente 120 grados y los circuitos se conectan típicamente en estrella (v. g., "Y"). El oscilador debe abastecer corriente alterna desde una frecuencia cero hasta una audiodfrecuencia baja a amplitudes constantes de forma de onda esencialmente sinusoidal. Un oscilador compuesto por tres potenciómetros generadores de ondas sinusoidales movidos mecánicamente ha resultado satisfactorio en virtud a las bajas frecuencias en cuestión.

25. La corriente de salida trifásica,  $\phi$  A,  $\phi$  B y  $\phi$  C, pasa separadamente desde el oscilador hasta tres diferenciadores imperfectos 32, 33 y 34. Estos diferenciadores son normalmente el tipo de circuito de resistor de baja resistencia a masa con capacitor en serie con la adición de un resistor de resistencia

30.

406510

- 12 -



relativamente alta a través del capacitor para dar la diferenciación imperfecta. La diferenciación es imperfecta en el sentido de que se obtiene una corriente de salida a frecuencia cero. Esto es necesario en el circuito de realimentación de éste invento para vencer la resistencia de los devanados del motor en corriente continua y para proporcionar flujo en el espacio de separación entre el motor y el carril. Dicho flujo es siempre necesario cuando el sistema está en funcionamiento, aún cuando se encuentre estacionario, para mantener suspensión magnética de la masa, incluyendo el motor, del carril estacionario 2.

5.  
10.  
15.  
Cada corriente de salida de los diferenciadores imperfectos 32, 33 y 34 se convierte en los que se puede denominar la corriente de entrada "X" a cada uno de los tres multiplicadores 35, 36 y 37 para cada una de las tres fases. La otra corriente de entrada, o corriente "Y", es común a cada multiplicador y es la señal de realimentación obtenida de la corriente de salida del multiplicador 25 - diferenciador perfecto 26.

20.  
25.  
Cada multiplicador da el producto del valor instantáneo de voltaje según su variación trifásica por el voltaje del circuito de realimentación. Así, tanto si hay propulsión como si no, se ejerce control común sobre las señales de control y la suspensión se mantiene constante. Estos multiplicadores son del mismo tipo que el multiplicador 25 mencionado anteriormente.

30.  
Una corriente de salida procedente de cada multiplicador por cada fase pasa al suministro de energía controlable 38. Esta fuente de suministro consiste esencialmente en tres amplificadores relativamente potentes, uno por cada fase, con la salida de voltaje de cada uno controlada de acuerdo con la varia-



- 8 SEP -

5. ción de la energía eléctrica trifásica en el tiempo. Esto comprende el caso especial de una frecuencia cero, a la que las tres fases tienen cada una voltajes y corriente en consonancia con el modo de variación trifásica, pero no existe variación de las mismas en el tiempo. Los valores particulares se "congelan" en cada fase hasta que se produce de nuevo una variación de frecuencia para proporcionar propulsión.

10. A pesar de que se pueden emplear amplificadores de Clase B con una salida de un kilowatio o más por unidad en un grupo de tres para el elemento 38, esta cantidad de fuerza es insuficiente para propulsar miles de kilogramos de masa, como la de un vehículo de viajeros del tipo de vagón de ferrocarril. Por consiguiente, para dichas modalidades, se emplean amplificadores más eficaces de mayores capacidades de energía, como los del

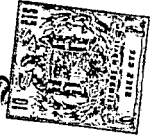
15. tipo de Clase D o el tipo de rectificador controlado por silicio con circuitos puerta. La fuente básica de energía para estos amplificadores es una fuente de caja externa de fuerza 39 de energía trifásica.

30. La corriente de salida relativamente grande de cada fase de la fuente de suministro de energía controlable 38 se lleva al devanado polifásico correspondiente del motor 1, que es atraído entonces hacia el carril 2 bajo control de realimentación para evitar que el motor ejerza una atracción total y forme contacto con el carril.

25. Para un sistema suspendido de monocarril se emplean dos dos motores con el sistema completo ilustrado en la figura 3. Cada motor ajusta de éste modo de una forma apropiada e independientemente las desigualdades de la vía, los cambios de carga impuesta en el vehículo y las perturbaciones dinámicas.

30. En un sistema de dos carriles, con los carriles sobre

- 8 SET. 1977



el vehículo o por debajo del mismo y con el motor sujeto con fuertes soportes con relación al carril, se emplean cuatro motores con sistemas individuales de control. Con ello se consigue la estabilidad normal de un vehículo de cuatro ruedas.

5.

Con el fin de equilibrar los esfuerzos en el carril, o para proporcionar mayor capacidad de suspensión y/o propulsión, se pueden emplear más de dos motores en el monocarril o más de cuatro motores en el dispositivo de dos carriles.

10.

Las figuras 4A y B ilustran el diagrama esquemático completo para el sistema eléctrico del invento y siguen la tecnología expuesta con relación al esquema de conjuntos de la figura 3.

15.

Antes de considerar el diagrama esquemático, se expone la relación entre los parámetros eléctricos y magnéticos en un conjunto de ecuaciones, puesto que el funcionamiento del circuito es fácilmente identificable con las ecuaciones.

20.

La fuerza magnética de atracción  $F$  entre el motor y el carril es proporcional al cuadrado de la corriente  $I$  que fluye a través de las bobinas del motor e inversamente proporcional al cuadrado de la longitud del espacio de separación de aire.

$$F = K_1 \frac{I^2}{l^2} \quad (I)$$

Esta expresión se deriva como sigue:

$$F = \frac{\text{Area } \beta^2}{8\pi \times 981}$$

25.

$$\text{y } \beta = \frac{4\pi N I}{10 l}$$

donde:

$F$  = fuerza en gramos

Area = área de atracción en  $\text{cm}^2$

$l$  = longitud del espacio de separación en cm.

$N$  = número de espiras de la bobina

406510

- 15 -

- 8 -



$\beta$  = densidad de flujo en gausios

$$\text{Combinado: } F = \frac{\text{Area} \times N^2 \mu}{49.050} \frac{I^2}{l^2}$$

o:  $F = K_1 \frac{I^2}{l^2}$ , que es la ecuación (1)

5.

La corriente  $I$  a través de la impedancia compleja de los devanados del motor es, partiendo de los primeros principios:

$$I = \frac{E}{R + j\omega L} \quad (2)$$

10.

donde:

$E$  = voltaje a través de la impedancia

$R$  = resistencia de las bobina a través de las cuales fluye la corriente

15.

$$j = 90^\circ$$

$$\omega = 2\pi f$$

$f$  = frecuencia en hertzios

20.

$L$  = inductancia de las bobinas a través de las cuales fluye la corriente

La inductancia de una bobina de motor es inversamente proporcional a la longitud del espacio de separación de aire:

25.

$$L = \frac{k_2}{l} \quad (3)$$

Combinado y resolviendo estas ecuaciones para el voltaje  $E$ , se obtiene:

$$E = k_3 \sqrt{F} (lR + k_4 j\omega) \quad (4)$$

30.

Los motores se pueden fabricar dentro de una amplia gama de tamaños, pero como ejemplo, para un motor de 76,2 cm



de longitud:

$$k_1 = 0,48 \quad k_2 = 0,1 \quad k_3 = 2,1 \quad \text{y} \quad k_4 = 0,1$$

5. Las ecuaciones anteriores tienen significación en el sentido de que la composición y funcionamiento del circuito de realimentación alineal de este invento sigue de un modo particular la ecuación (4), según se indicará más adelante.

10. En la figura 4A, el acelerómetro 20 es el que se ha descrito con relación a la figura 3. Una característica esencial es que tiene una masa 40 de magnitud relativamente notable dispuesta para ser sensible a la aceleración vertical. Esto juega un importante papel para poder conseguir la suavidad de marcha característica de éste invento. Se puede utilizar un tipo piezoeléctrico de acelerómetro, como puede ser el tipo Endevco 2200. La circuitería de la figura 4A no deja pasar el "ruido" de baja frecuencia y las variaciones caóticas que se sabe son características de éste tipo. Como variante, el tipo piezoeléctrico se puede sustituir por el tipo de servoacelerómetro que se ha desarrollado para utilización espacial y que carece de ruido y variaciones.

15. En el circuito de la figura 4A las entidades amplificadoras 41, 42 y 43 dan los detalles de la red de compensación 21 de la figura 3.

20. El amplificador 41 es un amplificador de coincidencia de impedancia de tipo conocido y es necesario para reducir la alta impedancia de un acelerómetro piezoeléctrico a un valor de circuito ordinario. El amplificador puede ser de circuito integrado Motorola MC 1456G o un amplificador de funcionamiento equivalente. Se conecta a un seguidor de fuente y no tiene ganancia ni defasaje. El circuito de entrada comprende el resistor 44, de 250 megohmios de resistencia, conectado

25.

30.

406510

- 17 -

- 8 SEV



5. desde el terminal del amplificador 3 hasta masa para proporcionar un trayecto de corriente de polarización de entrada para el amplificador. Esta corriente se pone en derivación por medio del capacitor 45, de 1.000 picofaradios (pf) de capacitancia, que actúa como condensador de compensación en serie para la capacitancia errática del terminal de entrada desde el acelerómetro hasta el terminal 3. Los diversos terminales de los circuitos integrados, amplificadores de operación, etc. han recibido números bajos en las figuras 4A y 4B, correspondientes a los dados por el fabricante del propio dispositivo. Los circuitos integrados para estos dispositivos se conocen por los catálogos de los fabricantes.

15. El amplificador 41 tiene un circuito de realimentación entre sus terminales 6 y 2 compuesto por un resistor 46 de 250 megohmios, puesto en derivación por el capacitor 47 de 1.000 pf de capacitancia. El terminal 7 se conecta a una fuente de energía activadora de corriente continua que tiene un voltaje del orden de  $\approx$  15 voltios mientras que el terminal 4 se conecta a una fuente similar que tiene la polaridad opuesta de -15 voltios. Cada una de estas conexiones se filtra mediante un capacitor de 0,1 microfaradios ( $\mu$ f) conectado desde el mismo a masa.

20. El capacitor 48 de 200  $\mu$ f de capacitancia, se conecta al terminal de salida 6 del amplificador 41 y está presente para restringir la amplitud de la señal de baja frecuencia desde el acelerómetro con un arranque a 0,13 hertzios. De este modo se elimina el "ruido" de los circuitos del acelerómetro a bajas frecuencias. El resistor 49, de 6.800 ohmios, está en serie con el capacitor 48 y con el resistor 50, de 0,2 megohmios, establece la ganancia del canal del acelerómetro. El am

25.

30.

406510

- 18 -



- 8 SET.

plificador 42 proporciona una ganancia del canal del acelerómetro de  $200/6,8 = 30$ . El segundo terminal del resistor 49 conecta al terminal de entrada 2 del amplificador 42, un circuito integrado Motorola MC 1741CG o su equivalente.

5. Existe también otra conexión de entrada al terminal 2 desde la salida del circuito sensor de la longitud del espacio de separación, que se describirá más adelante.

10. El amplificador 42 funciona como un amplificador simple que tiene un circuito de realimentación conectado entre el terminal de entrada 2 y el terminal de salida 6 compuesto por el resistor 50, de 0,2 megaohmios, puesto en derivación por el capacitor 51, de 1.500 pf. Las conexiones de la fuente de suministro de voltaje y puesta a masa son normales y de tipo conocido.

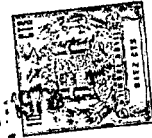
15. La señal del acelerómetro y del sensor del espacio de separación sumadas algebraicamente pasa ahora al terminal 2 del amplificador 43, del tipo MG 1741G, a través del resistor 53, de 30.000 ohmios de resistencia, que se utiliza para establecer la ganancia. Para el amplificador 43 se emplea el mismo tipo de circuito de realimentación que se emplea para el amplificador 42; v.g., resistor 50 de 0,2 megaohmios y capacitor 55 de 0,2 microfaradios. Los circuitos de suministro son de tipo normal. La corriente de salida del amplificador 43 se toma del terminal 6 y pasa a través del diodo 54 con su cátodo conectado al terminal para que pasen solamente variaciones de señal negativa. Adicionalmente el diodo 52 se conecta como elemento de realimentación en el amplificador 43 para evitar excursiones de voltaje positivas.

20. Solamente son permisibles voltajes negativos en la entrada del circuito de raíz cuadrada porque la inversión en el mismo a polaridad de señal positiva tiene lugar antes de que

30.

406510

- 19 -



- 8 S.L. -

5. se produzca la función de raíz cuadrada. Con esto se evita extraer la raíz cuadrada de números negativos que son imaginarios. En este caso el circuito de raíz cuadrada queda inactivo porque la realimentación de polaridad positiva lo impulsa a la saturación de corriente.

10. Volvamos ahora al segundo elemento sensor, el transductor de posición 22 de la figura 3, un dispositivo 56, que puede adoptar muchas formas. Según se ilustra, es un potenciómetro lineal conectado a masa y puesto en derivación por una fuente de voltaje, como es la batería 57. El cursor está provisto de una rueda mecánica. Esta rueda corre sobre el lado superior del carril 2 que es paralelo al lado inferior o de funcionamiento del carril. Se mantiene en contacto con el carril por un muelle (no ilustrado). El conjunto vá montado sobre la estructura del motor 1.

15. Normalmente, la batería 57 puede tener un voltaje de 10 voltios y el recorrido del cursor del potenciómetro es de 12,7 mm. Este alcance del recorrido normalmente abarca el cambio de funcionamiento en la longitud del espacio de separación, cuya longitud es preferiblemente del orden de 6,35 mm o quizá ligeramente menos. Estas constantes dán un voltaje de 20 veces  $\lambda$ ; v.g., veinte veces la longitud del espacio de aire medido en milímetros. Como variante, la batería 57 puede ser un suministro normal de energía del mismo voltaje.

20. Un sensor de desplazamiento alterno 56 puede estar provisto de una célula fotoeléctrica en un lado del espacio de separación del carril-motor con medios de iluminación en el otro. Al alargarse el espacio de separación, penetra más luz en la célula fotoeléctrica y se obtiene una mayor respuesta eléctrica de la misma, mientras que ocurre todo lo contrario si el espacio se acorta.

25.

30.

406510-20-

- 8 SET. 3



En otra modalidad se puede emplear sonido ultrasónico, obteniéndose respuesta eléctrica detectando la fase del sonido reflejado desde el carril.

5. La corriente de salida del elemento transductor 22 pasa a la red de compensación 23 de la figura 3, que se asocia con este transductor. En la figura 4A, el capacitor 58 de 0,1  $\mu$ f, en serie con el resistor 59, de 4.700 ohmios, todos puestos en derivación por el resistor 60, de 1,5 megohmios son los elementos iniciales de la red de compensación 23. Esta red tiene una impedancia resistiva de 1,5 megohmios desde corriente continua hasta 1,2 Hz, reduciéndose a unos 4.700 ohmios a 350 Hz. Esto proporciona una señal de velocidad (v. g., desplazamiento diferenciado) a frecuencias por encima de 1,2 Hz.

15. Esta corriente de salida pasa al terminal de entrada 2 del amplificador de operación 61, del tipo MC 1741G como anteriormente. Ambos terminales de entrada 2 y 3 de este amplificador se devuelven individualmente a masa a través de los resistores 62 y 63 de 22.000 ohmios para proporcionar un trayecto para las corrientes de polarización de entrada de éste amplificador.

20. El circuito de realimentación para el amplificador 61 está comprendido por el resistor 64, 10.000 ohmios, en serie con el capacitor 65, 100  $\mu$ f y con el resistor 66, de 100.000 ohmios, puesto en derivación a través del capacitor. Esto da una impedancia de 110.000 ohmios para corriente continua y de 10.100 ohmios a 14 Hz, aproximadamente. Esto da por resultado que la ganancia del amplificador 61 a frecuencias inferiores a un hertzio sea considerablemente mayor que a frecuencias más altas. Esto se hace para aumentar la ganancia del

30.

406510

- 8 SET.

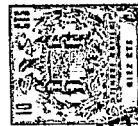


circuito a bajas frecuencias y para obtener un integral de la función de desplazamiento como señal de realimentación para corregir gradualmente los cambios de carga.

5. Como la finalidad del sistema de realimentación es corregir los cambios de carga en el vehículo, presión del viento y desigualdades de la vía, la frecuencia de las señales de realimentación es muy baja con respecto a las frecuencias de redes eléctricas normales. La realimentación debe mantenerse a una frecuencia cero (corriente continua). La gama de  
10. frecuencias de máximo interés se extiende desde 0 a 5 Hz para el canal de desplazamiento y de 0,3 a 30 Hz para el canal del acelerómetro.

15. El potenciómetro 67, de 50.000 ohmios de resistencia total, se conecta entre fuentes de voltaje positivo y negativo, cada una de las cuales puede tener un voltaje de 15 voltios con respecto a masa. Los capacitores de 50  $\mu$ f se emplean para la puesta a masa con el fin de eliminar variaciones extrañas, según se sabe. El potenciómetro 67 proporciona graduación del voltaje para cualquier voltaje de desplazamiento  
20. inicial en el amplificador 61. El cursor se conecta al terminal de entrada 3 a través del resistor de aislamiento 67' de 1,0 megaohmios.

25. Una entrada adicional al terminal 3 del amplificador 61 se toma del potenciómetro 68, de 2.000 ohmios, y pasa a través del resistor atenuador 68' de 1,5 megaohmios, para proporcionar un voltaje proporcional de desplazamiento de referencia. El amplificador 61 genera un voltaje de salida proporcional a la diferencia entre la entrada de referencia de voltaje al resistor 68' y la entrada al resistor 60, que es el voltaje procedente del transductor de desplazamiento 22. El



8 SET. 1972

406510

resistor de caída de voltaje 69, conectado en serie con el potenciómetro 68 desde la conexión de voltaje positivo a masa, tiene normalmente una resistencia de la mitad de la resistencia del potenciómetro 68.

5.

La corriente de salida del amplificador 61, procedente del terminal 6, pasa al terminal de entrada 2 del amplificador 42 a través del resistor 66, de 22.000 ohmios, que es un resistor sumador. En éste punto la red de compensación 23 se une a la de la red 21, para la inclusión de amplificadores 42 y 43 en común.

10.

La salida de voltaje en el amplificador 43 se ha de tratar para que sea linealmente proporcional a una fuerza entre la masa de la carga y el carril. Refiriéndonos a la ecuación (4), para desarrollar el voltaje apropiado  $E$  que se ha de eliminar a los devanados del motor, el voltaje proporcional a la fuerza se ha de convertir en su raíz cuadrada y multiplicarse por  $(\sqrt{R} \times k_4 \text{ } j\omega)$ .

15.

El primer dispositivo eléctrico para ejecutar significativamente las matemáticas de linealización es el circuito de raíz cuadrada identificado por el número 24 en la figura 3 y como 24'-70 en la figura 4A. Puede ser un circuito integrado Motorola MC 1494L, conocido normalmente como "multiplicador" de señales eléctricas alimentadas al mismo. Se coloca en el circuito de realimentación de un amplificador de operación y se obtiene la raíz cuadrada de la entrada simple.

20.

25.

La teoría y práctica de este comportamiento o funcionamiento de raíz cuadrada son conocidas y se exponen en la "información de Especificaciones y Aplicaciones" del fabricante (Motorola), octubre 1970 - DS9163. En la figura 4A el amplificador de operación necesario está indicado por el número

30.



70 y puede ser un circuito integrado MC 1741G.

5. En la figura 4A, la corriente de salida del diodo mencionado anteriormente 54 se conecta al resistor 71, de 52.000 ohmios, que establece la ganancia, y también a masa a través del resistor 72, de 1.000 ohmios. Este último resistor proporciona un trayecto para cualquier corriente de fuga en el diodo 54. La corriente de entrada procedente del resistor 71 se conecta al terminal 14 del multiplicador 24 y también al terminal 2 del amplificador 70. La corriente de salida de este amplificador, en el terminal 6, se conecta a los terminales 9 y 10 del multiplicador y también a masa por un pequeño capacitor 73, de 10 pf de capacitancia, en serie con el resistor 74, de 510 ohmios. Un diodo Zener 75 se conecta también entre la salida del amplificador 70 y masa para evitar la retención (mal funcionamiento) accidental del circuito. Se puede utilizar un tipo 1N5241.

10. El trayecto de realimentación del amplificador 70 es el multiplicador 24 conectado entre el terminal de entrada 2 y el terminal de salida 6 del amplificador 70 y los terminales 9-10 y 14 del multiplicador. El capacitor 76, de 10 pf de capacitancia, y conectado entre terminales amplificadores 2 y 6 tiene la finalidad de compensar en fase el amplificador. Su terminal de entrada 3 se conecta al cursor del potenciómetro 77, cuyo potenciómetro tiene una resistencia de 20.000 ohmios. Esto proporciona una referencia de voltaje para el amplificador. Este potenciómetro se conecta en paralelo con un potenciómetro duplicado 78, que se conecta entre terminales 2 y 4 del multiplicador 24. También asociado con el multiplicador 24, el resistor 79, de 62.000 ohmios, se conecta entre terminales 7 y 8; el resistor 80, de 30.000 ohmios, se

15.

20.

25.

30.



5. conecta entre terminales 11 y 12; y el resistor 81, de 16.000 ohmios, se conecta entre el terminal I y masa. Una fuente de voltaje, normalmente de 15 voltios, de polaridad positiva se conecta al terminal 7 del amplificador y al terminal 15 del multiplicador, mientras que una fuente de voltaje, normalmente de 15 voltios, de polaridad negativa se conecta a terminales 4 y 5, respectivamente.

10. En la entrada al circuito entero de raíz cuadrada 24 de la figura 3, un voltaje de señal negativa de 4 voltios produce en el sistema total una fuerza de 1 g; o sea una fuerza igual y opuesta con relación a la de gravedad, por lo que la masa motor-vehículo queda magnéticamente suspendida. Con las conexiones y voltajes dados, la corriente de salida del circuito de raíz cuadrada en el terminal 6 del amplificador 70  
15. es la raíz cuadrada de diez veces la entrada. Es la raíz cuadrada de diez en cantidad efectiva y se tiene en consideración al establecer la ganancia de realimentación del todo. Matemáticamente dicho funcionamiento de los circuitos eléctricos se tiene en consideración en los valores de las diversas  
20. constantes k.

25. La salida del circuito de raíz cuadrada se conecta a la entrada del multiplicador 25 para realizar la parte  $\sqrt{R}$  de la ecuación (4) y también a la entrada del diferenciador perfecto 26 para llevar a cabo el termino  $k_4 jw$ , según se verá en la figura 3. En la figura 4A la entrada al multiplicador 25 es su terminal 10 y la entrada al diferenciador perfecto es el capacitor 83 a través del resistor 90.

30. La entrada anterior al multiplicador puede denominarse entrada "x". La entrada "y" se conecta al terminal de entrada 9 y llega directamente desde el sensor de posición 22

406510

- 25 -



8

(siendo 56 una modalidad) a través del resistor 84 para aislamiento. El valor de resistencia del resistor 84 puede ser de 0,1 megaohmio. Ambos terminales de entrada 10 y 9 se conectan también a masa a través de los capacitores 85 y 85', de 10 pf de capacitancia, en serie con los resistores 86 y 86', de 510 ohmios de resistencia, respectivamente. De éste modo evitan oscilaciones parásitas de alta frecuencia.

5.

Los resistores 79', 80' y 81' tienen igual valor de resistencia y conexiones iguales con la unidad multiplicadora 25' que las indicadas con respecto a la unidad 24'. Igual ocurre con los potenciómetros 77' y 78', excepto que el valor de resistencia del potenciómetro 77' es de 50.000 ohmios. Un potenciómetro adicional 87, de 20.000 ohmios, se conecta a través de los terminales 2 y 4 de la unidad 25', con el cursor conectado a través del terminal 6. Estos tres potenciómetros se ajustan para obtener entradas "x" "y" y polarización de desviación de salida apropiadas, según se indica en la "Información de Especificación y Aplicación" del fabricante mencionada anteriormente.

10.

15.

Un amplificador de operación MC1741G, 89 actúa conjuntamente con la unidad multiplicadora 25' para formar el multiplicador completo 25 de la figura 3. El capacitor de realimentación 76', de 10 pf, se conecta al amplificador en los terminales 2 y 6 y se pone en derivación por medio del resistor 88, de 52.000 ohmios. Las fuentes de suministro de voltaje positivo y negativo son como anteriormente.

20.

25.

El capacitor 83 del diferenciador perfecto tiene una capacitancia de 0,2  $\mu$ f. Está en serie con el resistor 90, de 1.000 ohmios, de resistencia. El capacitor se conecta al terminal de entrada 2 del amplificador de operación 91, que pue-

30.



de ser del tipo MC1741G. El circuito de realimentación de este amplificador está comprendido por el capacitor 92, de 0,0068 $\mu$ f, y resistor 93, de 0,1 megaohmio, en paralelo y conectado entre los terminales 2 y 6 del amplificador. El segundo terminal de entrada 3 se pone a masa. El suministro de energía de voltaje positivo se conecta al terminal 7, mientras que el mismo con polaridad negativa se conecta al terminal 4. Este amplificador-diferenciador proporciona la primera derivativa de la entrada sobre una gama de frecuencias del orden de cero a 200 Hz esencialmente.

La salida del amplificador 91 se toma a través de resistores sumadores 94, de 62.000 ohmios, al terminal de entrada 2 del amplificador 95. Este último eleva principalmente el nivel de la señal, después de su función en la suma, para alimentación en paralelo de los multiplicadores trifásicos que siguen.

De un modo similar, la salida del amplificador de operación del multiplicador 89 se toma a través del resistor sumador 94', a 62.000 ohmios, y se conecta al terminal de entrada 2 del amplificador 95. Esto proporciona la representación eléctrica total de  $\sqrt{F} (R/k_4j\omega)$  de la ecuación (4).

El circuito de realimentación 92', 93' del amplificador 95 es igual que el circuito de realimentación 92, 93 del amplificador 91; asimismo, el terminal de entrada 3 se conecta a masa y las conexiones de suministro de energía son iguales que anteriormente.

La corriente de salida en el terminal 6 del amplificador 95 pasa al potenciómetro 96, cuyo segundo terminal se conecta a masa. El cursor del potenciómetro se conecta a todos los terminales 9 de los tres multiplicadores 35', 36' y 37' de

406510<sup>27</sup> -



5. la figura 4B. Estos multiplicadores son las unidades esenciales de los tres multiplicadores 35, 36 y 37 de la figura 3. Los amplificadores de operación correspondientes de la figura 4B son 97, 98 y 99, respectivamente. Esta entrada de realimentación de control simple realiza la función de mantener la suspensión con o sin propulsión y cualquiera que pudieran ser los voltajes en las fases A, B y C en cualquier instante según la variación inherente de la energía eléctrica trifásica. Las ganancias combinadas del potenciómetro 96, multiplicadores 35, 36 y 37, y la ganancia de voltaje del suministro de energía controlable 38 de 10. termina  $k_3/2$  en la ecuación (4) por lo que 4 voltios de señal en la entrada del circuito de raíz cuadrada 24 equivalen a 1g.

15. El ajuste de la longitud de espacio de separación  $\lambda$  se consigue variando el voltaje en la entrada 3 del amplificador 61, determinado por la graduación del potenciómetro 68 de la figura 4A.

20. En la figura 4B el control común del circuito de realimentación está identificado por "Y". También se emplea una entrada de fase individual. La fase A se conecta al terminal 10 de la unidad multiplicadora 35'.

25. Las conexiones internas y externas de la unidad 35' y de su amplificador de operación correspondiente son iguales que las detalladas anteriormente para el multiplicador-amplificador 25'-89 de la figura 4A, por lo que no se repetirán. Las entradas de fase para los tres multiplicadores surgen en el oscilador trifásico 31, que se describirá más adelante. La corriente de salida del terminal 6 del amplificador 97 se conecta a  $\phi$  A del suministro de energía controlable de la figura 3 identificado como 38. Esto se representa como la entrada al amplificador de energía 108 de la figura 4B. 30.

406510

- 28 -



Del mismo modo, el multiplicador 36'-98 se hace cargo de  $\phi$  B y el multiplicador 37'-99 se hace cargo de  $\phi$  C.

Los dispositivos que se refieren a la propulsión y sus conexiones con los multiplicadores anteriores se detallan también en la figura 4B.

5.

El control de velocidad 30 se ilustra esquemáticamente como un eje giratorio (línea de puntos) unidos a los cursores de cada uno de los potenciómetros 101, 102 y 103. Estos potenciómetros se dovanan preferiblemente para que proporcionen va-

10.

riación sinusoidal de voltaje con movimiento de los cursores, son de configuración circular y son idóneos para efectuar una rotación completa y repetida de los cursores. Cada cursor se une al eje en 120 grados eléctricos a partir de los otros, según es normal. Los potenciómetros comprenden el oscilador de

15.

frecuencia variable trifásico 31. Estos se conectan eléctricamente en, paralelo; por un extremo a una fuente de voltaje de suministro positivo, por ejemplo de 15 voltios, y por el otro extremo a una fuente de voltaje de suministro negativo, también de 15 voltios.

20.

Para efectuar pruebas, el eje 30 se puede girar a mano.

En la práctica, se puede hacer girar por medio de un motor de velocidad variable desmultiplicado. El control de velocidad en el motor es el mando de velocidad de accionamiento manual ajustado por el conductor del vehículo. Es conveniente limitar la

25.

aceleración comprendida al desplazarse el vehículo por la vía a 1/10 "g"; v.g., una décima parte de la aceleración debida a la gravedad. Esto se puede controlar disponiendo un elemento del tipo amortiguador unido al mando o control de velocidad en el motor para que no sean posibles los cambios súbitos de veloci-

30.

dad.

406510

- 29 -



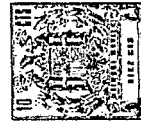
Otro oscilador apropiado es el generador de función, del tipo 120-020-3 fabricado por Wavetek company de San Diego, California.

5. Un diferenciador imperfecto 32, 33 o 34, se conecta a cada salida de fase del oscilador 31. Considerando el diferenciador imperfecto 32, el capacitor 104, de 20  $\mu$ f de capacitancia, se conecta al cursor del potenciómetro 103 y también al resistor 105, el cual tiene un valor relativamente bajo de 1000 ohmios. El segundo terminal del resistor se conecta a masa.

10. Según se ha explicado con relación a la figura 3, se necesita de estos diferenciadores una salida de corriente continua. El resistor 106, de 10.000 ohmios, se conecta en derivación al capacitor 104 para obtener dicha salida y hace que los diferenciadores sean del tipo imperfecto. La salida se toma en la conexión entre elementos 104 y 105 para  $\phi$  A. La estructura de los diferenciadores imperfectos 33 y 34 es idéntica a la de 32 y, por lo tanto no se detallará.

15. El suministro de energía controlable 38 se ha descrito ya con relación a la figura 3 y comprende tres amplificadores de gran potencia. Los amplificadores de Clase B y el esquema de circuito de los mismos son dispositivos conocidos. Igual ocurre con el amplificador de Clase D, designación de IEEE reconocida, que se puede adquirir de TRW Semiconductors Inc., Lawndale, California; su tipo es MCB 1002. Un amplificador del tipo conmutador de longitud de impulsos, pero que utiliza rectificadores controlados por silicio en lugar de transistores de energía, se puede obtener de Gates Learjet Corp., Irvine, California.

20. En la figura 4B estos amplificadores se ilustran como 30. 108, 109 y 110, para las fases A, B y C, respectivamente. Cada



- 8 SET. 1972

amplificador proporciona una salida a un devanado correspondiente 111, 112 y 113 del motor de suspensión y propulsión 1, también ilustrado. Cada amplificador se alimenta individualmente desde un multiplicador correspondiente 35, 36 o 37. En la figura 4B, estos multiplicadores terminan en amplificadores 97, 98 y 99, respectivamente, que pueden ser circuitos integrados.

Normalmente, se suministra energía eléctrica trifásica de 220 voltios a cada amplificador 108, 109 y 110 desde una fuente estacionaria de energía 39, que puede ser una central eléctrica. Alcanza los amplificadores a través de un "tercer carril" 39' de conductores múltiples a los que se acoplan los contactos múltiples del vehículo. Cada amplificador puede comprender, por consiguiente, un rectificador trifásico para conseguir la energía de corriente continua normalmente necesaria. En otra modalidad, se alimenta corriente continua directamente al vehículo por medio de un tercer carril simple.

El circuito de las figuras 4A y 4B es para un motor 1 (según se ilustra en las figuras 1 y 3). Con este dispositivo, cada uno de los diversos motores normalmente necesarios para un vehículo tiene sus propios medios sensores y circuito de control de realimentación para una respuesta superior a las variaciones impuestas por desigualdades de la vía, etc.

Los motores se pueden fabricar dentro de una amplia gama de tamaños; no obstante, lo normal sería una longitud del orden de 381 mm a 762 mm y una anchura de motor y de carril del orden de 76 mm. En un motor trifásico de 762 mm el peso es de 56,69 kg. Cuando se activa puede suspender 907 kg. Cuando se encuentra en suspensión solamente, estando el vehículo detenido, el consumo es de 400 vatios por fase de fuerza y la potencia reactiva de kilovoltio-amperio tiene el mismo valor. A medida



que el motor proporciona fuerza de propulsión los kilovoltios-amperios aumentan a un régimen más rápido que la pérdida de voltaje. A 72 km/hora y a pleno empuje estos valores son de 80 KVA y 26 KW por motor, respectivamente, según se determina extrapolando las mediciones de impedancia de los motores.

5.

Se cree que el comportamiento del circuito de realimentación de este invento para mantener una longitud constante del espacio de aire de separación entre el motor y el carril proporciona el buen funcionamiento exigido para un transporte práctico de sustentación magnética; cuyo funcionamiento ha sido hasta el momento presente desconocido o no se ha explicado.

10.

La fuerza ejercida magnéticamente por el motor para la suspensión varía como el cuadrado de la corriente en los devanados del motor. Esta relación es alineal. Los elementos en el circuito de realimentación, como es el circuito de raíz cuadrada 24 de la figura 3, hacen lineal la corriente de salida del circuito de realimentación de una entrada de voltaje a una salida de fuerza. Esto da por resultado una ganancia constante del circuito de realimentación en todos los valores de frecuencia de la corriente alterna (velocidad del vehículo) y en todas las longitudes del espacio de separación del motor con el carril. Además, esto da por resultado una suavidad uniforme de marcha. Una variación normal del espacio de separación puede ser del orden de + 100% hasta casi -100% de un valor normal de 6,35 mm. Para evitar que el motor se ponga realmente en contacto con el carril, se puede disponer una zapata de freno plana del tipo de automóvil para apoyarse sobre el carril, como medida de seguridad.

15.

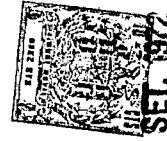
20.

25.

30.

Como en el plano vertical se emplea una referencia inercial, el acelerómetro 20, el circuito de realimentación no

406510



- 32 -

- 8 -

5. tiene en cuenta las pequeñas irregularidades del carril y no las transmite a los viajeros en forma de vibración o sacudidas rápidas. Solamente se mantiene un espacio de separación medio gracias al transductor de desplazamiento (posición) 22. Los sistemas anteriores, que sugieren la conocida realimentación "sólida", transmiten todas las irregularidades de la vía a los viajeros.

10. Se ha descubierto que el tipo atractivo de sistema de suspensión con realimentación alineal según este invento tiene estabilidad lateral amortiguada. Esto supone una economía de peso exigido para el buen funcionamiento del vehículo. Cada motor l proporciona suspensión, propulsión y estabilidad lateral. Experimentalmente, una perturbación que empujara al motor en sentido lateral con respecto al carril 2 hace que la corriente aumente a través de los amplificadores del suministro de energía controlable 38, que actúa para mantener constante la longitud del espacio de separación. Se observa una fuerza de restablecimiento, en sentido lateral, que aumenta con el desplazamiento lateral.

15. Al eliminarse la fuerza perturbadora lateral, el motor vuelve a una posición alineada con el carril de una forma amortiguada y no rebasa ese punto. La amortiguación se produce por dos factores; la resistencia de las bobinas en los devanados del motor, y una fuerza retroelectromotriz creada en los devanados por el desplazamiento lateral. La energía representada por 20. la primera se disipa en la resistencia de las bobinas y se restablece por la última a la red de fuerza a través del suministro de energía controlable 38 por acción generadora.

25. De preferencia, la anchura de la estructura magnética del motor l es por lo menos 10% mayor que la estructura magnética 30.

406510



- 33 -

- 8 SET 1972 -

ca del carril 2 para una estabilidad lateral vigorosa.

Se observará que la estabilidad lateral no es inherente a un sistema de sustentación magnética repulsiva, con un motor sobre un carril. En dicho sistema son necesarios un motor magnético auxiliar o rodillos mecánicos para actuar lateralmente contra el carril.

5.

El circuito de realimentación que comprende el acelerómetro 20 hace una corrección de segundo orden a la red general de realimentación. Esta corrección es de aproximadamente 10db de realimentación sobre las frecuencias de interés, de 1/2 a 5 hertzios. Esto hace insensible el sistema a las variaciones de segundo orden; por ejemplo las variaciones en la estructura magnética de un motor 1, como pueden encontrarse en un

10.

aparato real, la resistencia a la corriente alterna de una de sus bobinas, el cambio de resistencia de las bobinas con la temperatura, así como variaciones de la ganancia de corriente continua y de la ganancia de corriente alterna de la red de realimentación. La corrección de segundo orden evita también la inestabilidad a ciertas longitudes del espacio de separación.

15.

Parece ser que la tecnología anterior no ha dado explicación a estas materias, que tienen importancia para proporcionar un sistema de transporte inherentemente estable a pesar de las variaciones, de un día para otro, de los parámetros, tiempo atmosférico, y otros factores prácticos, incluyendo la capacidad de absorber con suavidad las variaciones del espacio de separación causadas por una alineación imprecisa del carril.

20.

25.

Considerando los detalles de funcionamiento de una modalidad típica para el transporte de viajeros, la ganancia del amplificador 41 de la figura 4A es, lógicamente, la unidad. La ganancia del amplificador 42 es de aproximadamente 30, hasta

30.

406510



8 SE 1964

una frecuencia de corte superior de 8 hertzios. La ganancia del amplificador 43 es aproximadamente 7, con una frecuencia de corte superior de 4 hertzios. Cuando la salida de este amplificador es de -4 voltios, la fuerza ejercida por el motor 1 es de 1 g; v.g., el vehículo queda suspendido.

5.  
10.  
15.  
20.  
25.  
30.

Para formar los circuitos de realimentación según este invento, se aprovecha el hecho de que la densidad del flujo de corriente alterna en el espacio de aire entre el motor y el carril no varía si cambiara la longitud del espacio de separación. Esta densidad de flujo se ve afectada solamente por el valor de los voltios por espira en la estructura magnética y, por lo tanto, el voltaje solamente en una estructura magnética dada. El multiplicador 25 de la figura 3 proporciona compensación para los cambios de densidad de flujo de corriente continua con los cambios en la longitud del espacio de separación. El elemento transductor de posición 22 detecta la longitud del espacio de separación de corriente continua y se modula la ganancia del circuito de realimentación para aumentar con la longitud del espacio de separación, manteniendo constante la ganancia del sistema general incluyendo las características del motor 1.

En un motor típico la reactancia inductiva de las bobinas es igual a la resistencia de las bobinas a una frecuencia del orden de 2 hertzios. La inductancia no varía inversamente con la longitud del espacio de separación, sino que se mantiene un comportamiento de realimentación adecuada disponiendo el trayecto de corriente continua a través del multiplicador 25 y el trayecto de corriente alterna a través del diferenciador perfecto 26. La corriente de excitación a través de las bobinas del motor aumenta con la longitud del espacio de separación, por lo que el flujo de corriente continua permanece

406510



- 35 -

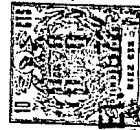
∞

1

constante.

- En la práctica, éste modo necesario de funcionamiento exige que no se permitan periodos prolongados de suspensión con espacios largos de separación. Es una buena práctica tarar los amplificadores que comprenden suministro de energía controlada 38 para el promedio de longitud del espacio de separación normal y devolver el vehículo a dicha longitud en el espacio de unos segundos sin causar una trepidación o sacudida artificial después de una perturbación en la longitud del espacio de separación.
5. El capacitor 55, de 0,2  $\mu$ f de capacitancia, figura 4A, que se conecta entre el terminal de salida 6 y el terminal de entrada 21 del amplificador 43, actúa como integrador parcial ante la señal de realimentación de aceleración. De éste modo se obtiene una señal de realimentación de cuasivelocidad y se evita una condición oscilatoria, de otro modo existente, debido a un desfase de  $180^\circ$  entre la aceleración y el desplazamiento. Esto es eficaz desde una frecuencia del orden de 10 hertzios hasta 4 hertzios.
10. Por debajo de 4 hertzios, la diferenciación de la realimentación de posición (desplazamiento) proporciona el componente de velocidad. Se produce por medio del capacitor 58 en el circuito de entrada al amplificador 61, según se ilustra en la figura 4A.
15. La combinación de estas dos señales dá un control de la fase del circuito de realimentación por lo que la información de desplazamiento se puede alimentar en un sistema que tenga realimentación desde un acelerómetro comprendido en el mismo.
20. Realmente hay presentes cuatro aspectos de realimentación en el sistema para dar un alto grado de estabilidad: la
- 25.
- 30.

406510



5  
co

5. integral de desplazamiento para llevar el sistema de nuevo a una longitud media del espacio de separación después de cambiar la carga en el vehículo ,realimentación de desplazamiento para estabilizar el circuito de realimentación de desplazamiento integral, realimentación de velocidad para estabilizar y amortiguar la realimentación de desplazamiento, y realimentación de aceleración para estabilizar y amortiguar la realimentación de velocidad. Al mismo tiempo, la realimentación de aceleración corrige alineamientos de segundo orden en el

10. circuito de aceleración linealizante comprendido por el circuito de raíz cuadrada 24, el multiplicador 25 y el diferenciador 26 en la figura 3.

15. La aceleración y la fuerza son sinónimos en la ecuación (4). El modo de funcionamiento descrito es necesario para cualquier sistema de la naturaleza del ferrocarril de suspensión magnética, donde se deja variar a propósito la longitud del espacio de separación para facilitar el funcionamiento en vías desiguales. El espacio de separación se lleva de nuevo a un valor medio gradualmente para que la marcha sea suave.

20.

La figura 5 ilustra la variación de los diversos parámetros para levantar el motor (y el vehículo) desde tierra hacia un carril y mantener el espacio de aire de separación entre el motor y el carril en la longitud precisa.

25. El vehículo se ha de hacer subir una distancia "d" para reducir el espacio de aire de separación " $\lambda$ " a un valor deseado "s". Este valor puede ser del orden de 6,35 mm para un vehículo del tipo de ferrocarril. En la figura 5 no se supone movimiento de avance del vehículo, considerándose

30. el proceso para establecer la suspensión magnética del vehículo.

406510

- 37 -



SE  
8

En el gráfico, la abscisa es tiempo y la ordenada tiene varios valores, según resultará evidente.

5. Cuando el tiempo es igual a cero; v.g., al comienzo del proceso de elevación, el voltaje se alimenta en los devanados del motor. Se eleva hasta un alto nivel de saturación según indica el número 115. La corriente correspondiente 116 en los devanados en cuestión comienza con un valor de cero cuando el tiempo es igual a cero y aumenta en función de rampa hasta el instante  $t_1$ , en cuyo momento comienza una velocidad ascendente del vehículo hacia el carril. El flujo magnético producido por el motor y que llega al carril aumenta al aumentar la corriente y, por lo tanto, es una función de rampa correspondiente, ilustrada como 117 en la figura 5.

10. Tan pronto como comienza una velocidad ascendente del vehículo, existe una aceleración que es detectada por el acelerómetro. Mediante el circuito de realimentación descrito la señal del acelerómetro reduce el voltaje alimentado 115 a cero; realmente a un pequeño valor negativo según se indica.

15. Esto permite que se controle la velocidad ascendente. Después de un valor inicial de cero en el instante  $t_1$ , alcanza un valor máximo en el instante posterior  $t_2$ , en cuyo momento y después del cual la velocidad ascendente se reduce.

20. La curva de desplazamiento 118 comienza desde cero en el instante  $t_1$  y aumenta de una forma positiva, pero a un régimen menor que el de la curva de velocidad 119 mencionada anteriormente. El valor apropiado de la señal de realimentación hace que cese la curva de desplazamiento cambiando con el tiempo después de haberse alcanzado un instante  $t_3$ . Esto supone haber alcanzado la longitud del espacio de separación

25. previamente elegida. En el instante  $t_3$  la curva de velocidad

30.

406510

- 38 -



119 se ha reducido a cero. Se ha alcanzado la posición vertical deseada. En el instante  $t_3$  la longitud del espacio de separación se ha reducido a partir del valor inicial. Por lo tanto se necesita menos corriente para mantener el flujo preciso y este parámetro permanece constante con el tiempo a un valor menor que el existente en el instante  $t_1$ .

La curva de flujo 117 permanece a un valor constante con respecto al tiempo desde el instante  $t_1$  hasta aproximadamente un punto medio entre los instantes  $t_1$  y  $t_2$ . El flujo se reduce entonces a un valor menor que el necesario para sostener el peso del vehículo. Esto hace que se reduzca la velocidad ascendente del vehículo, produciendo de éste modo una aceleración negativa o deceleración.

El valor negativo anterior del voltaje alimentado se invierte cuando los demás parámetros alcanzan el equilibrio poco antes del instante  $t$ . Después del instante  $t_3$ , permanece constante a un valor<sup>3</sup> positivo relativamente pequeño suficiente para hacer que la corriente 116 fluya con la amplitud necesaria para mantener el flujo 117 a un valor constante.

Cuando se ha alcanzado el instante  $t_3$ , el espacio de separación se ha reducido al valor previamente elegido de  $s$ . Permanece a dicho valor a menos que existan factores externos que actúen para cambiarlo. Si dichos factores tienden a aumentar la longitud del espacio de separación se produce la misma variación de los diversos parámetros, según se ha descrito anteriormente, y la longitud del espacio de separación se reduce al valor previamente elegido. Si dichos factores tienden a reducir el espacio de separación, los diversos parámetros varían de una forma opuesta.

La figura 6, es un gráfico que ilustra la variación

406510



- 39 -

851

de los parámetros eléctricos esenciales con velocidad horizontal de un vehículo unido a un motor. Se supone que los aspectos verticales de las características eléctricas del motor se han establecido, como después del instante  $t_3$  en la figura 5, y que éstos no varían. Si se produjera una variación vertical al mismo tiempo que se está moviendo el vehículo, por ejemplo a causa de una desigualdad en la vía o un cambio de carga, entonces la variación real de los parámetros es una combinación de las variaciones en ambos gráficos.

En la figura 6 se observará que el valor del flujo magnético  $\lambda_{21}$  es constante en todos los valores de la velocidad horizontal. Esta condición se mantiene por el funcionamiento del circuito de realimentación de la figura 3.

La velocidad del vehículo aumenta en función directa a la frecuencia  $\omega_{22}$  de la corriente alterna polifásica que fluye en los devanados polifásicos del motor 1. Así, está representada por una línea recta de pendiente positiva que pasa a través del origen del gráfico. Cuanto más elevada sea la frecuencia tanto más rápida se moverá la posición del equilibrio magnético estable a lo largo de la longitud lineal del motor y, por consiguiente, tanto más rápidamente se moverá el motor 1 con respecto al carril estacionario 2.

Como el conjunto motor-espacio de separación-carril es una estructura magnética principalmente del tipo ferromagnético, contribuye considerablemente a la inductancia de los devanados polifásicos. La impedancia de los devanados aumenta por lo tanto con la frecuencia debido al aumento de reactancia inductiva. La relación de voltaje  $\lambda_{15}$ , en función a la velocidad del vehículo, se define por lo tanto como una línea recta de pendiente positiva dirigida hacia el origen

406510

- 40 -



8 SET

5. y que tiene una pendiente determinada por el valor de la inductancia de los devanados según se emplea en el modo de suspensión y propulsión. Una aproximación asintótica a esta línea recta de voltaje 115 ocurre desde el origen (por encima del mismo) cerca de la abscisa de velocidad cero debido a la resistencia a la corriente continua de los devanados del motor. Vease también la figura 5, el valor del voltaje después de  $t_3$ . Los diferenciadores imperfectos 32, 33, 34 actúan para producir la curva 115; manteniendo la corriente constante.

10. La figura 7 ilustra una sección de un carril bobinado. Se pueden emplear uno o más de estos carriles en otro método y otra estructura de éste invento para alimentar energía a los motores del vehículo por medio de lo que se puede denominar el principio amplidino.

15. Un carril modificado 2; que se puede laminar longitudinalmente para el transporte de gran velocidad, se dota de ranuras transversales 110 separadas uniformemente sobre su superficie inferior. Esta superficie se ha ilustrado hacia arriba en la figura 7, para mayor claridad.

20. Una pluralidad de bobinas con una pluralidad de fases de energía de corriente alterna se ilustran esquemáticamente devanadas en las numerosas ranuras 110. En la figura 7 se ilustran tres fases, la bobina 111 para  $\phi A$  con líneas sólidas, la bobina 112 para  $\phi B$  con líneas de rayas, y la bobina 113 para  $\phi C$  con líneas de puntos. Cada bobina puede tener más de una espira en la ranura ilustrada antes de bajar por el carril hasta las siguientes configuraciones de bobinas.

30. Este carril se emplea con el motor trifásico ilustrado en las figuras 1 y 2. El sistema de motor y carril bobinado se hace funcionar de forma que la frecuencia de la co-



5.

rriente alterna que fluye en las bobinas del carril sea diferente de la necesaria en las bobinas del motor para la propulsión. Esto se consigue proporcionando suficientes elementos de factores de fuerza motriz como carga eléctrica en el motor montado en el vehículo. Se emplean capacitores para hacer que el factor de fuerza del motor sea dominante.

10.

En estas condiciones, la parte devanada del motor 1 tiene una corriente alterna de baja frecuencia, en lugar de una corriente continua inducida, como ocurriría para un funcionamiento sincrónico. Las bobinas del carril actúan como el arrollamiento primario de un transformador alimentador de energía cuyo arrollamiento secundario son las bobinas del motor. La transferencia de energía al motor (o motores) del vehículo es suficiente para proporcionar la corriente de suspensión del mismo, y una corriente en exceso para acondicionamiento de aire, alumbrado, etc, en el vehículo. El carril puede considerarse como el inducido devanado y las bobinas del motor como el campo magnético inductor de un motor de reluctancia de rotor y estátor devanados.

15.

20.

No es necesaria toma de energía por medio de un tercer carril.

La figura 8 ilustra un carril del tipo de motor de inducción. Es el equivalente del rotor de jaula de ardilla del motor de inducción giratorio de tipo normal.

25.

El carril 2", que puede ser un ensamblaje de tiras laminadas longitudinalmente de material ferromagnético para el transporte a gran velocidad, está provisto de ranuras transversales uniformemente separadas sobre su superficie inferior. Esta superficie se ilustra hacia arriba en la figura 8, para mayor claridad de ilustración. Las ranuras se separan la mis-

30.



ma distancia que las ranuras que contienen los devanados del motor 1, según se observará en la figura 2.

5. Cada ranura está provista de un material altamente conductivo, relativamente, como puede ser el aluminio 115, que se adhiere a la llamada barra de cortocircuitación 116 y 117 a cada lado del carril. Normalmente las ranuras tienen una profundidad de 12,7 mm por una anchura de 12,7 mm para un carril de 76,2 mm de anchura. Se puede dar al material de aluminio la forma de una larga pletina rebajada que se monta forzada en las ranuras del propio carril. Esta construcción proporciona discontinuidades eléctricas repetitivas.

10. Esta combinación de motor-carril funciona de la misma manera que el conocido motor rotatorio de inducción. El movimiento relativo entre el motor y el carril es más lento que la velocidad de sincronismo. El flujo magnético desplazable consiguiente, que pasa a través del "devanado" de aluminio en las ranuras del carril, produce corrientes circulatorias en la estructura de ranuras y barras de cortocircuitación. El campo magnético creado por estas corrientes reacciona entonces con el flujo procedente del motor 1 y se produce una fuerza de propulsión.

15. El carril del tipo de inducción se puede simplificar simplemente empleando una chapa de aluminio en el lado inferior del carril ferromagnético según se orienta en la práctica. Las corrientes circulatorias mencionadas se inducen al tener lugar el deslizamiento. Estas corrientes encuentran sus propios trayectos en la chapa de aluminio dando el flujo de reacción necesario. Esta modalidad es una modalidad simple que se puede emplear como variante, pero produce un espacio de separación mecánico reducido entre el motor y el carril.

20.

25.

30.

406510



- 43 -

5. La figura 9 ilustra un tramo de carril 2" del tipo de motor de histéresis uniforme. Este tramo puede ser la superficie superior de la vía de acero de los ferrocarriles conocidos existentes, si el aspecto de propulsión del invento se empleará sin el aspecto de suspensión. De otro modo, el dibujo representa la superficie inferior de un carril suspendido por lo que el motor 1 de éste invento se puede suspender también por debajo del mismo para la suspensión y propulsión de un vehículo. El carril es magnéticamente homogéneo.

10. Además, del acero, como material para éste carril, se pueden emplear ciertas ferritas, como es la del tipo 3B7 de Ferroxcube Corp. Para los fines de éste invento es preferible que el circuito de histéresis del material del carril sea rectangular, que dá un empuje máximo durante el ciclo de desmagnetización. Para el modo de funcionamiento de histéresis el carril se magnetiza en cierto grado con la naturaleza de un imán permanente. Este reacciona magnéticamente con el campo magnético del motor 1.

20. Refiriéndonos a las figuras 4A y B con relación al funcionamiento, cuando el sistema de suspensión del vehículo está inactivo y descansa sobre soportes físicos, previstos sobre el ferrocarril, para activar el sistema de suspensión y relaciones debidamente los motores 1 con el carril 2, se alimenta energía eléctrica desde la fuente 3  $\phi$  (suministro) 39 a los amplificadores de energía 108, 109 y 110 y se activan las diversas fuentes de energía indicadas como + y -.

25. El cursor del potenciómetro 68 se ajusta para que alimente un voltaje de referencia al terminal 3 del amplificador 61 igual al voltaje necesario en el terminal 2 del amplificador 61 para elevar el vehículo hasta alcanzar la longitud con-

30.

406510

8 SET 1972



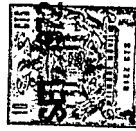
veniente de espacio de separación desde el carril 2.

El sistema de realimentación aumenta entonces la corriente de los amplificadores de energía 108, 109 y 110 a través del devanado 111, 112 y 113 del motor 1 haciendo que se eleven el motor y la masa que lleva unida. El transductor de posición 22 detecta la longitud consiguiente de espacio de separación y hace que el voltaje en el terminal 2 del amplificador 61 iguale al del terminal 3 cuando se alcanza la longitud deseada.

- 5.
10. Con los sistemas de éste invento se puede emplear frenado regenerativo. Para conseguirlo, los devanados del motor 11, 12 y 13 se dotan de un voltaje a una fase retardada de la frecuencia correspondiente a la velocidad del vehículo. Cuando más se retarde este ángulo de fase tanto mayor será la fuerza de frenado. El retardo máximo teórico es de 90 grados eléctricos.

- 15.
20. Se puede emplear otra variante de señal de realimentación de aceleración en lugar de la señal del acelerómetro de referencia inercial 20. Esta señal es una señal de aceleración derivada de la aceleración relativa de la masa (incluyendo el motor 1) con respecto al carril 2. Dicha señal se puede producir por medio de un dispositivo sensor de flujo en el circuito magnético, como puede ser un transductor de efecto Hall, Este transductor sustituye al acelerómetro 20 en el circuito.

- 25.
30. Esta señal no proporciona aislamiento de la masa contra las irregularidades del carril, pero puede ser útil cuando el vehículo tenga que seguir el carril a muy corta distancia por razones técnicas o cuando se quiera evitar el elevado costo de un acelerómetro inercial.



5. En la presente memoria se han expuesto por razones de claridad valores específicos de circuito, números específicos de fases y otros datos específicos. No obstante, los valores específicos de circuito se pueden alterar al menos en un más o un menos veinte por ciento. Se pueden utilizar equivalentes eléctricos de los circuitos integrados y amplificadores de operación cualquiera que sea su tamaño u otras características periféricas.

10. Asimismo, se puede emplear varias relaciones de realimentación a partir de la referencia inercial (acelerómetro) comparadas con la referencia de detección del espacio de separación, dependiendo de la "rigidez" de marcha con respecto a los carriles que se desee alcanzar.

15.

N O T A

20. Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental, siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita PATENTE DE INTRODUCCION por 10 años en España sobre: PERFECCIONAMIENTOS EN SISTEMAS DE SUSPENSION Y PROPULSION MAGNETICA, caracterizándose por lo siguiente:

25.

1.- Perfeccionamientos en sistemas de suspensión y propulsión magnética caracterizados porque los medios de suspensión magnética comprenden: un elemento ferromagnético estacionario; un elemento ferromagnético móvil, separado de dicho elemento estacionario para definir un espacio de separación entre dichos elementos; un circuito eléctrico asociado

30.

*RM*

406510



ES 8

5. con dicho elemento móvil para producir un flujo magnético a través del dicho espacio de separación; un primer elemento sensor sensible a la longitud de dicho espacio de separación; un circuito de realimentación que comprende dicho primer elemento sensor conectado a dicho circuito eléctrico para el control eléctrico de dicho circuito dentro de una amplia gama de longitudes de dicho espacio de separación, y un segundo elemento sensor sensible a la aceleración de dicho elemento móvil con relación a un punto fijo en el espacio, estando comprendido dicho segundo elemento sensor en dicho circuito de realimentación para disponer de un control adicional en dicho circuito eléctrico.

10. 2.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque dicho circuito de realimentación es lineal y comprende un primer elemento eléctrico que tiene una salida eléctrica proporcional a una raíz matemática de su entrada eléctrica.

15. 3.- Perfeccionamientos según la reivindicación 2, caracterizados porque dicho circuito de realimentación comprende un segundo elemento eléctrico que tiene una salida eléctrica proporcional al producto de sus entradas.

20. 4.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones 2 ó 3, caracterizados porque dicho circuito de realimentación comprende un tercer elemento eléctrico que tiene una salida eléctrica proporcional a una diferencial matemática de su entrada eléctrica.

25. 5.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones 3 y 4, caracterizados porque dicho primer elemento sensor sensible a la longitud del espacio de separación y dicho segundo elemento sensor sensible a la aceleración se conectan a dicho

30.



5. primer elemento eléctrico, conectándose la salida de dicho primer elemento eléctrico a dichos segundo y tercer elementos eléctricos, conectándose dicho segundo elemento eléctrico directamente a dicho primer elemento sensor, conectándose las salidas de dichos segundo y tercer elementos eléctricos a dicho circuito eléctrico asociado con dicho elemento ferromagnético móvil para el control de dicho circuito eléctrico.

10. 6.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones 1, 2, 3, 4 o 5, caracterizados porque dicho circuito eléctrico produce una corriente alterna para suspender libremente el elemento móvil contra la fuerza de gravedad que actúa en el mismo, generando dicho circuito de realimentación un voltaje de realimentación de corriente continua para controlar la magnitud de las corrientes de activación de corriente alterna.

15. 7.- Perfeccionamientos según la reivindicación 6, caracterizados porque dicho voltaje de realimentación comprende un parámetro de control para compensar los cambios en el peso total de dicho elemento móvil con el fin de establecerlo a dicha posición de referencia a pesar de dichos cambios de peso.

20. 8.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones 6 ó 7, caracterizados porque dicho voltaje de realimentación comprende un parámetro de control que responde a la velocidad de movimiento del elemento móvil.

25. 9.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones 6 o 7, caracterizados porque dicho voltaje de realimentación comprende un parámetro de control que responde a la aceleración de movimiento del elemento móvil.

30. 10.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones 6 o 7, caracterizados porque dicho voltaje de realimentación com

*RRR*

406510.

- 48 -



prende un parámetro de control que responde al desplazamiento del elemento móvil a partir de una posición de referencia.

5. 11.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones 6, 7, 8, 9 o 10, caracterizados porque dicho voltaje de realimentación varia, en respuesta a los desplazamientos de dicho elemento móvil, como el producto del desplazamiento del elemento móvil desde una posición de referencia multiplicado por la raíz cuadrada de la suma algebraica de: (1) la integral de dicho desplazamiento; (2) dicho desplazamiento; (3) la 10. velocidad de dichos movimientos; y (4) la aceleración de dichos movimientos.

15. 12.- Perfeccionamientos según la reivindicación 11, caracterizados porque dicho desplazamiento es un factor dominante que afecta al voltaje de realimentación cuando la frecuencia de los cambios de desplazamiento es del orden de corriente continua a 1,2 hertzios.

20. 13.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones 11 ó 12, caracterizados porque dicha aceleración es un factor dominante que afecta al voltaje de realimentación cuando la frecuencia de los cambios de desplazamiento es superior a 1,2 Hz.

25. 14.- Perfeccionamientos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizados porque dicho elemento estacionario es un carril alargado y dicho elemento móvil comprende medios para cambiar su posición de equilibrio magnético estático para mover dicho elemento móvil a lo largo del carril.

30. 15.- Perfeccionamientos según la reivindicación 14, caracterizados porque dicho carril tiene discontinuidades -

*RR*

406510



- 49 -

8 SE

5. magnéticas repetitivas y dicho circuito eléctrico tiene trayectos plurales para una corriente eléctrica polifásica con el fin de alterar progresivamente la posición de equilibrio magnético estable de dicho elemento móvil con respecto a dicho carril para trasladar dicho elemento móvil a lo largo de dicho carril.

10. 16.- Perfeccionamientos según la reivindicación 15, caracterizados porque dicho circuito eléctrico se bobina para una pluralidad de fases eléctricas y dichas discontinuidades magnéticas se separan para incluir una parte de dicho circuito eléctrico que lleva todas las citadas fases plurales.

15. 17.- Perfeccionamientos según la reivindicación 14, caracterizados porque se dispone conductores de discontinuidad eléctrica transversales a dicho carril y conductores de cortocircuitación longitudinales, siendo la conductividad eléctrica de dichos conductores mayor que la conductividad eléctrica transversal de dicho carril.

20. 18.- Perfeccionamientos según la reivindicación 14, caracterizados porque se dispone un conductor eléctrico uniforme prácticamente coextensivo y unido con el lado inferior de dicho elemento ferromagnético para quedar comprendido dentro de dicho espacio de separación, por lo que dicho flujo magnético induce corrientes eléctricas en dicho conductor eléctrico uniforme para propulsar magnéticamente dicho elemento ferromagnético móvil a lo largo de dicho elemento ferromagnético estacionario.

25. 19.- Perfeccionamientos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 12, caracterizados porque se dispone devanados polifásicos situados de una forma repetida a lo largo de dicho elemento ferromagnético alargado estacio-

30.

*SP*

406510



5.

nario; medios para activar dichos devanados polifásicos con corriente eléctrica polifásica y medios eléctricamente reactivos para alterar la fase de la corriente eléctrica que fluye en dicho circuito eléctrico por inducción desde dichos devanados polifásicos de la fase de la corriente eléctrica que fluye en dichos devanados polifásicos adicionales, por lo que se transmite energía eléctrica desde dichos devanados polifásicos adicionales hasta dicho circuito eléctrico.

10.

20.- Perfeccionamientos según la reivindicación 14, caracterizados porque dicho elemento ferromagnético estacionario es magnéticamente uniforme y homogéneo, magnéticamente retentivo y tiene histéresis magnética.

15.

21.- Perfeccionamientos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizados porque dicho elemento ferromagnético móvil está laminado longitudinalmente.

20.

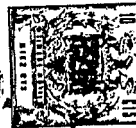
22.- Perfeccionamientos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizados porque dicho elemento ferromagnético estacionario está laminado longitudinalmente.

25.

23.- Perfeccionamientos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizados porque dicho circuito eléctrico comprende un oscilador polifásico de frecuencia variable para originar energía de corriente alterna para activar dicho circuito eléctrico a una frecuencia elegida correspondiente a la velocidad de traslación deseada de dicho elemento móvil.

30.

24.- Perfeccionamientos según la reivindicación 23, caracterizados porque dicho circuito eléctrico comprende adicionalmente un diferenciador imperfecto conectado a cada circuito de fase de salida de dicho oscilador polifásico, para dar una salida de voltaje creciente con frecuencia creciente para



vencer la reactancia inductiva de dicho circuito eléctrico asociado con dicho elemento móvil.

5. 25.- Perfeccionamientos según la reivindicación 24, caracterizados porque dicho circuito eléctrico comprende adicionalmente un multiplicador eléctrico conectado a cada diferenciador imperfecto, conectándose también cada multiplicador a dicho circuito de realimentación alineal, activando dichos multiplicadores dicho circuito eléctrico proporcional al producto de las amplitudes eléctricas derivadas de dicho oscilador y dicho circuito de realimentación.

10. 26.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones 1, caracterizados porque dichos medios de suspensión tienen generador de fuerza, un circuito de realimentación para controlar una fuerza de suspensión producida por dicho generador de fuerza para suspender un objeto desde un soporte del mismo sin hacer contacto con dicho soporte y contra la fuerza de gravedad que actúa sobre dicho objeto con el fin de mantener el objeto de un estado de equilibrio estable dentro de unos límites de separación entre dicho objeto y dicho soporte, teniendo 15. dicho circuito de realimentación por lo menos una entrada elegida entre un grupo de entrada que representan respectivamente la posición, velocidad y aceleración del objeto asociadas con 20. cualquier cambio en el espacio de separación, una señal de salida que se alimenta a dicho generador de fuerza para controlar dicha fuerza de suspensión y medios de circuito que responden a dichas corrientes de entrada para producir dicha señal de salida.

25. 27.- Perfeccionamientos según la reivindicación 26, caracterizados porque dicho circuito de realimentación comprende 30. medios para establecer la magnitud de la fuerza de sus-

406510

8 SET. 1972



pensión a un nivel suficiente para contrarrestar la fuerza de gravedad a un espacio de separación nominal previamente elegido dentro de dichos límites de espacio de separación.

5. 28.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones 26 o 27, caracterizados porque la magnitud de la fuerza de suspensión se regula detectando la posición vertical del objeto y la aceleración de cambio de dicha posición.

29.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones 27, 27 o 28, caracterizados porque dichos medios de circuito comprenden un elemento que tiene una corriente de salida proporcionar a una raíz matemática de su entrada.

15. 30.- Perfeccionamientos según la reivindicación 29, caracterizados porque dichos medios de circuito comprenden un elemento para generar un producto de dicha corriente de raíz cuadrada y dicha corriente de entrada de posición y comprende también un elemento que tiene una corriente de salida proporcional a una diferencial matemática de dicha corriente de salida de raíz cuadrada.

20. 31.- Perfeccionamientos según la reivindicación 30, caracterizados porque dichos medios de circuito comprenden medios para producir una señal de salida que es la suma de dicha diferencial y dicha corriente de salida resultado del producto citado, siendo dicha suma de corriente de salida la señal de salida para controlar dicho generador de fuerza.

25. 32.- Perfeccionamientos según cualquiera de las reivindicaciones 26 a 31, caracterizados porque dicha señal de salida comprende parámetros de control que responden a: (a) la velocidad de movimiento del objeto; (b) la aceleración de movimiento del objeto; y (c) el desplazamiento del objeto a partir de su posición de espacio de separación nominal.

30.

*RR*

406510



5. 33.- Perfeccionamientos según la reivindicación 32, caracterizados porque dicha señal de salida, en respuesta a dichos movimientos, varia como el producto de desplazamiento del objeto desde su posición de espacio de separación nominal multiplicado por la suma algebraica de: (1) la integral de dicho desplazamiento; (2) dicho desplazamiento; (3) la velocidad de dichos movimientos; y (4) la aceleración de dichos movimientos.
10. 34.- Perfeccionamientos según la reivindicación 33, caracterizados porque dicho desplazamiento es un factor dominante que afecta a la señal de salida cuando la frecuencia de los cambios de desplazamiento es del orden de corriente continua a 1,2 hertzios.
15. 35.- Perfeccionamientos según la reivindicación 33, caracterizados porque la aceleración es un factor dominante que afecta al voltaje de realimentación cuando la frecuencia de los cambios en el desplazamiento es superior a 1,2 hertzios.
20. 36.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones 1 caracterizados porque dichos medios de suspensión magnética comprenden: (a) medios electromagnéticos activados por corriente alterna para suspender libremente una masa por atracción magnética contra la fuerza de gravedad que actúa sobre dicha masa; (b) medios de detección llevados por la masa para detectar sus movimientos de separación de una posición de referencia; y (c) medios de realimentación que comprenden dichos medios detectores para regular la magnitud de la activación por corriente alterna de acuerdo con los movimientos detectados por los medios detectores para restablecer la masa a su posición de referencia en una gama de frecuencia ascendente a partir de cero.
- 25.
- 30.

*RRR*

406510



5. 37.- Perfeccionamientos según la reivindicación 36, caracterizados porque: los medios de realimentación generan un voltaje de realimentación de corriente continua para controlar la magnitud de las corriente de activación de corriente alterna.

10. 38.- Perfeccionamientos según la reivindicación 37, caracterizados porque: dicho voltaje de realimentación comprende un parámetro de control para compensar los cambios en el peso total de dicha masa para restablecer de éste modo dicha masa a dicha posición de referencia a pesar de dichos cambios en peso.

15. 39.- Perfeccionamientos según la reivindicación 37, caracterizados porque: el voltaje de realimentación comprende un parámetro de control que responde a la velocidad de movimiento de la masa.

20. 40.- Perfeccionamientos según la reivindicación 37, caracterizados porque: el voltaje de realimentación comprende un parámetro de control que responde a la aceleración de movimiento de la masa.

25. 41.- Perfeccionamientos según la reivindicación 37, caracterizados porque: el voltaje de realimentación comprende un parámetro de control que responde al desplazamiento del objeto desde su posición de referencia.

30. 42.- Perfeccionamientos según la reivindicación 37, caracterizados, porque: el voltaje de realimentación, en respuesta a dichos movimientos, varía como el producto de desplazamiento de la masa desde dicha posición de referencia multiplicado por la raíz cuadrada de la suma algebraica de (1) la integral de dicho desplazamiento; (2) dichos desplazamientos; (3) la velocidad de dichos movimientos; y (4) la acelera-

*RR*

406510

SET. 1972



ción de dichos movimientos.

5.

43.- Perfeccionamientos según la reivindicación 42, caracterizados porque: dicho desplazamiento es un factor dominante que afecta al voltaje de realimentación cuando la frecuencia de los cambios de desplazamiento es del orden de corriente continua hasta 1,2 hertzios.

10.

44.- Perfeccionamientos según la reivindicación 42, caracterizados porque: dicha aceleración es un factor dominante que afecta al voltaje de realimentación cuando la frecuencia de cambios en dicho desplazamiento es superior a 1,2 hertzios.

15.

45.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1 caracterizados porque dichos sistemas comprenden: un elemento fijo; un generador de campo de fuerza electrosensible separado de dicho elemento fijo para generar un campo de fuerza con el mismo y una fuerza de atracción resultante entre ambos, donde la fuerza de atracción varía como el cuadrado de la corriente del generador y inversamente como el cuadrado de la distancia de separación; medios llevados por el generador para producir un voltaje proporcional a la fuerza de atracción que ha de generar el generador para restablecerla y mantenerla en equilibrio estable a una distancia de separación predefinida contra una fuerza de oposición que actúa sobre el generador; y medios que responden a dicho voltaje proporcional a la fuerza para producir y alimentar a dicho generador un voltaje terminal suficiente para generar dicha fuerza de atracción necesaria.

20.

25.

30.

46.- Perfeccionamientos según la reivindicación 45, caracterizados porque dichos medios productores del voltaje

406510

56 -



terminal comprenden medios de raíz cuadrada para producir eléctricamente un voltaje de raíz cuadrada que es la raíz cuadrada de dicho voltaje proporcional a dicha fuerza.

3. 47.- Perfeccionamientos según la reivindicación 45, caracterizados porque dichos medios de voltaje proporcional a la fuerza comprenden medios sensores para producir una señal proporcional a la distancia de separación, comprendiendo dichos medios productores del voltaje terminal; medios de extracción de raíz cuadrada para producir eléctricamente un voltaje que es la raíz cuadrada de dicho voltaje proporcional a la fuerza, y medios multiplicadores para producir eléctricamente un voltaje que es el producto de dicha raíz cuadrada y dicha señal proporcional a la distancia.

15. 48.- Perfeccionamientos según la reivindicación 47, caracterizados porque dicho voltaje de raíz cuadrada tiene una frecuencia proporcional a cualquier variación en dicha señal proporcional a la distancia, comprendiendo también dichos medios productores del voltaje terminal; medios para diferenciar dicho voltaje de raíz cuadrada para producir un voltaje proporcional a su frecuencia, y medios para sumar eléctricamente dicho voltaje del producto citado y dicho voltaje proporcional a la frecuencia.

20. 49.- Perfeccionamientos según la reivindicación 48, caracterizados porque dicho voltaje terminal se produce de acuerdo con la ecuación:

$$E = K_1 \sqrt{F} (R + jK_2 f)$$

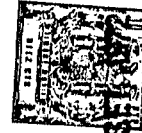
25. donde:

E es el voltaje terminal

F es la fuerza de atracción necesaria

30. R es la resistencia del generador.

*Handwritten signature or initials.*



$\lambda$  es la distancia de separación  
 $f$  es la frecuencia del voltaje de raíz cuadrada  
 $K_1$  y  $K_2$  son constantes.

5. 50.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque dichos sistemas comprenden: un carril de sustentación ferromagnético que tiene medios de reacción productores de empuje lineal; un motor lineal eléctrico situado por debajo de dicho carril en relación de separación con el mismo que define un espacio de aire entre ambos, teniendo dicho motor devanados polifásicos para producir un campo magnético de suspensión y propulsión combinados del motor con respecto a dicho carril y sus medios de reacción; una fuente amplificadora de energía polifásica controlable de amplitud variable y voltaje de frecuencia variable para activar respectivamente dichos devanados polifásicos; y medios de control de la longitud del espacio de separación y de la frecuencia llevados por dicho motor para regular simultáneamente la amplitud de cada fase de dicho voltaje de activación para restablecer y mantener el motor en equilibrio estable a un espacio de separación predeterminado y para regular simultáneamente la frecuencia de cada fase de dicho voltaje de activación para establecer la velocidad lineal del motor a lo largo del carril.

25. 51.- Perfeccionamientos según la reivindicación 50, caracterizados porque dichos medios de control de la longitud del espacio de separación comprenden medios para detectar la longitud del espacio de separación y cualquier aceleración del motor asociada con cualquier cambio en la longitud del espacio de separación.

30. 52.- Perfeccionamientos, según la reivindicación 51, caracterizados porque dichos medios de control de la lon-

*MM*

406510

- 58 -



5. gitud de separación comprenden también medios sensibles a las señales producidas por dichos medios sensores para producir una entrada de voltaje de realimentación a dicha fuente amplificadora de energía para regular la amplitud de su voltaje de salida.

10. 53.- Perfeccionamientos según la reivindicación 52, caracterizados porque dichos medios sensibles a la señal comprenden medios amplificadores operacionales sensibles a dichas señales para producir un voltaje proporcional a la fuerza que es proporcional a la fuerza de atracción magnética del motor al carril necesaria para mantener el motor a dicho espacio de separación contra la fuerza de gravedad que actúa en el mismo, y medios para extraer eléctricamente la raíz cuadrada de dicho voltaje proporcional a la fuerza para producir un voltaje de raíz cuadrada.

15. 54.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones anteriores, caracterizados porque para linealizar la función voltaje con respecto a la fuerza de un generador de campo de fuerza electrosensible cuya fuerza de atracción generada con respecto a un elemento cooperante inmóvil separado del mismo varía directamente en el cuadrado de la corriente del generador e inversamente en el cuadrado de la distancia de separación, dichos sistemas comprenden: medios para detectar el espacio de separación que define la distancia de separación y cualquier aceleración del generador asociado con cualquier cambio en el espacio de separación para producir señales indicativas de la longitud del espacio y el régimen de cambio de dicho espacio de separación; medios para derivar de dichas señales un voltaje de realimentación proporcional a la fuerza correspondiente a una fuerza de atracción estabilizadora del

20.

25.

30.

*MA*

406510

- 59 -

- 8 SET. 1972



espacio de separación que ha de generar el generador y que es suficiente contra una fuerza opuesta para restablecer y mantener el generador en una posición de equilibrio estable a un espacio de separación predeterminado; medios para derivar desde dicho voltaje de realimentación y dichas señales componentes de voltaje de realimentación no reactivos y reactivos proporcionales respectivamente a la longitud del espacio de separación y a la frecuencia de las señales; y medios para alimentar al generador un voltaje terminal proporcional a la suma de dichos componentes de voltaje no reactivo y reactivo, por lo que el generador genera dicha fuerza de atracción estabilizadora.

55.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones anteriores caracterizados porque dichos sistemas comprenden: medios para situar un motor lineal eléctrico por debajo de un soporte de carril magnético para el mismo; medios para controlar la relación de voltaje y corriente del motor para establecer un campo magnético de atracción entre el motor y el carril suficiente para suspender la masa incluyendo el motor y su carga contra la fuerza de gravedad y a un espacio de separación que define el desplazamiento del motor a partir del carril; medios para detectar el desplazamiento en el espacio de separación y cualquier aceleración de dicha masa asociada con cualquier cambio en el desplazamiento del espacio de separación; medios para ajustar dicha relación de voltaje y corriente del motor en respuesta a señales detectadas por los sensores de desplazamiento y aceleración para mantener dicho desplazamiento del espacio de separación; medios para ajustar dicha relación de voltaje y corriente para producir alternaciones del campo de suspensión y moverlo a lo largo

*RRR*

406510

- 60 -

8 SET. 1972



del motor y en una relación productora de empuje lineal con respecto al carril para mover la masa a lo largo del carril a una velocidad determinada por la frecuencia de dichas alter-  
naciones del campo; medios para variar la frecuencia de dichas alternaciones del campo para ajustar la velocidad lineal de la masa; y medios para ajustar dicho voltaje en función a la frecuencia para compensar la impedancia creciente del motor con la frecuencia para mantener de éste modo constante la potencia del campo de suspensión en todas las velocidades de propulsión.

56.- Perfeccionamientos según la reivindicación 54, caracterizados porque el generador se suspende por debajo de su elemento cooperante y porque la fuerza opuesta es el peso del generador debido a la aceleración de la gravedad.

57.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones 54 o 56, caracterizados porque la fuerza de oposición es una fuerza de inercia que actúa sobre el generador.

58.- Perfeccionamientos según la reivindicación 54, caracterizados porque dichos medios empleados para derivar dichos componentes de voltaje no reactivo y reactivo comprenden medios para extraer eléctricamente la raíz cuadrada de dicho voltaje proporcional a la fuerza.

59.- Perfeccionamientos según la reivindicación 54, caracterizados porque dichos medios empleados para derivar dichos componentes de voltaje no reactivo y reactivo comprenden medios para extraer eléctricamente la raíz cuadrada de dicho voltaje proporcional a la fuerza, multiplicando eléctricamente el voltaje de raíz cuadrada por el voltaje de la señal de longitud del espacio de separación, y diferenciando el voltaje de raíz cuadrada.

*Handwritten signature or mark.*



60.- Perfeccionamientos según la reivindicación 54, caracterizados porque dichos medios empleados para derivar dicho voltaje terminal comprenden medios para sumar dichos componentes de voltaje no reactivo y reactivo.

6.- Perfeccionamientos según la reivindicación 54, caracterizados porque los medios empleados para derivar los voltajes proporcional a la fuerza y terminal comprenden medios para realizar eléctricamente las multiplicaciones y sumas expresadas por la ecuación de función de voltaje con respecto a la fuerza:

$$E = K_3 ( \sqrt{F} \ lR + j \sqrt{F} \ K_4 + w )$$

donde:

E es el voltaje terminal

$\sqrt{F} \ lR$  es el componente de voltaje no reactivo

$j \sqrt{F} \ K_4$  es el componente de voltaje reactivo

$K_3, K_4$  son constantes

j es el símbolo de reacción

F es la fuerza de atracción; el voltaje proporcional a la fuerza

l es la longitud del espacio de separación

R es la resistencia del generador

w es  $2 \pi f$

f es la frecuencia de la señal detectada.

62.- Perfeccionamientos según la reivindicación 54, caracterizados porque el generador es un aparato electromagnético y su campo de fuerza generada es un campo magnético.

63.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones anteriores caracterizados porque para linealizar la función de voltaje contra fuerza del motor eléctrico lineal polifásico cuya fuerza de atracción magnética generada con respecto al

*MM*

406510

- 62 -



5. carril ferromagnético de reacción, del que se suspende y se separa físicamente, varía directamente como el cuadrado de la corriente del motor e inversamente como el cuadrado de la distancia de separación, dicho sistema comprende: medios para detectar el espacio de separación que define la distancia de separación y cualquier aceleración del motor asociado con cualquier cambio en el espacio de separación para producir señales indicativas de la longitud del espacio de separación y el régimen de cambio del mismo; medios para derivar desde dichas señales un voltaje de realimentación proporcional a la fuerza que corresponde a una fuerza de atracción estabilizadora del espacio de separación que ha de ser producida por el motor y que es suficiente contra una fuerza de oposición que actúa sobre el motor para restablecerlo y mantenerlo en una posición de equilibrio estable a un espacio de separación predeterminado; medios para proporcionar un voltaje de control polifásico de amplitud constante y frecuencia variable; medios para ajustar la amplitud por fase de dicho voltaje de control polifásico para aumentar a partir de cero, 10. medios para derivar desde dicho voltaje proporcional a la fuerza, desde dichas señales y desde dicho voltaje polifásico ajustado en amplitud, por fase del mismo, componentes de voltaje proporcionales a la longitud del espacio de separación y la frecuencia del voltaje polifásico; y medios para alimentar al motor un voltaje terminal polifásico proporcional a dichos componentes de voltaje, por cada una de sus fases, para producir dicha fuerza de atracción estabilizadora a cualquier frecuencia ascendente a partir de cero de dicho voltaje de control polifásico.
- 15.
- 20.
- 25.
30. 64.- Perfeccionamientos según la reivindicación 63,

*MM*

406510



- 63 -

- 8 SET -

5. caracterizados porque el campo magnético del motor suspende y propulsa dicho motor a lo largo del carril y porque la velocidad lineal del motor a lo largo del carril está en función a la frecuencia de las alternaciones del campo magnético.

65.- Perfeccionamientos en sistema de suspensión y propulsión magnética, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria, y en los dibujos adjuntos.

Esta Memoria consta de sesenta y tres hojas, escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

- 8 SET. 1972

ROHR INDUSTRIES,

L. GOMEZ ACEBO Y ROSEN  
c/ El Encanto 1. Gasta Fernández



406510

FIG. 3

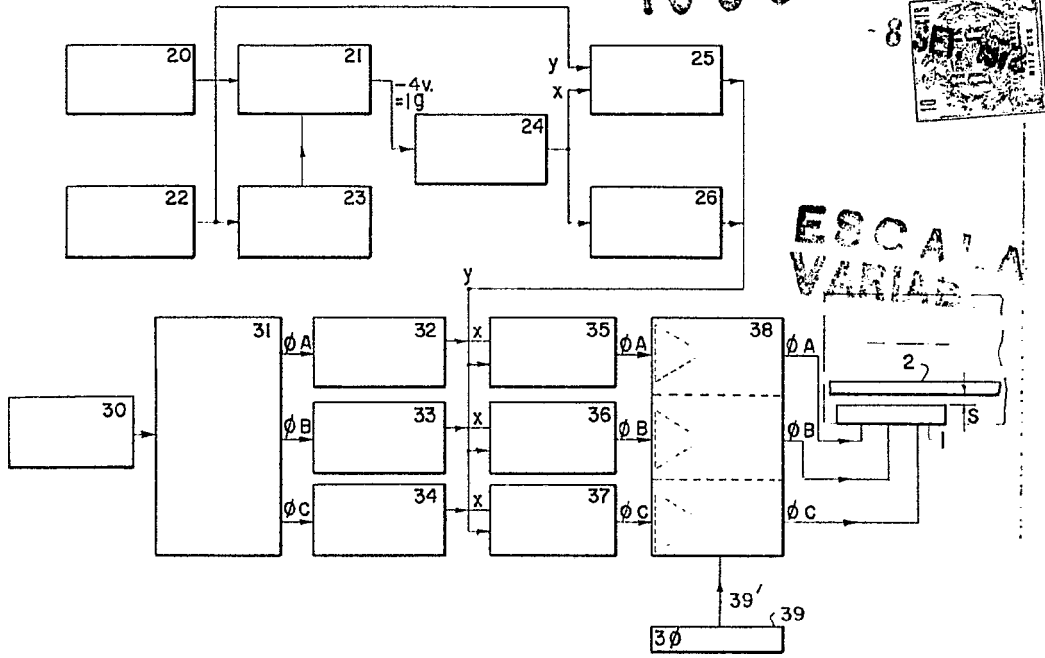
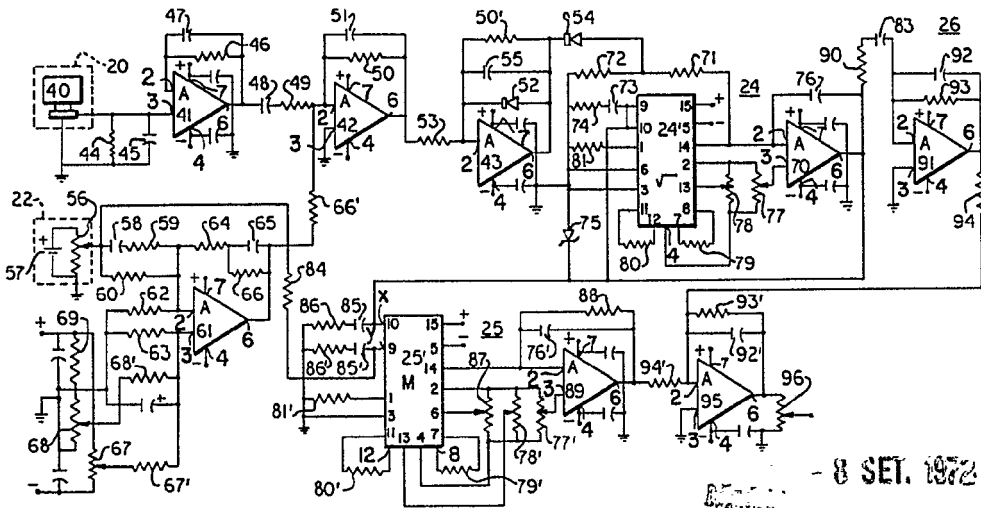


FIG. 4A



- 8 SET. 1972

L. GOMEZ LUCAS Y MORALES  
p. p. Elmadal L. Guota Fernandez

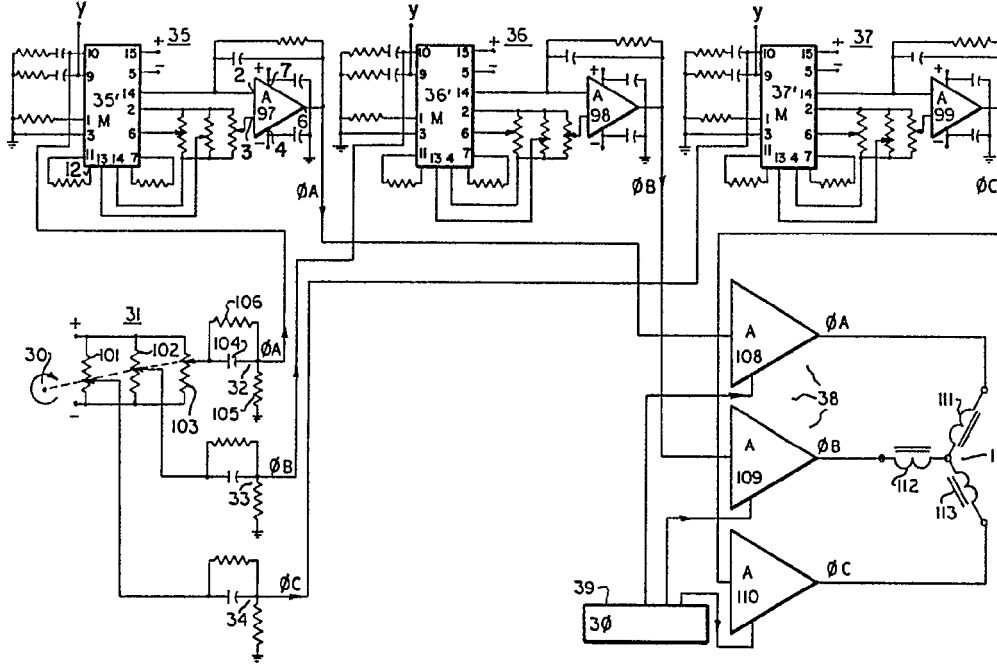
*[Handwritten signature]*

406510



ESPAÑA

FIG. 4B



8 SET. 1972

I. GOMEZ ACEBO Y MOBET  
p. p. Elmerdo L. Gacia Ferrández

406510

8 SET. 1972

ESCALA VARIABLE

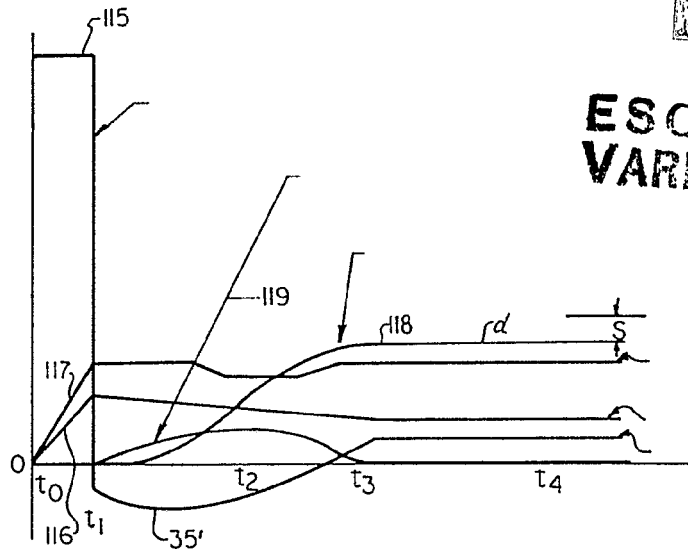


FIG. 5

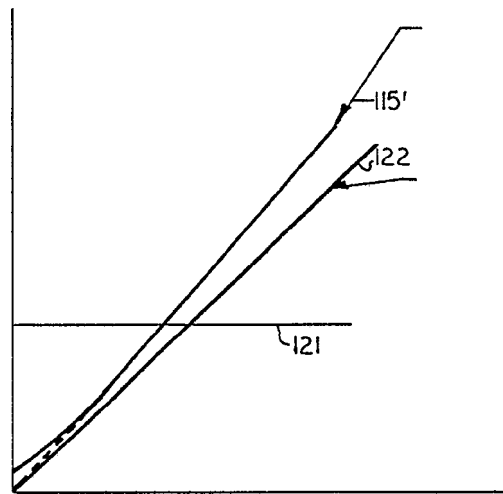


FIG. 6

Madrid 8 SET. 1972

J. GOMEZ ACEDO Y MODER  
Ingenieros de la Especialidad de Electricidad

*Compuer*

406510

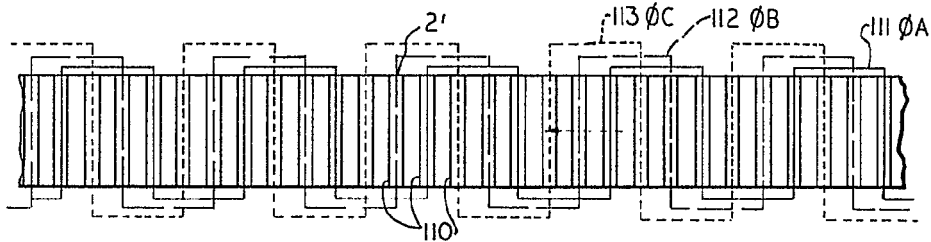


FIG. 7

**ESCALA  
VARIABLE**

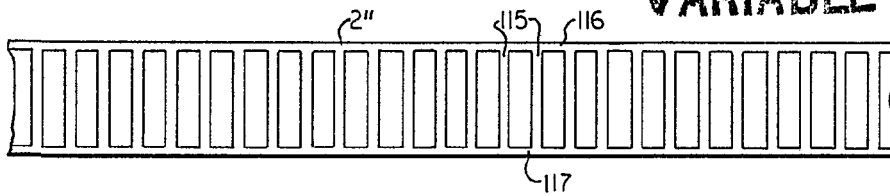


FIG. 8



FIG. 9

Madrid - 8 SET. 1972

COMITÉ TÉCNICO Y LEGAL  
de la Industria, Comercio y Energía  
*[Handwritten signature]*