

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 627 784**

51 Int. Cl.:

**G01M 13/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.06.2010 E 10290308 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.05.2017 EP 2261630**

54 Título: **Banco de carga dinámica**

30 Prioridad:

**12.06.2009 FR 0902860**

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

**31.07.2017**

73 Titular/es:

**MBDA FRANCE (100.0%)  
1, avenue Réaumur  
92350 Le Plessis-Robinson, FR**

72 Inventor/es:

**ROSSI RINALDO, JEAN CONSTANTINO**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 627 784 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**

Banco de carga dinámica

5 El presente invento se refiere a un banco de carga dinámica destinado a ejercer, sobre el eje rotativo de un mecanismo a testar, tal como un activador o algo análogo, unas cargas radiales y unos pares variables, de tal manera que se reproduzcan tan fielmente como sea posible, las sollicitaciones o los esfuerzos mecánicos sufridos por el activador durante las condiciones reales de utilización.

10 En una aplicación preferente, aunque no exclusiva, el eje de salida del activador rotativo, tiene, de manera solidaria en rotación, una superficie aerodinámica de una aeronave, tal como un timón de un misil o de otra máquina que circula a gran velocidad en un medio fluido, y está sometido entonces a unos esfuerzos (cargas radiales) y a unos momentos de bisagra (pares) evolutivos y elevados, generados por las fuerzas aerodinámicas que se ejercen sobre el timón según el ángulo de ataque de éste.

15 Asimismo, el banco de carga dinámica del invento tiene por objetivo reproducir tanto las cargas radiales como los pares variables, en función del ángulo de rotación adoptado por el eje de salida del activador rotativo, representativo del ataque ejecutado por el timón. Y el valor de estos esfuerzos y momentos podrá ser modulado en función del tiempo para representar los diferentes puntos del vuelo del misil (variaciones lentas y/o rápidas de la velocidad, cambios de trayectoria y de altitud...) y aproximarse lo más posible a las condiciones reales encontradas, es decir, a las cargas operacionales aerodinámicas registradas por el activador para, a continuación, optimizar su concepción.

Se conocían ya bancos de carga dinámica para tales activadores, que están basados en medios controlables de reproducción del par únicamente, a partir de una barra de torsión o de un generador de par.

20 En el primer caso, la barra de torsión de los medios de reproducción del banco está unida, por un lado, directamente al eje del activador rotativo a probar y, por el otro, está embridada de tal manera que, cuando el activador se abate angularmente, genera un par proporcional al ángulo de rotación del ataque. A pesar de tener una concepción muy básica, estos medios ejercen unos pares de recuperación que no permiten generar cargas desestabilizantes y/o evolutivas en función del ataque del timón. Además, son demasiado limitadas y no permiten validar, de manera fiable, las prestaciones de los activadores en condiciones reales de vuelo, si bien, por falta de datos claros y precisos, los medios de reproducción con barra de torsión están super-especificados para mantener unos márgenes.

30 En el segundo caso, el generador de par de los medios de reproducción está acoplado directamente al activador y está definido, debido a las prestaciones dinámicas requeridas, por un motor-par hidráulico. Si bien se pueden probar de esta manera pares importantes, por el contrario, los movimientos relativos que aparecen entre el motor-par y el activador plantean problemas por su inercia y su unión rígida puesto que, cuando el eje de uno gira, el otro tiende a oponerse de tal manera que pueden producirse choques que llegan hasta destruir el material. Esto puede ser amplificado por los motores hidráulicos que son superpotentes.

35 Además de no ejercer nada más que un par sobre el eje rotativo a probar (siendo necesario otro banco específico para las cargas radiales), estos bancos de carga dinámica no responden con frecuencia a todas las expectativas y exigencias deseadas tales como:

- tener una inercia aparente flexible y un juego de acoplamiento nulo para no perturbar al activador a probar; idealmente, comportarse desde el punto de vista dinámico como un par puro;
- 40 - disponer de una banda pasante elevada del bucle de control en el par, al menos del doble de la del activador a probar para reproducir el perfil del par de control, sin ningún retardo significativo;
- disponer de una saturación de la velocidad y de la aceleración netamente superior a las del activador;
- permitir desalineamientos funcionales entre el activador y el banco para una puesta en marcha cómoda, lo que implica una cierta flexibilidad de la unión a menudo incompatible con una banda pasante elevada del bucle del par;
- 45 - asegurar una gestión eficaz de los pares aplicados para evitar cualquier sobrecarga, sobre-velocidad y cualquier apoyo accidental que podría resultar destructivo, esto incluso en el caso de un fallo del activador (un corte en la alimentación, una avería, etc.).

50 Ciertamente, se conocía igualmente, por la patente US 7 080 565, un banco de carga dinámica que permite aplicar sobre el eje rotativo del activador a testar unos esfuerzos radiales y unos pares dinámicos. Sin embargo, los medios controlables para reproducir éstos comprenden para ello dos equipos distintos independientemente uno de otro con unos sub-conjuntos específicos. Es necesario, en particular, desacoplar mecánicamente la aplicación de los esfuerzos radiales y de los pares por medio de unos sistemas cardan, railes, articulaciones...complicados. Además, debe preverse un codificador para medir la rotación del eje de salida del activador. Y los numerosos sub-conjuntos y equipos presentes limitan por otra parte la excitación del banco a frecuencias elevadas que pueden generar resonancias parásitas dañinas y que suponen igualmente una puesta en marcha delicada

5 Se conocía, además, por la patente EP 0 239 264, un aparato de ensayo destinado a aplicar un par puro sobre los ejes de entrada y de salida colineales de una transmisión del tipo caja de velocidades para un motor de una aeronave. Por ello, comprende especialmente un dispositivo de aplicación del par con dos módulos paralelos y simétricos con respecto a los ejes, y que comprenden unos mecanismos de engranajes múltiples accionados por unos activadores rotativos para poder superar la potencia importante del motor. Sin embargo, tal aparato no permite aplicar cargas radiales.

10 El presente invento tiene como objetivo remediar los inconvenientes citados anteriormente y proponer un banco de carga dinámica en el cual la realización de los medios controlables de reproducción permitan ejercer, de manera segura, fiable y sin riesgos, cargas radiales y pares variables al menos comparables a los que se va a encontrar el mecanismo a probar en las condiciones reales de utilización, de tal manera que optimice la concepción y la puesta a punto de mecanismos tales como los activadores rotativos.

15 A estos efectos, el banco de carga dinámica destinado a ejercer, sobre el eje rotativo de un mecanismo a testar, tal como un activador a algo análogo, pares variables proporcionados por unos medios controlables de reproducción que se componen de dos módulos de reproducción idénticos, dispuestos paralelamente y de manera simétrica con respecto al citado eje rotativo a probar, es notable, según el invento, porque, para permitir ejercer además cargas radiales sobre el citado eje rotativo, cada módulo comprende:

- un motor-par con un eje de accionamiento paralelo al citado eje a probar, girando los citados motores-pares de los citados módulos en el mismo sentido;
- 20 - una barra de torsión solidaria coaxialmente, por uno de sus extremos, con el citado eje de accionamiento del motor-par; y
- una unión biela-manivela que une el otro extremo de la citada barra de torsión con el citado eje a testar en un plano perpendicular a este último y a los citados ejes de accionamiento, de tal manera que, en el citado plano perpendicular, las citadas bielas de los dos módulos sean paralelas y estén desviadas simétricamente 180° una de otra con respecto al eje a probar y unidas a sus ejes de accionamiento respectivos por medio de las citadas manivelas.

25 De esta manera, la realización modular de los medios de reproducción bajo la forma de dos módulos idénticos y simétricos con respecto al eje del activador con una estructura cinemática para el motor-par, la barra de torsión y la unión biela-manivela permite ejercer simultáneamente las cargas radiales y los pares variables sobre éste, contrariamente a las realizaciones anteriores que necesitan dos bancos diferentes o dos equipos distintos independientes de un mismo banco. Con esta concepción, se desarrolla mecánicamente una realización más sencilla y más fiable del banco y una mayor dinámica de funcionamiento sin los problemas inherentes a las frecuencias de excitación.

30 De una manera ventajosa, el citado eje de accionamiento de cada motor-par es hueco y presenta un paso axial atravesando el interior del cual está integrada la citada barra de torsión con uno de sus extremos solidario con el citado eje hueco y el otro extremo que sale del citado eje hueco y unido a la citada unión biela-manivela correspondiente. Por esta disposición coaxial de la barra de torsión en el interior del eje de accionamiento, los dos módulos presentan una compacidad apreciable, de tal manera que el tamaño del banco se reduce fuertemente, contrariamente a la realización citada anteriormente, en la que la barra de torsión prolonga el eje de accionamiento del motor.

35 En un modo preferido de realización, las citadas bielas de unión están unidas, por un lado, al citado eje rotativo a testar por una manivela común doble montada en su centro sobre el citado eje rotativo y que lleva, en sus extremos diametralmente opuestos con respecto a su centro, las citadas bielas respectivamente, y, por el otro lado, las citadas barras de torsión respectivas para dos simples manivelas idénticas, montadas desviadas 180° una de otra sobre las citadas barras de torsión.

40 De esta manera, las dos bielas, situadas simétrica y perpendicularmente al eje rotativo del mecanismo a testar (activador) transmiten (una empuja, la otra tira) e imprimen sobre éste las cargas radiales y los pares variables deseados, correspondientes a los esfuerzos radiales y a los momentos de bisagra citados anteriormente registrados por el eje del activador de un timón sobre el cual se ejercen fuerzas aerodinámicas importantes.

45 Gracias a los dos módulos simétricos, las bielas actúan como los brazos opuestos de un paralelogramo deformable sobre el eje del activador, en un plano perpendicular a éste, reproduciendo de manera sencilla y segura los esfuerzos y los pares que se ejercen sobre el citado eje en las condiciones reales de utilización.

50 De una manera ventajosa, las citadas bielas están montadas sobre las respectivas manivelas de las citadas uniones por medio de articulaciones con abatimiento angular, tales como, por ejemplo, articulaciones de tipo esférico, con rótula. Así, con tal montaje, no es necesario prever un posicionamiento preciso entre el activador a probar y los dos módulos gracias a las articulaciones con rótulas que confieren un isostatismo natural al banco en su conjunto y contienen los diferentes juegos y abatimientos funcionales.

En un modo particular de realización, la distancia entre ejes de la citada manivela doble que separa el eje rotativo a probar de cada biela es idéntico a la distancia entre ejes de cada sencilla manivela que separa la citada barra de torsión de la citada biela correspondiente. De esta manera, las citadas bielas de transmisión están situadas ortogonalmente al eje rotativo del activador a probar y a los ejes de accionamiento de los motores-pares.

5 Por razones de prestaciones, fiabilidad, poca inercia y pares volumétricos y másicos importantes, se prefiere que los citados motores-pares de los módulos sean eléctricos especialmente del tipo sin escobillas. Se evitan, por otra parte, los sistemas hidráulicos complejos e instalaciones costosas (compresores, acumuladores, ...) de prever motores-pares hidráulicos.

10 Además, las citadas barras de torsión están calibradas en la rigidez de torsión, funcionando como medidores de par escalonados (correspondiendo la diferencia angular de un extremo a otro de la barra a un par de torsión transmitido dado).

15 Según otra característica, cada módulo comprende además un sensor de la posición angular del citado eje de accionamiento del motor-par y un sensor de la posición angular de la citada barra de torsión correspondiente, y los citados medios controlables comprenden un dispositivo electrónico de control de la posición angular proporcionada por cada sensor de los citados motores-pares en función de la posición angular del eje rotativo del citado mecanismo a probar, y un dispositivo electrónico de potencia conectado al citado dispositivo electrónico de control y que alimenta a los citados motores-pares.

20 Preferentemente, cada uno de los módulos comprende unos medios electrónicos y/o mecánicos para limitar el abatimiento y la velocidad angulares de cada motor-par. De esta manera, en caso de fallo del activador, su abatimiento está limitado por el de los motores-pares y por la rigidez de las barras de torsión, de tal manera que no se estropee, contrariamente a los bancos precedentes.

Las figuras del dibujo anexo permitirán comprender mejor cómo el invento puede realizarse. En estas figuras, referencias idénticas designan elementos parecidos.

25 La figura 1 es una vista esquemática en planta y en un corte parcial del ejemplo de realización del banco de carga dinámica según el invento.

Las figuras 2 y 3 son vistas esquemáticas respectivamente desde un lado y desde arriba del citado banco de carga dinámica, ilustrado en la figura 1.

30 El banco de carga dinámica representado en las figuras 1 a 3 comprende unos medios controlables 2 para ejercer unas cargas radiales y unos pares variables sobre el eje giratorio 3 de un activador rotativo a probar 4. Como se ha indicado anteriormente, el objetivo es el de reproducir, tan fielmente como sea posible, los esfuerzos o las sollicitaciones aplicadas sobre el eje del activador sobre el que está montado el timón aerodinámico no ilustrado de un misil, a causa de los cambios bruscos de dirección y de velocidad de éste y, por lo tanto, del (ángulo) de ataque del timón. Y concebir de esta manera, unos activadores de los ejes, estructural y funcionalmente seguros y fiables.

35 Para ello, los medios controlables 2 están definidos por dos módulos de reproducción de las cargas radiales y de los pares variables 5 y 6, que son idénticos y situados simétrica y paralelamente con respecto al eje geométrico del eje 3 del activador. Cada módulo 5, 6 se compone especialmente de un motor-par 8, 9, de una barra de torsión 10, 11 y de una unión biela-manivela 12, 13, 14 con el eje 3 del activador 4.

40 Estructuralmente, cada motor-par 8, 9 comprende un cuerpo cilíndrico 8A, 9A en el interior del cual está montado rotatorio un eje de accionamiento 8B, 9B por medio de unos rodamientos internos 8C, 9C. En este ejemplo, los motores-pares son preferentemente eléctricos, del tipo sin escobillas (brushless) por razones de prestaciones, fiabilidad, poca inercia, par importante.. y el control en rotación de los ejes de accionamiento se realiza mediante unos componentes eléctricos (estator, rotor, ...) simbolizados con 8D, 9D en la figura 1 y alojados en el cuerpo cilíndrico 8A, 9A, alrededor del eje correspondiente. Por supuesto que, podría utilizarse cualquier otro tipo de motor-par, tal como fluido (hidráulico). Por otra parte, el banco de carga dinámica 1 comprende un soporte mecánico 7  
45 rígido, estable sobre del que están soportados el activador a probar 3 y, por medio de una bancada común 15, los dos motores-pares 8, 9 por sus cuerpos cilíndricos.

Geoméricamente, se ve en las figuras 1 a 3, que los ejes de accionamiento paralelos 8B, 9B de los motores-pares están dispuestos simétricamente con respecto al eje giratorio 3 del activador 4, estando contenidos los ejes geoméricos de los ejes de accionamiento 8B, 9B y del eje a probar 3 en un mismo plano horizontal P.

50 El eje de accionamiento 8B, 9B de cada motor-par 8, 9 es ventajosamente hueco y recibe en el interior la barra de torsión 10, 11 coaxial con su eje respectivo y destinado a transmitir el par de torsión imprimido por el eje de accionamiento al eje del activador por medio de la unión biela-manivelas. Por ello, un primer extremo 10A, 11A de cada barra de torsión está unido rígidamente a un primer extremo 8E, 9E del eje hueco mediante un elemento de fijación 16, tal como una clavija u otro, asegurando la solidaridad en rotación del eje con la barra de torsión  
55 correspondiente. Y el segundo extremo 10B, 11B de cada una de ellas, girado hacia el eje del activador, desemboca axialmente en el segundo extremo 8F, 9F del eje de accionamiento, sin ninguna unión con este último, y es solidario

con la unión biela-manivela 12, 14. El segundo extremo 10B, 11B de cada barra de torsión es llevado entonces por un rodamiento 17 alojado en el cuerpo cilíndrico. Las barras de torsión idénticas de los dos módulos están calibradas, por supuesto, en la rigidez de torsión.

5 Por otra parte, se observa que los primeros extremos 8E, 9E de los ejes de accionamiento (y, por lo tanto, los de las barras de torsión) sobresalen con respecto a sus cuerpos correspondientes 8A, 9A y que llevan unos sensores de la posición angular 18 de los citados ejes 8B, 9B (rotores de los motores-pares brushless). Esto sirve incluso para los segundos extremos 10B, 11B de las barras de torsión 10, 11, sobre los cuales están montados unos sensores 19 de la posición angular alojados en los cuerpos cilíndricos correspondientes. Los sensores 18, 19 utilizados deben ser precisos para tener bucles de control de banda ancha pasante y, por ejemplo, se pueden considerar unos sensores del tipo resolutivo, codificador, potenciómetro u otros.

10 En lo que se refiere a las uniones entre las barras de torsión 10, 11 de los módulos y el eje 3 del activador 4, comprenden dos bielas respectivas y paralelas 12A, 14A unidas, por un lado, por las manivelas respectivas 12B, 14B a las barras de torsión 10, 11 y, por otro lado, por una manivela doble común 13, al eje 3 del activador 4. Las dos bielas de unión 12A, 14A están dispuestas de esta manera en un plano perpendicular a los ejes geométricos paralelos de los ejes de accionamiento 8B, 9B (y, por lo tanto, de las barras de torsión) de los módulos 5, 6 y del eje del activador, y están dispuestas simétricamente desviadas 180° una de otra con respecto al eje 3 del activador. Se ve, en la figura 1, que las uniones 12, 13, 14 están ilustradas de manera despiezada por motivos de claridad.

15 En particular, cada manivela simple 12B, 14B presenta, en las cercanías de sus extremos, dos brazos de la manivela paralelos 12C, 12D, 14C, 14D, acodados a 90° y de manera opuesta con respecto al brazo o al cuerpo de la manivela, estando convertido un primer brazo acodado 12D, 14D de cada manivela en coaxialmente solidario con el segundo extremo 8F, 9F de la barra de torsión correspondiente, mientras que el segundo brazo de la manivela acodado 12C, 14C lleva uno de los extremos de la biela de unión 12A, 14A.

20 Se observa especialmente, en la figura 2, que las manivelas simples 12B, 14B están montadas de manera desviada 180° una de otra sobre las respectivas barras de torsión 10, 11, de tal manera que, en esta figura, la manivela 12B está girada hacia arriba, mientras que la manivela 14B está girada hacia abajo.

25 Por otra parte, la manivela doble común 13 presenta, por un lado, un brazo central 13A que se acopla al eje 3 del activador (por ejemplo, unos salientes radiales no representados solidarizan en rotación el eje con el brazo central) y, por el otro lado, dos brazos del extremo diametralmente opuestos 13B, 13C con respecto al brazo central 13A y sobre los cuales están montados respectivamente los segundos extremos de las bielas de unión 12A, 14A.

30 Se prevé, además, entre los extremos de las dos bielas 12A, 14A y sus respectivos brazos 12C, 14C, 13B, 13C dos manivelas 12B, 14B, 13, con unas articulaciones con abatimiento angular 20, tales como unas articulaciones con rótula o unas articulaciones elásticas.

35 Se observa igualmente, en la representación ilustrada en la figura 2, que la distancia entre ejes Ra que separa cada brazo opuesto 13B, 13C del brazo central 13A de la manivela doble 13 es igual a la distancia entre ejes Rm que separa los dos primeros brazos 12D, 14D de los dos segundos brazos 12C, 14C de las manivelas simples 12B, 14B, de tal manera que las dos bielas paralelas de unión 12A, 14A se encuentran situadas horizontalmente en la figura 2 y ortogonalmente al eje 3 del activador. Por supuesto que, podrían elegirse otras relaciones sin afectar negativamente al funcionamiento del banco, estando entonces las dos bielas simplemente inclinadas con respecto a la horizontal.

40 Estos medios controlables de reproducción 2 de las cargas radiales y de los pares variables para los dos módulos 5, 6 comprenden también unos dispositivos electrónicos. Por ejemplo, como muestra la figura 1, un dispositivo electrónico de control 21 permite conocer la posición angular de cada uno de los dos motores-pares rotativos, en función de la posición angular del eje del activador, a partir de dos sensores de posición angulares 18 conectados por dos conexiones respectivas 23 al dispositivo de control. De esta manera se puede regular el par aplicado sabiendo que éste es proporcional a la diferencia angular entre la posición angular del motor-par y la del activador. A la salida del dispositivo electrónico de control 21 está previsto un dispositivo electrónico de potencia 24 para alimentar, por ejemplo, a los motores-pares 8, 9 mediante una conexión 25, limitando el par proporcionado y la velocidad máxima a unos valores compatibles con las posibilidades del activador a probar, evitando el daño de éste.

45 Por supuesto que, una electrónica de prueba 26 está conectada al dispositivo de control 21 mediante una conexión 27 e incluye especialmente unos programas específicos para cada tipo de activadores a probar en función de las aplicaciones, misiones, esfuerzos, dimensiones, etc.

50 Debido a una cierta libertad funcional ofrecida por las articulaciones con rótula 20 en las uniones bielas-manivelas, que aseguran la recuperación de los juegos, las distancias entre ejes y los abatimientos angulares y confieren de esta manera isoestatismo al banco, no es necesario un posicionamiento preciso entre los motores-pares 8, 9 y el activador 4. Por el contrario, los sensores precisos de la posición angular 18 de los dos motores-pares permiten la determinación del ángulo de rotación del eje rotativo 3 del activador 4 a probar incluso en presencia de una deflexión (flecha) introducida por la aplicación de la carga radial proporcionada por la biela correspondiente (y representativa

de la acción de las cargas aerodinámicas que se ejercen sobre el timón del misil y, por lo tanto, sobre el eje del activador).

El ángulo de rotación  $\theta_a$  del eje de salida y la deflexión  $Y_a$  de este último pueden ser determinados por las siguientes fórmulas (figura 2):

5  $\theta_a = R_m / R_a \cdot (\theta_1 + \theta_2) / 2$

Y

$Y_a = R_m \cdot (\theta_1 - \theta_2) / 2$

en donde  $R_m$  = brazo de palanca de la manivela biela-motor-par

$R_a$  = brazo de palanca de la manivela-biela-activador

10  $\theta_1, \theta_2$  = ángulos de rotación de los ejes de salida de los motores-pares.

La gestión del esfuerzo radial y del par generados por los medios de reproducción 2 del invento se realiza por medio de la rigidez calibrada de cada barra de torsión 10, 11 que actúa como un sensor de par o medidor de par escalonado según la rigidez calibrada (la diferencia angular entre el ángulo de torsión en su extremo con el eje de accionamiento y el ángulo de torsión en su extremo con la biela que proporciona, para una rigidez dada, un par determinado).

15 Supongamos un esfuerzo radial  $F_r$  y un par  $C$  a ejercer sobre el eje 3 del activador a probar. Cada uno de los dos motores-pares 8, 9 alimentados generan entonces un par  $C_1$  y  $C_2$  y ejercen sobre las bielas 12A y 14A, por medio de las barras 10 y 11, unos esfuerzos radiales  $F_1$  y  $F_2$ .

Se tiene por las relaciones usuales de la mecánica:

20  $F_1 = C_1 / R_m$  y  $F_2 = C_2 / R_m$  ( $R_m$ : véase lo anterior)

$C = (F_1 + F_2) \cdot R_a$  ( $R_a$ : véase lo anterior)

$F_r = F_1 + F_2$ .

de donde se extraen los esfuerzos y los pares a enviar a los motores-pares:

$F_1 = (C / R_a + F_r) / 2$  y  $F_2 = (C / R_a - F_r) / 2$ .

25  $C_1 = R_m \cdot (C / R_a + F_r) / 2$   $C_2 = R_m \cdot (C / R_a - F_r) / 2$ .

A partir de aquí, los pares  $C_1$  y  $C_2$  sobre los dos motores-pares son suministrados de la siguiente manera.

30 Se sabe que la posición angular  $\theta_a$  del eje del activador es conocida en tiempo real mediante el cálculo de las informaciones de los sensores angulares 18, 19 enviadas al dispositivo de control 21 (véase el cálculo de  $\theta_a$  anterior). Cada motor-par está controlado en su posición por su sensor y por los dispositivos electrónicos de control 21 y de potencia 24.

Es evidente que, la banda pasante de control es superior a la del activador 4 a probar para asegurar un seguimiento apropiado con un desfase y una atenuación despreciables, sin distorsión de las señales. Para ello, se utiliza una banda pasante al menos dos veces superior.

35 Por otra parte, otra ventaja del control de la posición de cada motor-par es la de rechazar las variaciones de par parásitas (par de muesca o cogging torque), así como los rozamientos secos y viscosos (rodamientos, pares de histéresis)

40 La posición angular controlada  $\theta_{co}$  ( $\theta_1, \theta_2$ ) en el motor-par 8,9 es función del perfil del par deseado  $C_1$  (ó  $C_2$ ). Este perfil de par está determinado antes de las pruebas de tal manera que haga lo que se ha decidido reproducir sobre el eje del activador (un par con un ángulo de  $x^\circ$ ). Se sabe que, en cada instante, se tendrá tal par con tal esfuerzo radial. Por ejemplo, para un par a simular de la forma  $C_1 = K\theta_a + C_0$ , en donde  $K$  es una rigidez aerodinámica (dependiendo del punto de vuelo, altitud, velocidad...),  $\theta_a$  es la posición angular del eje del activador y  $C_0$  es un par constante independiente de  $\theta_a$ , y suponiendo que la rigidez de la barra de torsión es igual a  $K_0$ , so controlará un ángulo  $\theta_{co}$  tal que:

$K_0 (\theta - \theta_a) = K\theta_a + C_0$

45 Siendo  $\theta_{co} = (K / K_0 + 1) \theta_a + C_0 / K_0$ , suponiendo  $\theta$  sensiblemente igual a  $\theta_{co}$ .

De hecho, la función de transferencia que relaciona  $\theta$  con  $\theta_{co}$  resultante del control de la posición del motor-par será de la forma:

$$\theta/\theta_{co} = 1 / (1 + a.p + b.p^2 + c.p^3)$$

con:  $b = 1/\omega_0^2$

5  $a = 2\xi/\omega_0$

$c/b \ll 1/\omega_0$

$p$  = operador de Laplace

La pulsación de corte  $\omega_0$  se elige para ser unas dos veces más elevada que la del activador.

$\xi$  = amortiguación de la función de transferencia de segundo orden aproximado.

10 Para mejorar la dinámica de control del par, es preferible efectuar un avance de la fase filtrada sobre  $\theta_{co}$ .

Por ejemplo, los ángulos  $\theta_1$  y  $\theta_2$  de los motores-pares 8, 9 pueden cubrir una zona angular de más o menos 20-25°. Durante una prueba, estos ángulos  $\theta_1$  y  $\theta_2$  así como el ángulo  $\theta_a$  del eje rotativo 3 del activador 4 son, por supuesto, muy próximos unos de otros pero aunque un poco diferentes, teniendo en cuenta la deflexión  $Y_a$  del eje rotativo bajo la acción de las cargas radiales procedentes de las bielas.

15 Hay que añadir, por otra parte, que cada módulo comprende unos medios electrónicos y mecánicos (no representados en las figuras) para limitar el abatimiento y la velocidad angulares de los motores-pares de tal manera que protejan al activador y hagan fiable y den seguridad como consecuencia al banco.

20 De esta manera, además de un montaje y desmontaje rápidos de los componentes del banco debido a la modularidad de éste y a la ausencia de inter-acciones entre los citados componentes, tal banco dinámico permite una puesta a punto más fácil de los activadores, una validación y una justificación de las especificaciones de cara a las necesidades operativas (par/velocidad, aceleración, rigidez...), una evaluación fiable del perfil de vuelo operativo especificado y una cualificación y certificación del activador más realistas.

## REIVINDICACIONES

1. Banco de carga dinámica destinado a ejercer, sobre el eje rotativo (3) de un mecanismo a probar (4), tal como un activador o algo análogo, unos pares variables proporcionados por unos medios controlables de reproducción (2), de los citados pares variables que se componen de dos módulos de reproducción idénticos (5, 6) situados paralelamente y de manera simétrica con respecto al citado eje rotativo (3) a probar, caracterizado porque, para permitir además ejercer unas cargas radiales sobre el citado eje rotativo (3), cada módulo (5, 6) comprende: un motor-par (8, 9) con un eje de accionamiento (8B, 9B) paralelo al citado eje a probar, girando los citados motores-pares de los citados dos módulos en el mismo sentido; una barra de torsión (10, 11) solidaria coaxialmente, por uno de sus extremos, con el citado eje de accionamiento del motor-par; y una unión biela-manivela (12, 13, 14) que une el otro extremo de la citada barra de torsión al citado eje a probar en un plano perpendicular a este último y a los citados ejes de accionamiento, de tal manera que, en el citado plano perpendicular, las citadas bielas de los dos módulos sean paralelas y estén simétricamente desviadas 180° una de otra con respecto al eje a probar y unidas a sus ejes de accionamiento respectivos por las citadas manivelas.
2. Banco según la reivindicación 1, caracterizado porque el citado eje de accionamiento (8B, 9B) de cada motor-par es hueco y presenta un paso axial atravesando el interior del cual está integrada la citada barra de torsión (10, 11) con uno de sus extremos solidario con el citado eje hueco y el otro extremo saliendo del citado eje hueco y unido a la citada unión biela-manivela correspondiente.
3. Banco según la reivindicación 1 y 2, caracterizado porque las citadas biela-manivela (12A, 14A) de las uniones (12, 14) están unidas, por un lado, al citado eje rotativo (3) a probar por una manivela común doble (13) montada en su centro sobre el citado eje rotativo y llevando, en sus extremos diametralmente opuestos con respecto a su centro, las citadas bielas respectivamente y, por el otro lado, a las citadas barras de torsión respectivas (10, 11) por dos manivelas simples (12B, 14B) idénticas, montadas desviadas 180° una de otra sobre las citadas barras de torsión.
4. Banco según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque las citadas bielas (12A, 14A) están montadas sobre las respectivas manivelas (12B, 14B) de las citadas uniones por medio de unas articulaciones con abatimiento angular (20).
5. Banco según la reivindicación 4, caracterizado porque las citadas articulaciones con abatimiento angular (20) son de tipo esférico, con rótula.
6. Banco según una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, caracterizado porque la distancia entre ejes de la citada manivela doble (13) que separa el eje rotativo a probar de cada biela es idéntica a la distancia entre ejes de cada manivela simple (12B, 14B) que separa la citada barra de torsión (10, 11) de la citada biela correspondiente (12A, 14A).
7. Banco según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque los citados motores-pares (8, 9) de los módulos (5, 6) son eléctricos del tipo sin escobillas.
8. Banco según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque las citadas barras de torsión (10, 11) están calibradas en rigidez de torsión.
9. Banco según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque cada módulo (5, 6) comprende además un sensor de posición angular (18) del citado eje de accionamiento del motor-par y un sensor de posición angular (19) de la citada barra de torsión correspondiente, y porque los citados medios controlables (2) comprenden un dispositivo electrónico de control (21) de la posición angular proporcionada por cada sensor de los citados motores-pares en función de la posición angular del eje rotativo del mecanismo a probar, y un dispositivo electrónico de potencia (24) conectado al citado dispositivo de control y que alimenta a los citados motores-pares.
10. Banco según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1 a 9, caracterizado porque cada uno de los módulos (5, 6) comprende unos medios electrónicos y/o mecánicos para limitar el abatimiento y la velocidad angulares de cada motor-par.



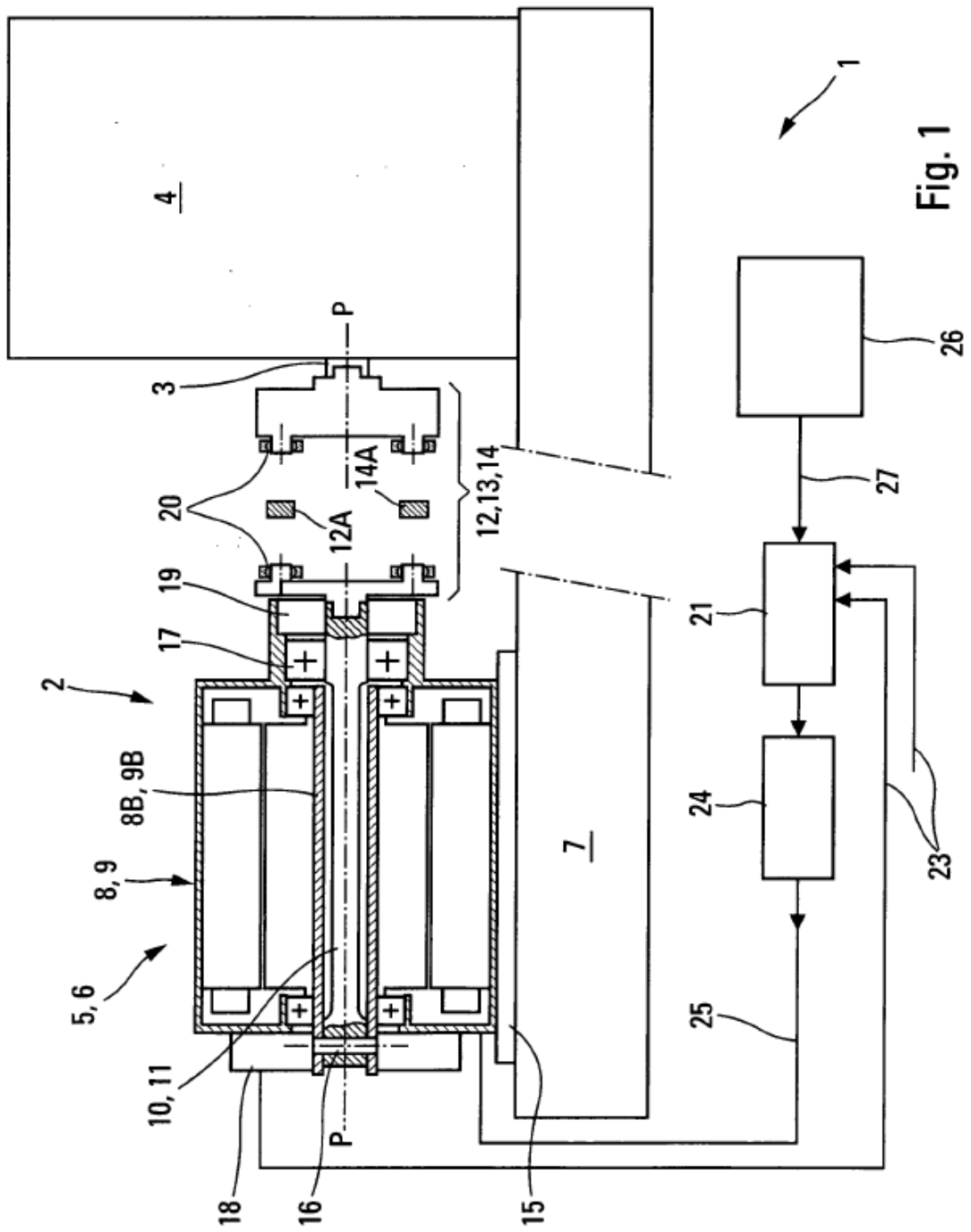


Fig. 1

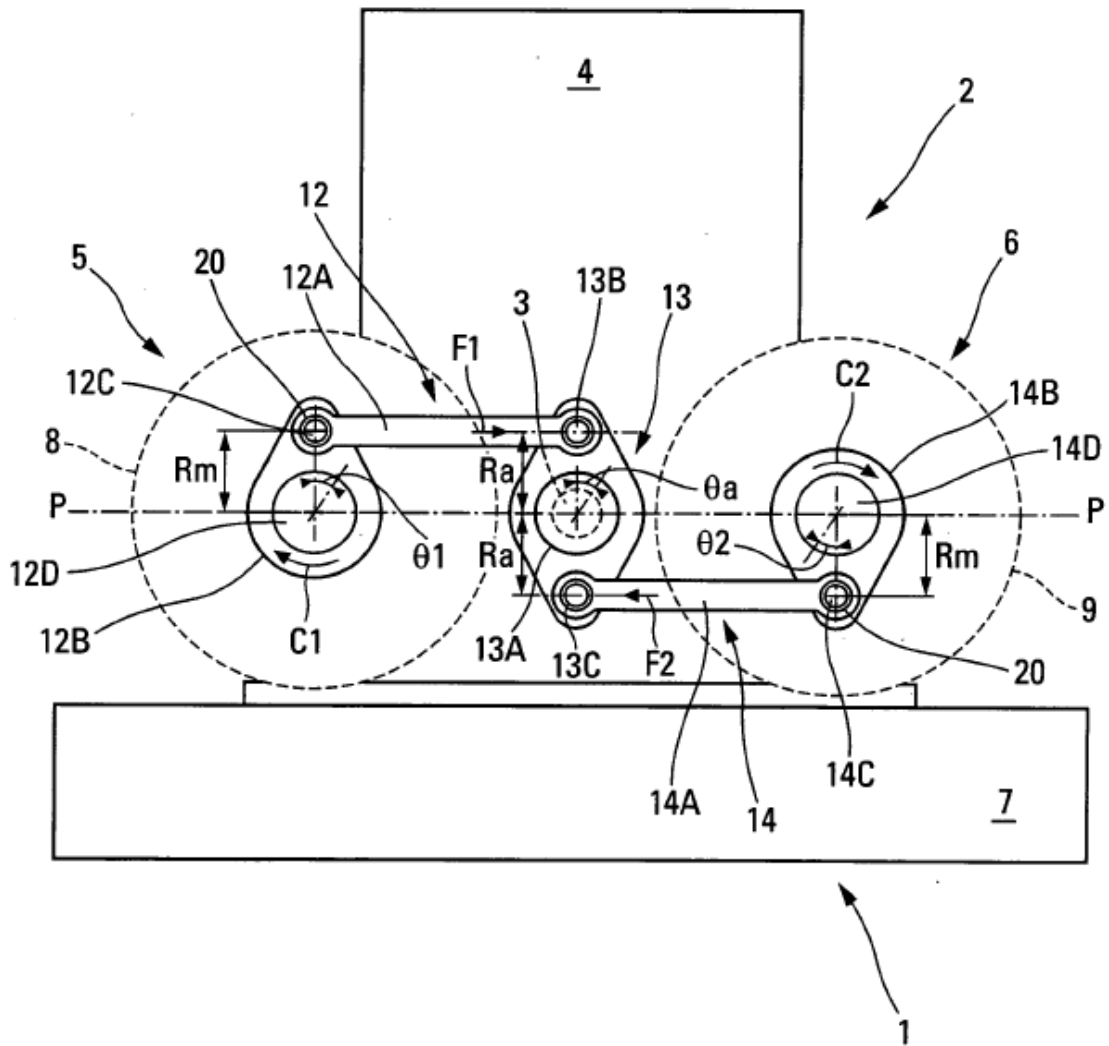


Fig. 2

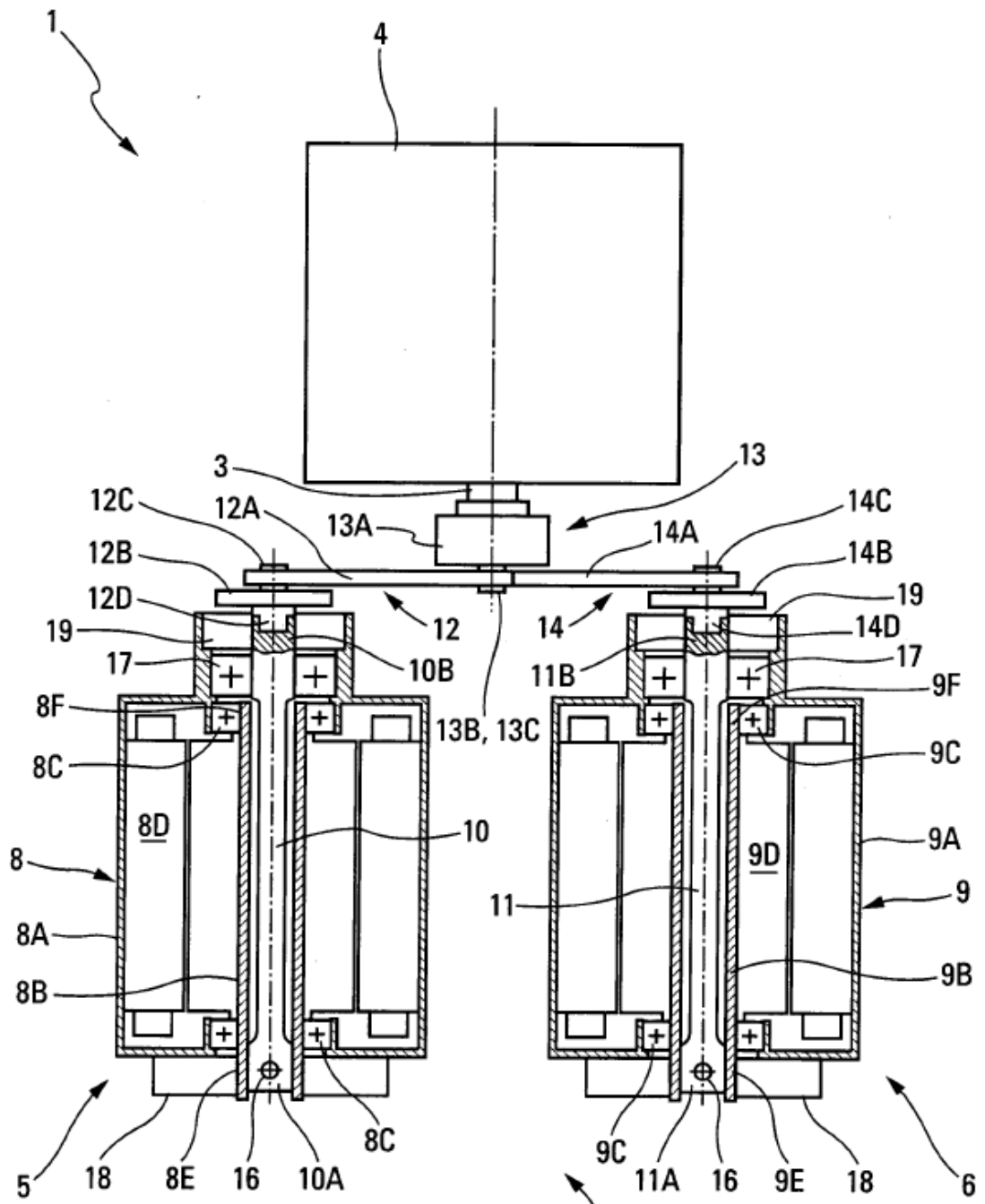


Fig. 3