

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 660 012**

51 Int. Cl.:

G01M 13/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2011** **E 11305836 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.12.2017** **EP 2405249**

54 Título: **Dispositivo para poner a prueba la influencia de corrientes de fuga sobre la vida útil de rodamientos de motores eléctricos**

30 Prioridad:

07.07.2010 FR 1055512

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

20.03.2018

73 Titular/es:

ALSTOM TRANSPORT TECHNOLOGIES (100.0%)
48, rue Albert Dhalenne
93400 Saint-Ouen, FR

72 Inventor/es:

LAITEM, CLAUDE y
BOUALEM, BENALI

74 Agente/Representante:

SALVA FERRER, Joan

ES 2 660 012 T3

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

DESCRIPCIÓN

Dispositivo para poner a prueba la influencia de corrientes de fuga sobre la vida útil de rodamientos de motores eléctricos

5

[0001] La presente invención se refiere a pruebas de la influencia de corrientes eléctricas de fuga sobre la vida útil de rodamientos destinados a motores eléctricos, y concretamente motores eléctricos alimentados por onduladores.

10 **[0002]** Los rodamientos de motores eléctricos síncronos o asíncronos se someten a degradaciones que resultan de pasajes de corrientes eléctricas de fuga. Estas corrientes eléctricas de fuga pueden resultar de disimetría en la estructura de los circuitos magnéticos del motor o de la alimentación del motor por onduladores. Cuando las corrientes son generadas por disimetrías del circuito magnético, las corrientes que atraviesan los rodamientos tienen frecuencias bajas de varios kHz. Cuando los motores son alimentados por onduladores, las corrientes de fuga tienen
15 frecuencias mucho más altas que pueden alcanzar 100 kHz, incluso varios MHz (véase Kempsey A: "Capacity coupled discharging currents in bearings of induction motor fed from PWM (pulsewidth modulation) inverters", JOURNAL OF ELECTROSTATICS, Mayo de 2001 ELSEVIER NL, vol. 51-52, no. 1-4, páginas 416-423). En general, estos dos tipos de corrientes están presentes simultáneamente en los motores y es necesario proteger los rodamientos contra las degradaciones que resultan de estas corrientes. Para ello, se pueden utilizar rodamientos aislados
20 eléctricamente que anulan completamente el paso de las corrientes de baja frecuencia. Sin embargo, estos aislamientos tienen un comportamiento capacitivo, de modo que las corrientes de alta frecuencia siguen atravesando los rodamientos y siguen, por lo tanto, deteriorando los rodamientos y disminuyendo, de este modo, la vida útil de los motores. En la actualidad, no hay ninguna norma establecida o de criterio que permita evaluar a priori la vida útil de los rodamientos sometidos a dichas corrientes de fuga. También es deseable poder estudiar la influencia de estas
25 corrientes eléctricas sobre la vida útil de los rodamientos en función, concretamente, de la carga a la que está sometido el rodamiento y de su temperatura de funcionamiento. Para realizar dichos estudios, en principio es posible utilizar los motores para los que se desea determinar la vida útil y hacerles girar durante un largo período en bancos de pruebas o sometiéndoles a fuerzas importantes. Sin embargo, esta forma de proceder presenta el inconveniente de necesitar equipos muy pesados y de necesitar tiempos de ensayo muy largos.

30

[0003] Existen ciertamente bancos de pruebas de motores eléctricos destinados a estudiar la resistencia de los rodamientos de motores eléctricos. Sin embargo, dichos bancos de pruebas solamente tienen en cuenta las sollicitaciones mecánicas. Además, no permiten determinar la incidencia de las corrientes eléctricas de fuga sobre la duración de estos rodamientos.

35

[0004] La publicación de Har Prashad: "EFFECT OF OPERATING PARAMETERS ON THE THRESHOLD VOLTAGES AND IMPEDANCE RESPONSE OF NON-INSULATED ROLLING ELEMENT BEARINGS UNDER THE ACTION OF ELECTRICAL CURRENTS", WEAR, vol. 117, nº. 2, 15 de junio de 1987, páginas 223-240, divulga un banco de pruebas que permite someter un rodamiento a corrientes eléctricas sinusoidales y a cargas mecánicas. El
40 objetivo de la presente invención es remediar estos inconvenientes proponiendo un medio para estudiar la influencia de las corrientes de fuga sobre la vida útil de los rodamientos de motores eléctricos, concretamente cuando estos rodamientos son sometidos a cargas, y realizar de este modo ensayos de resistencia que pueden tener una duración reducida con respecto a los ensayos a gran escala en motores.

45 **[0005]** La invención también está adaptada para estudiar la vida útil de rodamientos destinados a equipar ejes, puentes de transmisión o cajas de eje, por donde pasan también corrientes parásitas.

[0006] A tal efecto, la invención tiene por objeto un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1.

50 **[0007]** Preferentemente, el dispositivo comprende al menos un medio de medida de vibraciones y un medio de medida de temperatura dispuestos en el cojinete destinado a recibir un rodamiento.

[0008] Preferentemente, el medio para generar impulsos está adaptado para generar impulsos de tensión ajustables entre 0 y 100 V, preferentemente 30 V, y está conectado a un circuito eléctrico que permite generar una
55 tensión entre un cojinete y el árbol de accionamiento del rodamiento y que comprende un medio de ajuste de la impedancia.

[0009] Preferentemente, el dispositivo comprende un medio para ejercer una fuerza radial sobre el árbol de accionamiento del rodamiento y/o un medio para ejercer una fuerza axial sobre el árbol de accionamiento del

rodamiento.

[0010] Preferentemente, el dispositivo consta de dos cojinetes de recepción de un rodamiento de motor eléctrico y porque el medio para generar impulsos de corriente eléctrica está adaptado para hacer circular impulsos eléctricos entre los cojinetes pasando a través de los rodamientos y en el árbol de accionamiento en rotación de los rodamientos.

[0011] Preferentemente, el circuito eléctrico que conecta los cojinetes al generador de impulsos comprende al menos una parte lineal que se extiende paralelamente al árbol de accionamiento de los rodamientos y adaptada para minimizar la inductancia del circuito eléctrico.

[0012] Preferentemente, el dispositivo comprende medios de registro de los impulsos eléctricos, de las vibraciones de los cojinetes, de la temperatura de los cojinetes, de las fuerzas radiales y/o axiales, de la intensidad, de la tensión, de la duración y de la frecuencia de los impulsos y al menos un medio de control del generador de impulsos, del motor de accionamiento y, opcionalmente, de los medios para ejercer fuerzas radiales y/o axiales.

[0013] La invención también se refiere a un procedimiento para poner a prueba la influencia de una corriente de fuga sobre la vida útil de un rodamiento de motor eléctrico, de acuerdo con el cual se monta al menos un rodamiento sobre un dispositivo de acuerdo con la invención, se pone en marcha el motor de accionamiento, se generan impulsos de corriente eléctrica ajustado la amplitud de los impulsos de tensión para que la tensión entre un cojinete y el árbol de accionamiento de rodamiento sea superior a la tensión de ruptura del rodamiento, y ajustando la impedancia del circuito de alimentación eléctrica del cojinete y del árbol de accionamiento, se genera opcionalmente una fuerza radial y/o una fuerza axial sobre el árbol de accionamiento, se registran las vibraciones y la temperatura del o de los cojinetes y se determina el tiempo al cabo del cual la intensidad de las vibraciones y/o la temperatura supera un umbral fijado de antemano.

[0014] El dispositivo y el procedimiento de acuerdo con la invención permiten de este modo someter a los rodamientos a ensayos con carga mecánica y eléctrica. La posibilidad de ajustar las características de las cargas eléctricas permite ajustar la intensidad y la frecuencia de los impulsos eléctricos que atraviesan el motor. Esta posibilidad presenta la ventaja de permitir reducir los tiempos necesarios para poder poner a prueba la vida útil de los rodamientos con respecto al tiempo real de funcionamiento de un motor.

[0015] La invención se describirá a continuación de forma más precisa, pero no limitante, en relación con las figuras adjuntas, en las cuales:

- la figura 1 es un esquema general de un banco de pruebas de la resistencia de rodamientos de motores eléctricos sometidos a fuerzas mecánicas y a sollicitaciones eléctricas.
- la figura 2 es una vista aumentada parcial del circuito de alimentación con impulsos eléctricos de los cojinetes de soporte de rodamientos a poner a prueba en un banco de pruebas de la figura 1.
- la figura 3 es una representación esquemática de los impulsos de tensión y de corriente utilizados para solicitar eléctricamente los rodamientos puestos a prueba en el banco de pruebas de la figura 1.

[0016] El dispositivo, o banco de pruebas, indicado en general mediante 1 en la figura 1, comprende un primer cojinete 2 destinado a recibir un primer rodamiento a poner a prueba 3 y un segundo cojinete 4 destinado a recibir un segundo rodamiento a poner a prueba 5. El dispositivo comprende un árbol 6 de accionamiento en rotación de los rodamientos que está adaptado para cooperar con las anillas internas de los rodamientos a poner a prueba 3 y 5. Este árbol es accionado en rotación por un motor eléctrico 9 de velocidad variable por medio de un medio de embrague 7 que comprende un medio de conexión mecánica que garantiza un aislamiento eléctrico 8. El motor está alimentado y regido por un medio de alimentación y de mando en velocidad 10 conocido, a su vez, por el experto en la materia. Los dos cojinetes 2 y 4 están montados sobre un armazón 24 por medio de aislantes eléctricos 25 y 26. Están conectados a un generador de impulsos eléctricos 11 regido por un dispositivo de mando 12 del generador de impulsos eléctricos. El generador de impulsos, conocido a su vez, está adaptado para poder suministrar impulsos de corriente que tienen una forma sinusoidal amortiguada o constituida por una serie de impulsos de tipo triángulo. La frecuencia de los impulsos de corriente es ajustable y puede alcanzar los 10 MHz. Cuando la alimentación genera impulsos de tipo triángulo, el tiempo de ascenso de la corriente eléctrica es inferior a 5 microsegundos. La amplitud de los picos de impulsos es ajustable entre 0 y 30 A y la frecuencia de estos impulsos es ajustable entre 0 y 500 kHz. El generador de impulsos está adaptado para que la tensión aplicada entre los dos rodamientos sea ajustable entre 0 y 100 V. De forma más precisa, esta tensión se determina de modo que la tensión entre un rodamiento y el árbol de accionamiento sea superior a la tensión de ruptura del rodamiento.

[0017] Como se ve en la figura 2, los dos cojinetes 2 y 4 están conectados al generador de impulsos mediante un medio de conexión que comprende, por un lado, un cable coaxial 30 conectado al generador eléctrico y, por otro lado, una barra de alimentación de corriente 31 paralela al árbol 6, situada muy cerca de los dos cojinetes 2 y 4, y dividida en dos segmentos 32 y 33. La alimentación mediante el cable coaxial 30 llega aproximadamente al centro de la barra de conexión 31. Está conectada directamente a un primer segmento 33 de la barra de conexión 31 y al segundo segmento 32 por medio de un reostato 35 refrigerado por un ventilador 36 y conectado al circuito eléctrico por conductores 34. En esta barra de alimentación está implantada una pinza amperimétrica 37. Esta disposición de una barra conductora paralela al árbol, y muy cerca de éste, presenta la ventaja de reducir al mínimo la inductancia del circuito eléctrico a través del cual pasan los impulsos de corriente.

[0018] Debido a la presencia del reostato, el circuito eléctrico que permite generar una tensión eléctrica entre un cojinete y el árbol de accionamiento consta de un medio de ajuste de la impedancia, lo que permite ajustar la intensidad de las corrientes que resultan de la tensión generada.

[0019] Además de la alimentación con impulsos eléctricos, el banco de pruebas consta de un primer medio para ejercer una fuerza axial sobre el árbol de accionamiento de los rodamientos. Este medio está constituido, por un lado, por un cojinete de extremo 17 conectado a un gato 18 por medio de un medio de unión aislante eléctrico 19. El gato 18 adaptado para ejercer una fuerza axial sobre el árbol de accionamiento de los rodamientos, consta de un medio de alimentación y de mando 20. Este medio de alimentación y de mando es, por ejemplo, una central hidráulica que es conocida en sí misma por el experto en la materia.

[0020] El banco de pruebas consta también de un segundo medio para ejercer una fuerza radial sobre el árbol de accionamiento de los rodamientos. Este medio consta de un cojinete 23 atravesado por el árbol 6 y situado aproximadamente a media distancia entre los dos cojinetes 2 y 4 destinados a recibir los rodamientos a poner a prueba. Este cojinete 23 puede estar sometido a fuerzas radiales con ayuda de un gato 12 que descansa sobre el armazón 24 por medio de un medio aislante eléctrico 27. El gato radial 12 también es alimentado mediante medios de alimentación y de mando 22 que son, por ejemplo, una central hidráulica.

[0021] Para seguir las condiciones de funcionamiento de los rodamientos en ensayo, los cojinetes 2 y 4 constan, cada uno, de un medio de medida de aceleración 13 y 15 que permiten, respectivamente, medir la intensidad de las vibraciones de los rodamientos. Esta medida de la intensidad de las vibraciones del rodamiento permite detectar el grado de desgaste de los rodamientos, y, por lo tanto, detectar el instante en el que se considera que los rodamientos están fuera de servicio. Los cojinetes 2 y 4 constan también de los medios de medida de temperatura 14 y 16 respectivamente que permiten determinar las condiciones de temperatura de funcionamiento de los rodamientos.

[0022] Además de las medidas de temperatura y de intensidad de vibración de los cojinetes, el banco de pruebas consta de medios de medida de la velocidad de rotación, de las características eléctricas de los impulsos, del número de impulsos que han sido recibidos por los rodamientos, de las fuerzas que son ejercidas por los medios para ejercer sobre los rodamientos fuerzas axiales y fuerzas radiales. Todas estas medidas son registradas por medio de medios de registro conocidos en sí mismos por el experto en la materia. Estos medios son, por ejemplo, un micro-ordenador 39.

[0023] Como se ve en la figura 3, los impulsos emitidos por el generador de impulsos se caracterizan por impulsos de tensión 40 de forma generalmente rectangular, que tienen una duración Δt . Dos impulsos sucesivos están separados por un intervalo de tiempo ΔT . La duración Δt define la frecuencia de los impulsos, siendo esta frecuencia de los impulsos $1/\Delta t$. El intervalo de tiempo ΔT define la frecuencia de repetición de los impulsos, esta frecuencia es $1/\Delta T$. Como se ha indicado anteriormente, la frecuencia de los impulsos $1/\Delta t$ es ajustable entre 0 y una decena de MHz, mientras que la frecuencia de repetición de los impulsos da $1/\Delta T$, es ajustable entre 0 y 500 kHz. En la figura, se ha representado también la forma de los impulsos de corriente: intensidad en función del tiempo, que resulta de los impulsos de tensión a los que son sometidos los cojinetes. Estos impulsos de corriente 41 constan de una fase ascendente 42 que corresponde a la fase durante la cual el cojinete está sometido a una tensión, y a continuación una fase de descenso 43. La intensidad máxima U_i de los impulsos de tensión a los que está sometido el dispositivo se selecciona para ser siempre superior a la tensión de ruptura, U_{claq} , de los rodamientos, de modo que los rodamientos estén siempre atravesados por descargas eléctricas. La intensidad de las descargas eléctricas puede ajustarse actuando sobre el potenciómetro 35.

[0024] Para poner a prueba la vida útil de los rodamientos de motores eléctricos con ayuda de este banco de pruebas, se monta sobre el banco un rodamiento aguas arriba y un rodamiento aguas abajo de un motor eléctrico uniéndoles de una pieza con el árbol de accionamiento. Se somete a estos rodamientos a una fuerza axial y una fuerza radial que corresponden a las fuerzas axiales y radiales de funcionamiento del motor o, de una forma más general, fuerzas a las cuales se desea poner a prueba la vida útil de los rodamientos. A continuación, se acciona en rotación el árbol de accionamiento en rotación 6 de los rodamientos a una velocidad correspondiente a la velocidad a la que se desea poner a prueba el funcionamiento del motor y, con ayuda del generador de impulsos, se generan impulsos que corresponden a impulsos representativos de las corrientes de fuga del motor. Se hace funcionar el banco al tiempo que se registra la temperatura y las aceleraciones con ayuda de acelerómetros y termopares. Se fijan umbrales para la intensidad de las aceleraciones y opcionalmente para la temperatura. Permitiendo estos umbrales determinar un criterio de deterioro de los rodamientos. Se hace funcionar entonces el banco de pruebas y se determina el tiempo al cabo del cual se alcanzan los umbrales fijados para las vibraciones, o para la temperatura.

[0025] De este modo, se puede poner a prueba la vida útil de los rodamientos y, de forma más general, estudiar el efecto de los diferentes parámetros de funcionamiento (velocidad, carga axial, carga radial, intensidad y frecuencia de las corrientes de fuga) sobre esta vida útil.

[0026] Se observará que la invención también está adaptada para estudiar la vida útil de rodamientos destinados a equipar ejes, puentes de transmisión o cajas de eje, por donde pasan también corrientes parásitas.

20

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para poner a prueba la influencia de corrientes eléctricas de fuga sobre la vida útil de rodamientos destinados a un motor eléctrico, que comprende:
- 5 - al menos un cojinete (2, 4) destinado a recibir un rodamiento (3, 5) a poner a prueba;
 - un árbol (6) de accionamiento en rotación del rodamiento a poner a prueba que coopera con un motor (9) de accionamiento en rotación;
caracterizado porque comporta un medio (11) para generar impulsos de corriente eléctrica que circulan entre el cojinete y el árbol de accionamiento pasando a través del rodamiento, estando este medio (11) para generar impulsos adaptado para ajustar la duración de un impulso para corresponder a una frecuencia que puede llegar hasta 10 MHz, preferentemente hasta 100 kHz, siendo el tiempo de ascenso de la intensidad inferior a 5 μ s, para poder ajustar la frecuencia de repetición de los impulsos eléctricos entre 0 y 500 kHz, preferentemente 50 kHz y poder ajustar la amplitud del pico de impulsos eléctricos entre 0 y 30 A, preferentemente 5 A.
- 10 2. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende al menos un medio de medida de vibraciones (13, 15) y un medio de medida de temperatura (14, 16) dispuestos en el cojinete (2, 4) destinado a recibir un rodamiento.
- 15 3. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** el medio (11) para generar impulsos está adaptado para generar impulsos de tensión ajustables entre 0 y 100 V, preferentemente 30 V, y **porque** está conectado a un circuito eléctrico que permite generar una tensión entre un cojinete y el árbol de accionamiento del rodamiento y que comprende un medio de ajuste de la impedancia (35).
- 20 4. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** comprende un medio (12) para ejercer una fuerza radial sobre el árbol de accionamiento del rodamiento y/o un medio (18) para ejercer una fuerza axial sobre el árbol de accionamiento del rodamiento.
- 25 5. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** consta de dos cojinetes (2, 4) de recepción de un rodamiento de motor eléctrico y **porque** el medio para generar impulsos de corriente eléctrica (11) está adaptado para hacer circular impulsos eléctricos entre los cojinetes pasando a través de los rodamientos y en el árbol de accionamiento en rotación de los rodamientos.
- 30 6. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado porque** el circuito eléctrico que conecta los cojinetes al generador de impulsos comprende al menos una parte lineal (33) que se extiende paralelamente al árbol de accionamiento de los rodamientos y adaptada para minimizar la inductancia del circuito eléctrico.
- 35 7. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** comprende medios de registro (39) de los impulsos eléctricos, de las vibraciones de los cojinetes, de la temperatura de los cojinetes, de las fuerzas radiales y/o axiales, de la intensidad, de la tensión, duración y frecuencia de los impulsos y al menos un medio de control del generador de impulsos, del motor de accionamiento y, opcionalmente, medios para ejercer fuerzas radiales y/o axiales.
- 40 8. Procedimiento para poner a prueba la influencia de una corriente de fuga sobre la vida útil de un rodamiento de motor eléctrico, **caracterizado porque** se monta al menos un rodamiento sobre un dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, se pone en marcha el motor de accionamiento, se generan impulsos de corriente eléctrica ajustado la amplitud de los impulsos de tensión para que la tensión entre un cojinete y el árbol de accionamiento de rodamiento sea superior a la tensión de ruptura del rodamiento, y ajustando la impedancia del circuito de alimentación eléctrica del cojinete y del árbol de accionamiento, se genera opcionalmente una fuerza radial y/o una fuerza axial sobre el árbol de accionamiento, se registran las vibraciones y la temperatura del o de los cojinetes y se determina el tiempo al cabo del cual la intensidad de las vibraciones y/o la temperatura supera un umbral fijado de antemano.
- 50

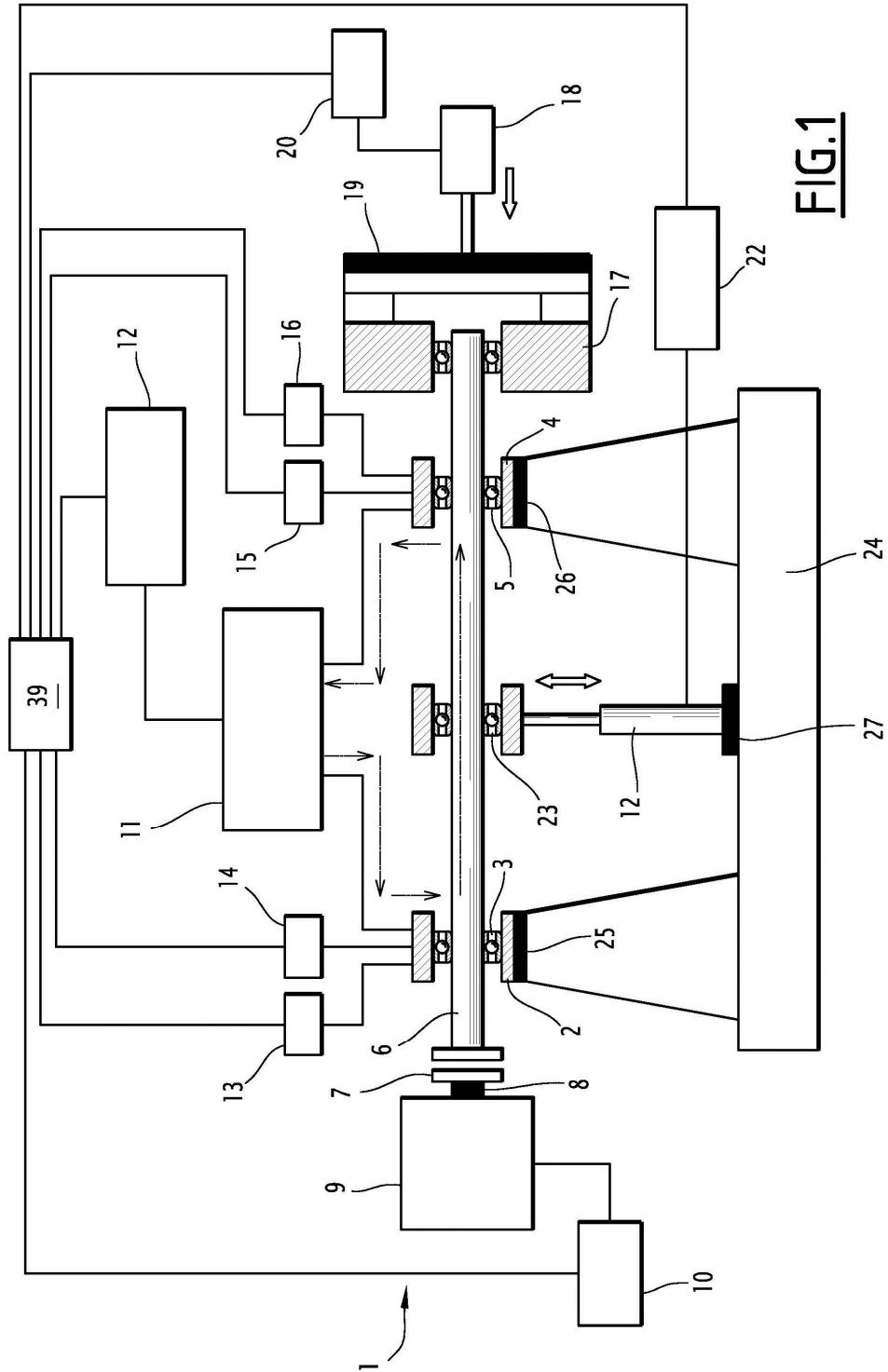


FIG.1

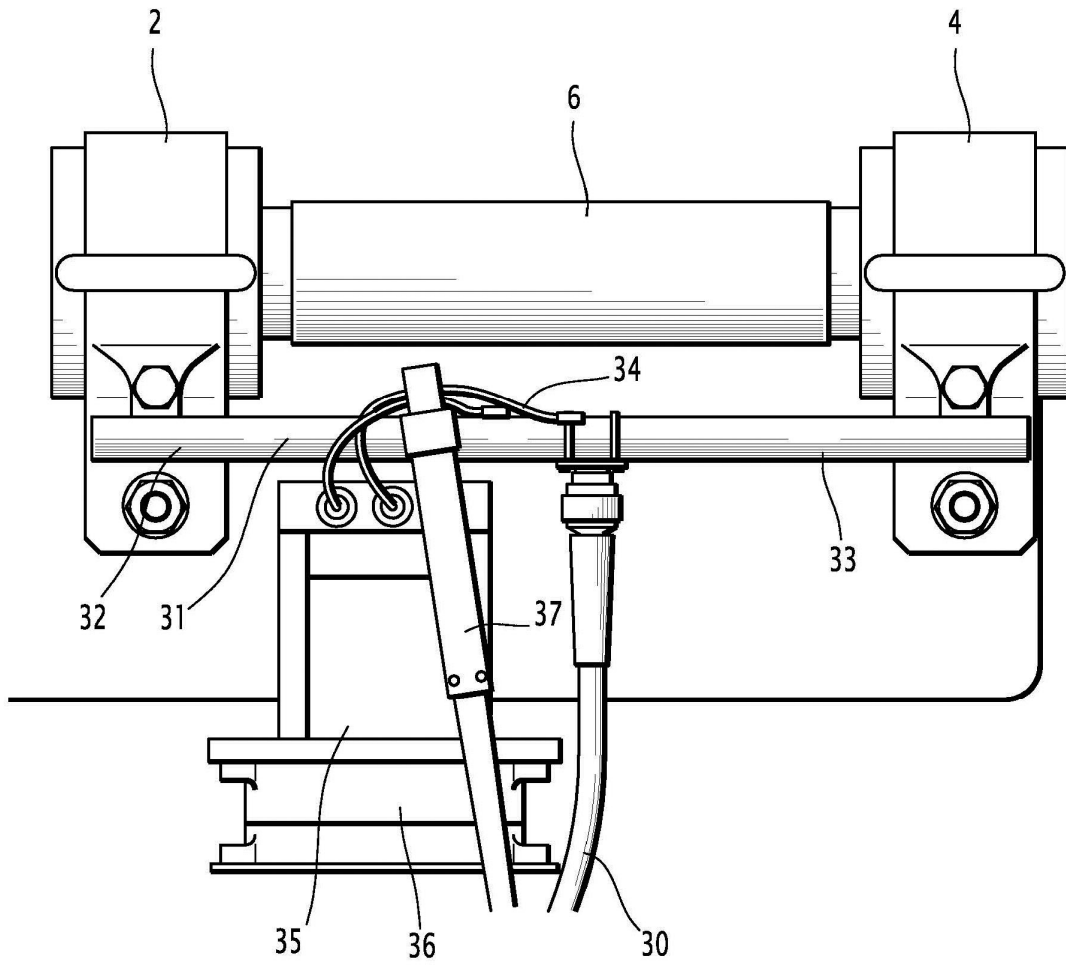


FIG.2

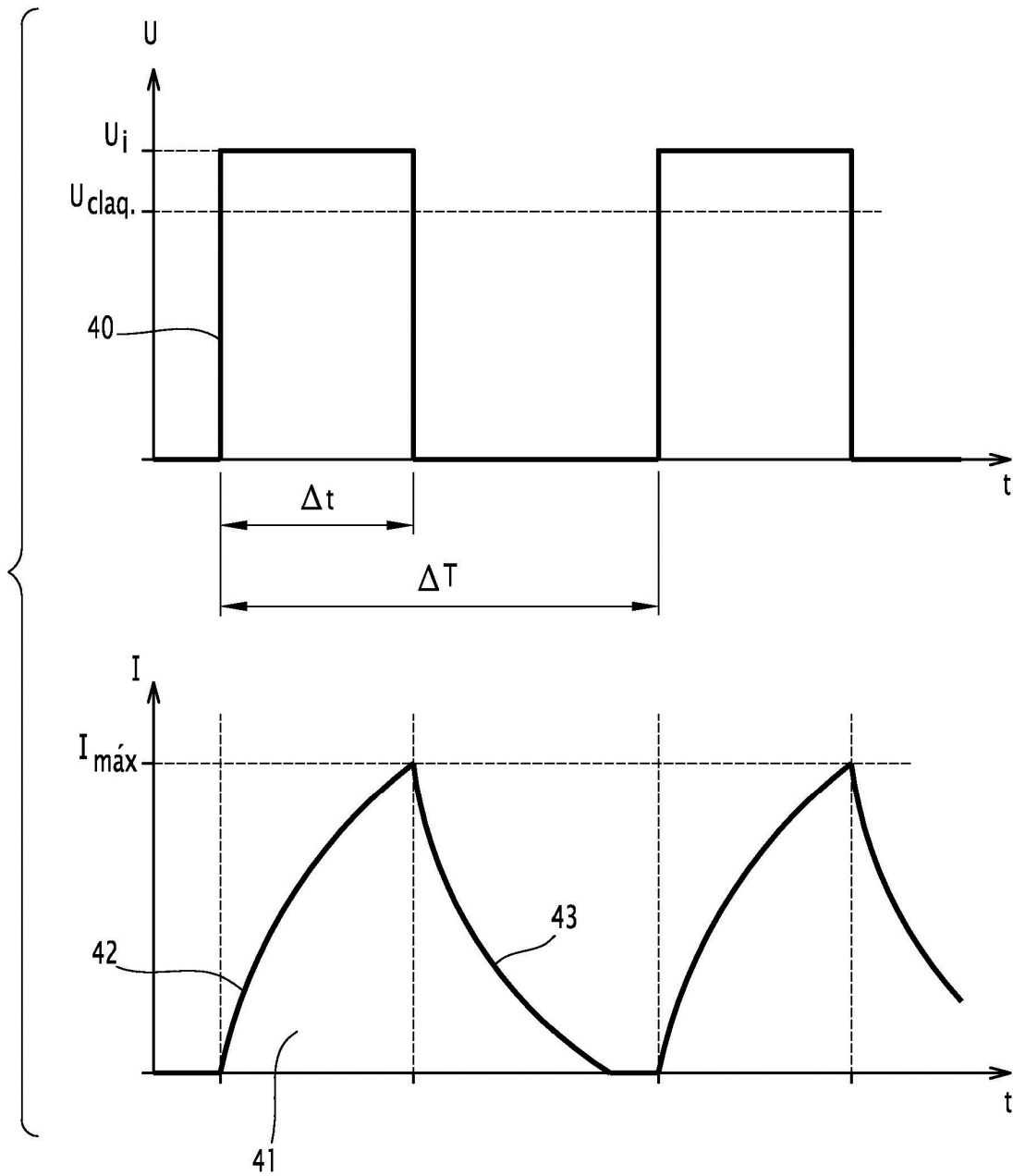


FIG.3