S/Ref.: 27068 GVB/MD/EM

N/Ref.: O.G. 30.128/AV

Z0871

PATENTE DE INVENCION

F16C 5/00; F01B 9/02

CONCEDIDA

27 JUL. 1976

M E M O R I A D E S C R I P T I V A

S o b r e :

"DISPOSITIVO PERFECCIONADO FORMANDO ARBOL-CIGUEÑAL GIRATORIO CON VARIAS MANIVELAS ACODADAS Y CON CONTRAPESOS DE EQUILIBRADO PARA MAQUINA DE PISTONES ALTERNATIVOS".

- - - - - -

Solicitante: La Sociedad Francesa de Responsabilidad limitada: SOCIETE D'ETUDES DE MACHINES THERMIQUES - S.E.M.T.- con domicilio en 2, Quai de Seine - 93202 SAINT DENIS (Francia).

- - - - - -

Inventor: D. Michel Ferrand, frances.

- - - - - -

La presente invención se refiere en general y tiene esencialmente por objeto un dispositivo perfeccionado formando árbol-cigüeñal giratorio con varias manivelas acodadas y con contrapesos o masas de equilibrado con relación de equilibrado mejorada para máquina de pistones alternativos, en el que cada muñequilla está acoplada o articulada con una sola cabeza de biela o con dos cabezas de biela colocadas lado a lado o yuxtapuestas sobre la misma espiga formando muñón de la muñequilla, así como las diversas aplicaciones y usos resultantes de su puesta en práctica y los sistemas, conjuntos, aparatos, máquinas motrices o receptoras, equipos e instalaciones provistos de tales dispositivos. La invención es así aplicable principalmente a los árboles-cigüeñales de motores de combustion interna de dos o de cuatro tiempos o incluso, en particular, a los árboles-cigüeñales de compresores o bombas, bien sea de varios cilindros dispuestos en línea formando una hilera longitudinal, o bien de un doble número de cilindros repartidos en dos hileras longitudinales del mismo número cada una, dispuestas transversalmente en V. La invención es aplicable a un árbol-cigüeñal de número, por ejemplo, impar de manivelas acodadas para un motor de combustión interna de cuatro tiempos o eventualmente par para un motor de combustión interna de dos tiempos. La invención se refiere también, más específicamente, a un árbol-cigüeñal de siete manivelas acodadas para máquina de pistones alternativos con siete cilindros en línea o con catorce cilindros en dos hileras de siete cilindros dispuestas en V.

Es sabido que la forma de un árbol-cigüeñal por ejemplo con siete manivelas acodadas realizada por mallado y generalmente adaptada por ejemplo para motores de combustión inter

na de cuatro tiempos, presenta al menos en proyección ortogonal sobre el plano perpendicular o normal al eje geométrico de rotación del árbol-cigüeñal, una configuración en la que las manivelas acodadas se suceden respectivamente en el orden 1-6-3-4-5-2-7 y son angularmente equidistantes, es decir que sus respectivas posiciones angulares, correspondientes a este orden de sucesión, están uniformemente repartidas circunferencialmente. En estas condiciones, los intervalos o separaciones angulares, entre dos manivelas acodadas vecinas en el orden de sucesión antes citado, tienen sensiblemente por valor $\alpha = \frac{360º}{7} = 51,4286º$.

Tal árbol-cigüeñal es elegido por su relación de equilibrado (estático y dinámico) natural que es uno de los mejores entre los árboles-cigüeñales cuyo mallado es regular, es decir que presentan ángulos iguales entre las manivelas acodadas sucesivas en el orden de sucesión circunferencial indicado.

Conviene indicar que la relación de equilibrado es definida por el valor de la resultante de las fuerzas y de los momentos desarrollados por las fuerzas de inercia de cada enganche (conjunto pistón-biela). El cálculo es limitado generalmente al segundo orden de la descomposición, en serie de Fourier, de la función periódica que representa la variación de las fuerzas en función del tiempo. Para el árbol-cigüeñal clásico antes citado, cuando está equipado con contrapesos idénticos, la relación de equilibrado es la siguiente:

$$F_1 = 0 \quad M_1 = 0,267\ P_1 \cdot L \quad M'_1 = 2,524\ P_1 \cdot L$$

$$F_2 = 0 \quad M_2 = 1,006\ P_2 \cdot L \quad M'_2 = 0,526\ P_2 \cdot L$$

donde: P_1 y P_2 designan las fuerzas de inercia del primer y

segundo órdenes respectivamente desarrollados por un enganche completo; L designa la distancia que separa dos enganches sucesivos; F designa la fuerza libre resultante, para todo el árbol-cigüeñal, de las fuerzas desarrolladas por cada enganche; M designa el momento libre resultante de todas las fuerzas de inercia con relación al centro del árbol-cigüeñal; y M' designa el valor máximo del momento de flexión interno determinado a lo largo del árbol-cigüeñal; como este momento de flexión máximo se produce generalmente en el centro del árbol-cigüeñal, M' es definido como el momento resultante, con relación al centro del árbol-cigüeñal, de las fuerzas de inercia desarrolladas por una mitad de este árbol-cigüeñal.

Para un motor lento, por ejemplo de una velocidad nominal de rotación inferior a 300 vueltas/minuto, los valores antes indicados son considerados como suficientemente bajos. Para un motor semi-rápido, por ejemplo de una velocidad nominal de rotación comprendida entre aproximadamente 300 vueltas/minuto y 700 vueltas/minuto, puede ser necesario reducir el momento libre M_1 resultante de todas las fuerzas de inercia del primer orden con relación al centro del árbol-cigüeñal. Ello es obtenido igualmente dotando a las manivelas acodadas del árbol-cigüeñal, y principalmente a los brazos o bridas laterales formando brazos radiales de las mismas, respectivamente de contrapesos diferentes convenientemente calculados. La anulación o la compensación total de este momento resultante M_1 no puede ser obtenida por otra parte en momento alguno salvo en el caso particular de motores con dos bileras longitudinales de cilindros dispuestas transversalmente en V formando un ángulo recto (90º).

La invención tiene principalmente por objeto reme-

diar este inconveniente proponiendo una mejora de la relación de equilibrado natural del árbol-cigüeñal con varias, por ejemplo con siete, manivelas acodadas, del tipo antes citado en el que las fuerzas libres F_1 y F_2 del primer y segundo órdenes formando resultantes, para el árbol-cigüeñal entero, de las fuerzas producidas por cada enganche, son sensiblemente nulas. A este respecto, la invención crea un árbol-cigüeñal con varias manivelas acodadas que está caracterizado porque al menos una o algunas de dichas manivelas acodadas están respectivamente desplazadas angularmente de manera individual por un ángulo relativamente pequeño en el sentido rotativo y por una cantidad tales, con relación a las posiciones angulares respectivas correspondientes uniformemente repartidas circunferencialmente que ocuparían en una configuración con manivelas acodadas angularmente equidistantes al menos en proyección ortogonal sobre un plano perpendicular al eje geométrico de rotación de dicho árbol-cigüeñal, que resulte de ello una relación de equilibrado mejorada.

Según otra característica de la invención y en el caso de un árbol-cigüeñal con siete manivelas acodadas, el mismo presenta un reparto circunferencial irregular, según distancias mutuas de separación angular desiguales, de dichas manivelas acodadas de las que algunas al menos son desplazadas angularmente de manera individual por un ángulo relativamente pequeño en un sentido rotativo y por una cantidad tales, con relación a las posiciones angulares respectivas correspondientes uniformemente repartidas circunferencialmente que ocuparían en una configuración inicial de manivelas acodadas angularmente equidistantes en 51,4286º al menos en proyección ortogonal sobre un plano perpendicular o normal al eje geomé

trico de rotación de dicho árbol-cigüeñal, que el momento libre M_1, resultante de todas las fuerzas de inercia del primer orden desarrolladas por un enganche completo, con relación al centro de dicho árbol-cigüeñal, sea sensiblemente nulo y que, con preferencia, los contrapesos de equilibrado antes citados sean, todos, sensiblemente idénticos o iguales entre sí.

En el árbol-cigüeñal antes citado, las respectivas posiciones angulares de las manivelas acodadas antes citadas se suceden, en proyección ortogonal antes citada, en el orden 1-6-3-4-5-2-7, y según otra característica de la invención, tres pares de tales posiciones angulares 1-7,6-2,3-5 son respectivamente simétricos en cada par, con relación al plano axial longitudinal de la muñequilla de la manivela acodada central Nº 4, pasando por el eje geométrico de rotación del árbol-cigüeñal antes citado.

Según otra característica de la invención, cada manivela acodada de cada par antes citado de manivelas acodadas 6-2 y 3-5 presenta un desplazamiento angular en el sentito creciente del ángulo mutuo de separación, inferior a un ángulo plano (180º), de dichas manivelas acodadas en cada uno de dichos pares y cada manivela acodada del mencionado par de manivelas acodadas 1-7 presenta un desplazamiento angular en el sentido de su acercamiento mutuo, es decir en el sentido decreciente de su ángulo de separación mutua, inferior a un ángulo plano.

De acuerdo con otra característica adicional de la invención, los respectivos desplazamientos angulares de cada manivela acodada respectivamente de los pares antes citados de manivelas acodadas 1-7, 6-2 y 3-5 son sensiblemente iguales

a 2,744º, 2,147º y 1,241º.

La nueva relación de equilibrado, así obtenida para el árbol-cigüeñal perfeccionado de acuerdo con la invención, es definida por los siguientes valores numéricos:

$F_1 = 0 \quad M_1 = 0 \qquad M'_1 = 2{,}527\ P_1.L$

$F_2 = 0 \quad M_2 = 0{,}921\ P_2.L \qquad M'_2 = 0{,}463\ P_2.L$

La nueva forma de árbol-cigüeñal, obtenida por la invención, presenta pues la ventaja de permitir la anulación prácticamente perfecta del momento M_1 y de no necesitar ya el empleo de contrapesos especiales puesto que todos los contrapesos deben ser idénticos entre sí en el presente caso.

Por otra parte, esta ligera modificación de la posición angular de cada manivela acodada, con relación a la configuración regularmente repartida del estado anteriormente conocido de la técnica, no tiene consecuencias apreciables sobre la irregularidad del par motor ni sobre las tensiones adicionales provenientes de las vibraciones de torsión del árbol-cigüeñal. El orden de encendido de los cilindros (por ejemplo el orden 1-3-5-7-6-4-2) es el mismo que antes y, aunque las separaciones angulares sean diferentes en unos grados, es posible conservar el mismo agrupamiento de cilindros para el escape.

Se comprenderá mejor la invención y otros fines, características, detalles y ventajas de la misma aparecerán más claramente con la lectura de la descripción explicativa que va a seguir haciendo referencia al dibujo esquemático anexo dado únicamente a título de ejemplo no limitativo que ilustra un modo de realización específico actualmente preferido de la invención y en el que la figura única representa una vista de frente del árbol-cigüeñal de acuerdo con la invención en

proyección ortogonal sobre un plano perpendicular al eje geométrico longitudinal de rotación del árbol-cigüeñal que pasa por sus muñones de cojinete coaxialmente alineados y reducido a las trazas respectivas de los planos axiales longitudinales que pasan respectivamente por los ejes geométricos longitudinales de las muñequillas o espigas de las manivelas acodadas y concurrentes en el centro sobre el eje geométrico de rotación antes citado cuya traza constituye el punto común de intersección de las trazas respectivas de dichos planos.

Según la forma de ejecución representada a título de ejemplo en la figura, la misma muestra, de una parte, por líneas rectas radiales continuas de trazos continuos respectivamente 01, 06, 03, 04, 05, 02 y 07 radiantes alrededor del centro 0 que representa la traza del eje geométrico de rotación del árbol-cigüeñal, la configuración normal de distribución regular de un árbol-cigüeñal clásico de siete manivelas acodadas simbolizadas respectivamente por las trazas radiales rectilíneas antes citadas y uniformemente repartidas según ángulos de separación sucesivos idénticos que son iguales cada uno al valor $\alpha = \frac{360º}{7} = 51,4286º$.

Se ha representado igualmente, según un plano superpuesto sobre la misma figura y por líneas rectas radiales discontinuas de trazos interrumpidos 01', 06', 03', 04', 05', 02' y 07' respectivamente, la nueva configuración del árbol-cigüeñal con siete manivelas acodadas de acuerdo con la invención, pudiendo ser acoplada o articulada cada manivela acodada bien sea con una sola cabeza de biela de pistón, ó bien con dos cabezas de biela de pistón yuxtapuestas o colocadas lado a lado sobre la misma espiga de una sola muñequilla de manivela acodada. En la figura, los puntos, designados respec

tivamente por las cifras de referencia 1, 6, 3, 4, 5, 2, 7, o por las referencias 1', 6', 3', 4', 5', 2', 7', representan respectivamente las trazas de los ejes geométricos longitudinales (respectivamente paralelos al eje geométrico de rotación del árbol-cigüeñal 0) de las espigas o muñequillas de las diferentes manivelas acodadas en el caso del árbol-cigüeñal normal conocido o usual y en el caso del árbol-cigüeñal perfeccionado de acuerdo con la invención respectivamente, simbolizando entonces las líneas radiales, que une el centro común 0 respectivamente con estos diferentes puntos, las trazas respectivas de los planos axiales antes citados asimilables a las bridas o brazos radiales que forman las placas laterales de dichas manivelas acodadas. Para distinguir mejor la nueva configuración, representada por trazos interrumpidos, de la configuración usual representada por trazos continuos, los brazos de manivela acodada 01', 06', 03', 04', 05', 02', y 07' respectivamente de la nueva configuración de acuerdo con la invención han sido representados con una nueva longitud mayor que la de los brazos radiales de manivela acodada 01, 06, 03, 04, 05, 02 y 07 respectivamente de la configuración regular conocida.

Se comprueba entonces que, de acuerdo con la invención, la manivela acodada 04' sigue coincidiendo con la posición angular de la manivela acodada 04 del árbol-cigüeñal conocido, es decir que no sufre desplazamiento angular alguno. Las manivelas acodadas 03' y 05' están simétricamente desplazadas angularmente, en su sentido de separación creciente, cada una por el valor 1,241º con relación a su posición inicial en la configuración conocida, de modo que, en su nueva posición angular, forman ahora cada una un ángulo agudo de 52,67º

con la manivela acodada mediana 04'. Igualmente, las manivelas acodadas 06' y 02' están desplazadas angularmente cada una por el valor 2,147º en el sentido de separación creciente con relación a sus posiciones angulares iniciales respectivas en la configuración anteriormente conocida, es decir en el sentido de sus respectivos acercamientos de las manivelas acodadas vecinas 03' y 05' de modo que formen ahora cada una un ángulo agudo de 48,04º con estas últimas. Por último, las manivelas acodadas 01' y 07' están desplazadas angularmente por el valor 2,744º con relación a sus posiciones angulares anteriormente conocidas, en el sentido de su acercamiento mutuo o de alejamiento de las dos manivèlas acodadas respectivas vecinas antes citadas, de modo que forman ahora entre ellas un ángulo agudo de 45,94º y respectivamente un ángulo agudo de 56,32º con las manivelas acodadas vecinas 06' y 02'. Se comprueba que la nueva configuración obtenida es simétrica con relación a la recta indefinida 04' que representa la traza del plano axial longitudinal que pasa por el eje geométrico longitudinal de la espiga formando muñequilla de la manivela acodada 04'.

Evidentemente, la invención no se limita en manera alguna al modo de realización descrito y representado que no ha sido dado más que a título de ejemplo. En particular, comprende todos los medios que constituyan equivalentes técnicos de los medios descritos así como sus combinaciones, si las mismas son ejecutadas según su espíritu y llevadas a la practica dentro del marco de las reivindicaciones que siguen.

N O T A

La Patente de Invención que se solicita por veinte años para España, de acuerdo con la vigente Legislación, de-

berá reacer sobre: "DISPOSITIVO PERFECCIONADO FORMANDO ARBOL-CIGUEÑAL GIRATORIO CON VARIAS MANIVELAS ACODADAS Y CON CONTRA PESOS DE EQUILIBRADO PARA MAQUINA DE PISTONES ALTERNATIVOS", con Prioridad de la Demanda de Patente en Francia nº 74 19053 de fecha 31 de Mayo de 1974, según las caracteristicas esenciales de las siguientes:

R E I V I N D I C A C I O N E S

1ª.- Dispositivo perfeccionado formando árbol-cigüeñal giratorio con varias manivelas acodadas y con contrapesos de equilibrado para máquina de pistones alternativos, en el que cada muñequilla está acoplada con una sola cabeza de biela o con dos cabezas de biela colocadas lado a lado y donde las fuerzas libres del primer y segundo órdenes formando resultantes, para el árbol-cigüeñal entero, de las fuerzas producidas por cada enganche son con preferencia sensiblemente nulas, caracterizado porque al menos una o algunas de dichas manivelas acodadas están respectivamente desplazadas angularmente de manera individual por un ángulo relativamente pequeño en un sentido de rotación y por una cantidad tales, con relación a las posiciones angulares respectivas correspondientes uniformemente repartidas circunferencialmente que ocuparían en una configuración con manivelas acodadas angularmente equidistantes al menos en proyección ortogonal sobre un plano perpendicular al eje geométrico de rotación de dicho árbol-cigüeñal, que resulte de ello una relación de equilibrado mejorada.

2ª.- Dispositivo perfeccionado formando árbol-cigüeñal giratorio con varias manivelas acodadas y con contrapesos de equilibrado para máquina de pistones alternativos, según la reivindicación 1, formando árbol-cigüeñal giratorio de número por ejemplo impar tal como siete manivelas acodadas y con

contrapesos de equilibrado para máquina de pistones alternativos de siete o catorce cilindros, en el que cada muñequilla - están acoplada con una sola cabeza de biela o con dos cabezas de bielas colocadas lado a lado y donde las fuerzas libres — del primer y segundo órdenes formando resultantes, para el — árbol-cigüeñal entero, de las fuerzas producidas por cada enganche, son sensiblemente nulas, caracterizado por un reparto circunferencial irregular, según distancias mutuas de separación angular desiguales, de dichas manivelas acodadas de las que algunas por lo menos están angularmente desplazadas individualmente por un ángulo relativamente pequeño en un sentido rotativo y por una cantidad tales, con relación a las posiciones angulares respectivas correspondientes uniformemente repartidas circunferencialmente que ocuparían en una configuracion de manivelas acodadas angularmente equidistantes en 51,4286º al menos en proyección ortogonal sobre un plano perpendicular al eje geométrico de rotación de dicho árbol-cigüeñal, que el momento libre resultante de todas las fuerzas de inercia del primer orden, desarrolladas por un enganche completo, con relación al centro de dicho árbol-cigüeñal sea sensiblemente — nulo, y que con preferencia dichos contrapesos de equilibrado sean, todos sensiblemente idénticos.

3º.- Dispositivo perfeccionado formando árbol-cigüeñal giratorio con varias manivelas acodadas y con contrapesos de equilibrado para máquina de pistones alternativos, según - la reivindicación 2, con posiciones angulares respectivas de las manivelas acodadas antes citadas que se suceden, en proyección ortogonal antes citada, en el orden 1-6-3-4-5-2-7, caracterizado por tres pares de tales posiciones angulares 1-7, 6-2, 3-5, respectivamente simétricas, en cada par, con relación al

plano axial longitudinal de la muñequilla de la manivela acodada central o mediana 4, pasando por el eje geométrico de rotación del árbol-cigüeñal antes citado.

4ª.- Dispositivo perfeccionado formando arbol-cigüeñal giratorio con varias manivelas acodadas y con contrapesos de equilibrado para máquina de pistones alternativos, según la reivindicación 3, caracterizado por un desplazamiento angular, de cada manivela acodada antes citada de cada par citado 6-2 y 3-5, en el sentido creciente del ángulo mutuo de separación, inferior a un ángulo plano, de dichas manivelas acodadas en cada uno de dichos pares y por un desplazamiento angular de cada manivela acodada del par antes citado 1-7 de manivelas acodadas en el sentido de su acercamiento mutuo o sentido decreciente de su ángulo de separación mutua, inferior a un ángulo plano.

5ª.- Dispositivo perfeccionado formando arbol-cigüeñal giratorio con varias manivelas acodadas y con contrapesos de equilibrado para máquina de pistones alternativos, según la reivindicación 4, caracterizado por unos desplazamientos angulares de 2,744º, 2,147º y 1,241º respectivamente de cada manivela acodada de los pares antes citados 1-7, 6-2 y 3-5 - respectivamente.

6ª.- Dispositivo perfeccionado formando árbol-cigüeñal giratorio con varias manivelas acodadas y con contrapesos de equilibrado para máquina de pistones alternativos, según la reivindicación 5, caracterizado porque, si P_1 y P_2 designan respectivamente las fuerzas de inercia del primer y segundo órdenes, desarrolladas por un enganche completo, L la distancia que separa dos enganches sucesivos; M_1 y M_2 los momentos libres resultantes de todas las fuerzas de inercia del -

primer y segundo órdenes con relación al centro del árbol-cigüeñal antes citado; y M'_1 y M'_2, los momentos resultantes respectivos de las fuerzas de inercia del primer y segundo órdenes desarrolladas por una mitad de dicho árbol-cigüeñal con relación al centro del mismo y equivalentes a los momentos de flexión internos máximos a lo largo de dicho árbol-cigüeñal; la relación de equilibrado es definida por las siguientes relaciones:

$$M_1 = 0 \qquad M'_1 = 2{,}527\ P_1 . L$$

$$M_2 = 0{,}921\ P_2 . L \qquad M'_2 = 0{,}463\ P_2 . L$$

7ª.- "DISPOSITIVO PERFECCIONADO FORMANDO ARBOL-CIGUEÑAL GIRATORIO CON VARIAS MANIVELAS ACODADAS Y CON CONTRAPESOS DE EQUILIBRADO PARA MAQUINA DE PISTONES ALTERNATIVOS".

Según queda sustancialmente descrito en la presente memoria que consta de catorce hojas escritas a máquina por una sola cara y acompañada de dibujos.

Madrid, 23 MAYO 1975

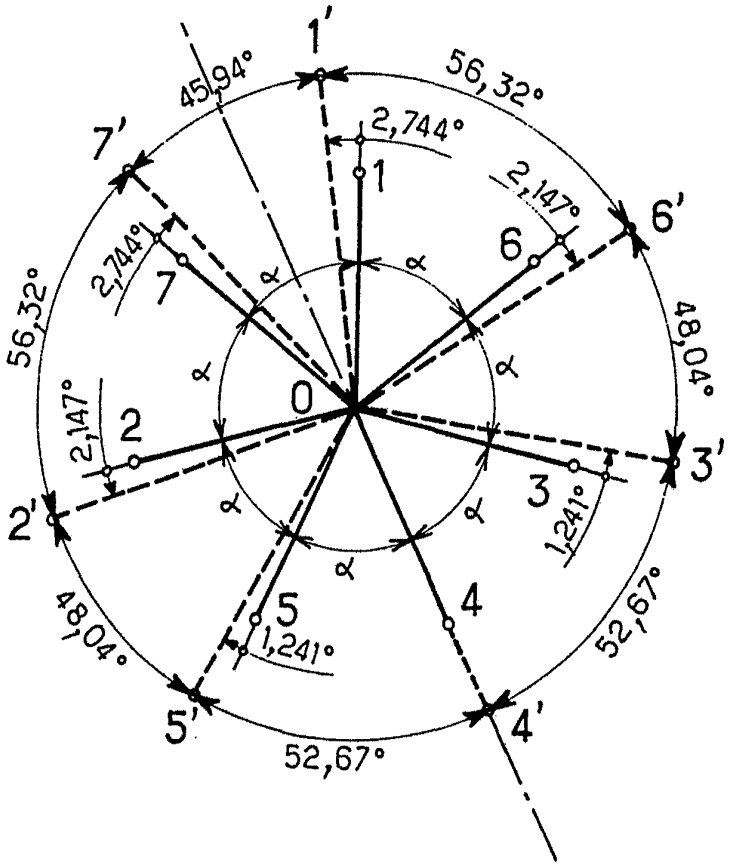
SOCIETE D'ETUDES DE MACHINES THERMIQUES - S.E.M.T.-

P. P.

FRANCISCO GARCIA CABRERIZO
P.P.

Firmado: M.ª Dolores Jerquera

SOCIETE D'ETUDES DE MACHINES THERMIQUES - S.E.M.T. Hoja única



$$\alpha = \frac{360°}{7} = 51°,4286$$

Madrid 23 MAYO 1975
P. P.

FRANCISCO GARCIA CABRERIZO
P.P.

Escala variable

Firmado: M.ª Dolores Jerquera