

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 797 689**

51 Int. Cl.:

**B62D 5/04** (2006.01)

**B62D 15/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.10.2016 PCT/EP2016/075902**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.05.2017 WO17072217**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.10.2016 E 16788090 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.04.2020 EP 3368393**

54 Título: **Dirección asistida electromecánica, procedimiento para la determinación de un ángulo de giro absoluto y procedimiento para la calibración de un dispositivo de medición para la medición de un ángulo de giro absoluto**

30 Prioridad:

**29.10.2015 DE 102015013965**

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

**03.12.2020**

73 Titular/es:

**THYSSENKRUPP PRESTA AG (50.0%)  
Essanestrasse 10  
9492 Eschen, LI y  
THYSSENKRUPP AG (50.0%)**

72 Inventor/es:

**ERNSTSON, GERNOT;  
TOTH, TIVADAR;  
SCHWARZKOPF, KONSTANTIN;  
KNOLL, PETER y  
SEN, SEDAT**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 797 689 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**

Dirección asistida electromecánica, procedimiento para la determinación de un ángulo de giro absoluto y procedimiento para la calibración de un dispositivo de medición para la medición de un ángulo de giro absoluto

5 La presente invención se refiere a una dirección asistida electromecánica con las características del preámbulo de la reivindicación 1 y a un procedimiento para la medición del ángulo de dirección absoluto de un árbol de dirección de una dirección asistida electromecánica con las características del preámbulo de la reivindicación 10.

10 Además, la invención se refiere a un procedimiento para la calibración de un dispositivo de medición para la medición del ángulo de dirección absoluto de un árbol de dirección de una dirección asistida electromecánica.

15 Los sensores de ángulo de dirección miden el ángulo de giro del volante de un automóvil. Por lo tanto, por el término "ángulo de dirección" se entiende en la presente descripción el ángulo de giro del árbol de dirección y del volante acoplado a este, pero no el ángulo de giro de las ruedas dirigidas del vehículo. Esta información se precisa entre otras cosas para la regulación dinámica de marcha, el programa de estabilidad electrónico (ESP). El problema general en este tipo de determinaciones del ángulo de giro consiste en que el árbol de dirección permite múltiples revoluciones para mover el sistema de dirección de un tope de dirección al otro. Por lo tanto, en la mayoría de los sensores empleados son precisos un registro y un almacenamiento permanentes de la posición actual del ángulo de giro del volante, ya que los sensores de ángulo usuales pueden medir como máximo 360°, mientras que un volante de automóvil tiene un intervalo angular de +/- 720° (en total cuatro revoluciones) o más.

20 En el documento DE102008011448A1 se propone una solución en la que el árbol de dirección se explora con dos engranajes de ruedas dentadas, siendo un primer engranaje de ruedas dentadas un engranaje hipocicloidal, con el que a través de varias rotaciones puede determinarse un valor de ángulo absoluto. Para mejorar la resolución angular se emplea un segundo engranaje de ruedas dentadas, de manera que el ángulo de giro puede determinarse con más precisión. La combinación por cálculo de las dos señales de ángulo exploradas hace posible una determinación de ángulo absoluto. Sin embargo, debido al uso de dos engranajes, la solución propuesta es especialmente compleja y la calibración del ángulo absoluto es complicada, ya que en primer lugar debe encontrarse respectivamente la posición neutra o posición recta.

25 El documento DE60011684T2 describe una solución en la que se usan dos sensores, de los cuales uno vigila la posición del árbol de dirección y el otro vigila la posición del rotor del servomotor para generar una medición unívoca del ángulo del árbol de dirección a través de un intervalo de ángulos más allá de una revolución completa. Se efectúa un contaje ascendente y descendente de las revoluciones para determinar mediante la combinación de ambas señales un ángulo absoluto. Una desventaja de esta solución consiste en la calibración complicada de la señal de medición con respecto al ángulo absoluto.

35 Por el documento WO2015/078664A1 se dio a conocer una unidad constructiva integral formada por un sensor de ángulo de dirección y un sensor de par de giro, presentando el sensor de ángulo de dirección un engranaje en el que se determina la posición de dos ruedas dentadas para calcular el ángulo de dirección absoluto.

40 Los sistemas convencionales necesitan además un dispositivo que incluso estando apagado el encendido explore el ángulo de dirección, para que durante un arranque del vehículo esté disponible el ángulo de dirección correcto y pueda trabajar el control de la servodirección electromecánica. Además, en los sistemas convencionales, la precisión de medición se puede conseguir sólo con un elevado gasto.

45 Por lo tanto, la presente invención tiene el objetivo de proporcionar una dirección asistida electromecánica con un sistema para la determinación del ángulo absoluto del árbol de dirección de la misma, que se pueda calibrar de manera sencilla y con alta precisión y que además sea de construcción sencilla y económica.

50 En particular, se debe determinar un ángulo absoluto de alta precisión del giro del árbol de dirección.

55 Por ángulo de giro absoluto se entiende el ángulo de giro que puede extenderse a través de varias revoluciones del árbol, por ejemplo +/- 1800°.

Por medición de alta precisión se entiende que la precisión de medición de la medición de ángulo corresponda al menos a la precisión del sensor de posición de rotor empleado.

60 El documento DE102014210245A1 se considera como estado de la técnica más próximo y describe una dirección asistida electromecánica según el preámbulo de la reivindicación 1 así como procedimientos para la determinación del ángulo de giro.

65 Este objetivo se consigue con una dirección asistida electromecánica con las características de la reivindicación 1 y un procedimiento para la medición del ángulo de dirección absoluto de alta precisión con las características de las reivindicaciones 10, 11 y 12. En las reivindicaciones 13 a 16 están representados procedimientos de calibración para

la realización de la medición del ángulo de dirección absoluto de alta precisión. En las reivindicaciones subordinadas están representadas variantes ventajosas de la invención.

Por lo tanto, la invención propone una dirección asistida electromecánica para un automóvil, que comprende

- un árbol de dirección que está soportado de forma giratoria alrededor de un eje de giro de árbol de dirección y que puede adoptar diferentes posiciones de giro,
- un motor eléctrico con un rotor, cuyo giro se acopla a la dirección asistida, y con un sensor de posición de rotor para la medición de un ángulo de rotor  $Y_t$  del rotor,
- una unidad de sensor de ángulo de dirección para la medición del ángulo de giro absoluto  $X_{t1}$  de la posición de giro del árbol de dirección en comparación con una posición de giro de partida predefinida,

comprendiendo la dirección asistida además:

- una unidad de evaluación para la combinación del ángulo de rotor  $Y_t$  con el ángulo de giro absoluto  $X_{t1}$  para la determinación de un ángulo de giro absoluto  $X_t$  de alta precisión de la posición de giro del árbol de dirección,
- comprendiendo la unidad de evaluación medios para el almacenamiento de al menos dos tuplas de medición, comprendiendo cada tupla de medición un valor de ángulo de un ángulo de rotor ( $Y_k$ ) y un valor de ángulo de un ángulo de giro absoluto ( $X_k$ ) correspondiente de la posición de giro del árbol de dirección,
- comprendiendo la unidad de evaluación un adicionador para el cálculo del ángulo de giro absoluto  $X_t$  de alta precisión de la posición de giro del árbol de dirección, que a partir de una tupla de medición  $X_k, Y_k$  almacenada puede determinar por adición o sustracción del ángulo de rotor  $Y_t$  medido el ángulo de giro absoluto  $X_t$  de alta precisión de la posición de giro del árbol de dirección.

Esto significa que la precisión de la medición está determinada directamente por la precisión del sensor de posición de rotor, aunque el sensor de posición de rotor rota múltiples veces durante las pocas revoluciones que realiza como máximo el árbol de dirección. La unidad de sensor de ángulo de dirección se utiliza solamente para determinar la posición aproximada. Para ello se utiliza preferentemente exactamente una unidad de sensor de ángulo de dirección.

En los automóviles, habitualmente, los árboles de dirección están divididos en un árbol de entrada o árbol de dirección superior, unido a un volante, y un árbol de salida o árbol de dirección inferior, unido al engranaje de dirección para el viraje de las ruedas, y están unidos entre sí de forma rotacionalmente elástica con una barra de torsión. El giro del árbol de dirección superior con respecto al inferior se utiliza para determinar el par de giro introducido en el sistema de dirección por un conductor. Sin embargo, se permiten sólo pocos grados angulares de giro relativo, a fin de garantizar la dirigibilidad del automóvil. En el sentido de la invención es posible determinar el ángulo de giro absoluto de alta precisión de la posición de giro del árbol de dirección superior, o bien, alternativamente, del árbol de dirección inferior. Los dispositivos y procedimientos presentados son capaces de conseguir ambos objetivos. Entonces, por consiguiente, por el sinónimo "árbol de dirección" se entendería el árbol de dirección superior o el árbol de dirección inferior. Sin embargo, resulta preferible determinar con alta precisión la posición de giro del árbol de dirección inferior.

Para que la unidad de sensor de ángulo de dirección pueda determinar de manera segura la posición aproximada a lo largo de varias revoluciones del árbol de dirección, de manera ventajosa, están realizadas características adicionales.

Por lo tanto, resulta preferible que esté previsto un primer dentado circunferencial alrededor del eje de giro de árbol de dirección y orientado hacia fuera, que esté acoplado de forma resistente al giro al árbol de dirección, y que esté prevista una segunda rueda dentada soportada de forma giratoria alrededor de un segundo eje de rueda dentada, con un segundo dentado circunferencial alrededor del segundo eje de rueda dentada y orientado hacia fuera, estando dispuesto el segundo eje de rueda dentada paralelamente y a una distancia con respecto al eje de giro de árbol de dirección y estando en engrane mutuo el primer dentado y el segundo dentado.

Además, resulta preferible que esté prevista una tercera rueda dentada soportada de forma giratoria alrededor de un tercer eje de rueda dentada, con un tercer dentado orientado hacia fuera y circunferencial alrededor del tercer eje de rueda dentada, estando dispuesto el tercer eje de rueda dentada paralelamente y a una distancia con respecto al eje de giro de árbol de dirección y paralelamente a una distancia con respecto al segundo eje de rueda dentada.

Para la exploración magnética sencilla del ángulo de giro preferentemente está previsto un sustrato magnético que está unido de forma resistente al giro a la tercera rueda dentada o que forma íntegramente la tercera rueda dentada, pudiendo ser explorada su posición de giro por un elemento de sensor. Mediante la combinación de las ruedas dentadas entre sí se realiza una multiplicación de engranaje, de manera que en el caso preferible, el sustrato magnético o simplemente el imán gira más lentamente que el giro del árbol de dirección que ha de ser explorado. Especialmente, el sustrato o el imán se hace girar como máximo sólo una vez en  $360^\circ$ , aunque el árbol de dirección realice varias revoluciones, por ejemplo, cuatro revoluciones.

Para realizar la multiplicación del engranaje, especialmente la desmultiplicación a una rotación más lenta, preferentemente, la tercera rueda dentada está alojada parcialmente en la segunda rueda dentada y soportada de forma giratoria alrededor del tercer eje de rueda dentada.

5 Para una realización más sencilla de un engranaje excéntrico puede estar prevista una cuarta rueda dentada que presente un cuarto dentado orientado hacia dentro y circunferencial alrededor del segundo eje de rueda dentada y del tercer eje de rueda dentada y engranado con el tercer dentado.

10 De manera ventajosa, especialmente, el cuarto dentado está dispuesto de forma reposada y no desplazable en su posición de giro con respecto al eje de árbol de dirección y al segundo eje de rueda dentada y al tercer eje de rueda dentada.

15 Especialmente, la determinación del ángulo de giro  $X_t$  de alta precisión puede realizarse con los cuatro dentados mencionados anteriormente, equivaliendo a un máximo de cuatro ruedas dentadas, estando incluido en el sistema adicionalmente el acoplamiento del giro del rotor a la dirección asistida.

20 De manera ventajosa, la estructura es adecuada para realizar la unidad de sensor de ángulo de dirección en una unidad constructiva integral, integrando una unidad de sensor de par de giro para la determinación del par de giro del árbol de dirección, introducido en el árbol de dirección por un conductor. Esto permite combinar los acoplamientos mecánicos y eléctricos y simplificar el sistema completo en cuanto a su estructura.

25 Además, el objetivo de la invención se consigue mediante un procedimiento para la determinación de un ángulo de giro absoluto  $X_t$  de alta precisión de la posición de giro de un árbol de dirección soportado de forma giratoria, acoplándose al giro del árbol de dirección el giro de un rotor de un motor eléctrico con un engranaje con un factor de multiplicación de engranaje  $K$  para la asistencia de fuerza auxiliar, y midiéndose en el procedimiento con un sensor de posición de rotor la posición de giro del rotor, en donde utilizando el número de revoluciones producidas del rotor este valor se utiliza directamente para la determinación del ángulo de giro absoluto de alta precisión del árbol de dirección. Durante la medición normal durante el funcionamiento del automóvil, por lo tanto, la unidad de sensor de ángulo de dirección no se utiliza para la determinación del ángulo de giro absoluto de alta precisión. La unidad de sensor de ángulo de dirección se emplea para la calibración de valores iniciales y la definición de la posición de giro de partida. Además, la unidad de sensor de ángulo de dirección puede utilizarse como plano de retorno en caso de error y/o para la detección de posibles errores en la medición.

35 En particular, el procedimiento para la determinación de un ángulo de giro absoluto  $X_t$  de alta precisión de la posición de giro de un árbol de dirección soportado de forma giratoria comprende los siguientes pasos:

a) la medición de un ángulo de rotor  $Y_t$  de la posición de giro del rotor con un sensor de posición de rotor;

40 b) la lectura de un valor de número de revoluciones  $N$  actual almacenado del rotor con respecto a un valor inicial del ángulo de rotor  $Y_{k0}$  con un valor inicial correspondiente del ángulo de giro  $X_{k0}$ , habiendo sido determinados los valores en un procedimiento de calibración;

45 c) el cálculo del valor absoluto de alta precisión del ángulo de giro  $X_t$  del árbol de dirección según la ecuación:

$$X_t = X_{k0} + (Y_t - Y_{k0})/K + N * 360^\circ / K.$$

50 Alternativamente, el objetivo también se puede conseguir mediante un procedimiento para la determinación de un ángulo de giro absoluto de alta precisión de la posición de giro de un árbol de dirección soportado de forma giratoria, en el que el giro de un rotor de un motor eléctrico se acopla al giro del árbol de dirección con un engranaje con un factor de multiplicación de engranaje  $K$  para la asistencia de fuerza auxiliar al giro del árbol de dirección, comprendiendo el procedimiento los siguientes pasos:

55 a) la medición de un ángulo de rotor  $Y_t$  de la posición de giro del rotor con un sensor de posición de rotor;

b) la medición del ángulo de giro  $X_{t1}$  de la posición de giro absoluta del árbol de dirección con una unidad de sensor de ángulo de dirección, siendo explorado el ángulo de giro  $X_{t1}$  con un engranaje con un factor de multiplicación  $UF$ ;

60 c) la selección de entre una cantidad de registros de datos de calibración predeterminados (tuplas de medición) compuestos respectivamente por un ángulo de giro  $X_k$  medido y un ángulo de rotor  $Y_k$  medido correspondiente, de un registro de datos de calibración  $X_{k1}$ ,  $Y_{k1}$  más próximo al valor de medición actual del ángulo de giro  $X_{t1}$ ;

65 d) la determinación del número de revoluciones  $N_1$  del rotor que se han producido para pasar del ángulo de giro del árbol de dirección del registro de datos de calibración  $X_{k1}$  al ángulo de giro  $X_{t1}$  medido actualmente del árbol de dirección;

e) el cálculo del valor absoluto de alta precisión del ángulo de giro del árbol de dirección según la ecuación:

$$X_t = X_{k1} + ((X_{t1} - X_{k1}) / (|X_{t1} - X_{k1}|)) * (|Y_t - Y_{k1}|) / K + N1 * 360^\circ / K.$$

Preferentemente, conforme al procedimiento de calibración representado a continuación, está determinada tal cantidad de registros de datos de calibración que el número de revoluciones N1 presente siempre el valor 0 (= cero). Esto significa que para cada revolución del rotor en 360° se determina preferentemente exactamente un único registro de datos de calibración.

Sin embargo, si está determinado sólo un único registro de datos de calibración, los dos procedimientos mencionados se entremezclan.

El procedimiento para la determinación de un ángulo de giro absoluto de alta precisión también puede perfeccionarse de tal forma que además del ángulo del rotor se tenga en cuenta también el sentido de giro. Correspondientemente, para cada sentido de giro existen registros de datos de calibración separados. De esta manera, es posible compensar histéresis en los componentes del engranaje y seguir aumentando la precisión.

Unas ventajas importantes del procedimiento consisten en que las imprecisiones en el engranaje del sistema sensorial de ángulo de dirección apenas influyen en el resultado de medición obtenido. Por lo tanto, el engranaje del sistema sensorial de ángulo de dirección puede realizarse de manera económica.

La calibración para la determinación de registros de datos de calibración puede efectuarse con un procedimiento para la calibración de un dispositivo de medición para la medición de un ángulo de giro absoluto  $X_t$  de alta precisión de la posición de giro de un árbol de dirección soportado de forma giratoria, acoplándose al giro del árbol de dirección el giro de un rotor de un motor eléctrico con un engranaje con un factor de multiplicación de engranaje K para la asistencia de fuerza auxiliar, comprendiendo el procedimiento los siguientes pasos:

a) el accionamiento del motor eléctrico para el ajuste de la posición de giro del árbol de dirección en un primer sentido;

b) la medición continua de un ángulo de rotor  $Y_t$  de la posición de giro del rotor con un sensor de posición de rotor con un intervalo de exploración;

c) la medición continua del ángulo de giro  $X_{t1}$  de la posición de giro absoluta del árbol de dirección con una unidad de sensor de ángulo de dirección, explorándose el ángulo de giro  $X_{t1}$  con un engranaje con un factor de multiplicación UF, realizándose la exploración con el intervalo de exploración mencionado;

d) en caso de una variación del ángulo de giro  $X_{t1}$  con respecto al valor medido en el momento de exploración inmediatamente anterior, el almacenamiento del par de valores de medición formado por los ángulos de rotor  $X_{t1a}$ ,  $Y_{1a}$ ;

e) el accionamiento del motor eléctrico para el ajuste de la posición de giro del árbol de dirección en un segundo sentido;

f) la medición continua de un ángulo de rotor  $Y_t$  de la posición de giro del rotor con un sensor de posición de rotor con el intervalo de exploración mencionado anteriormente;

g) la medición continua del ángulo de giro  $X_{t1}$  de la posición de giro absoluta del árbol de dirección con una unidad de sensor de ángulo de dirección, explorándose el ángulo de giro  $X_{t1}$  con un engranaje con un factor de multiplicación UF;

h) en caso de una variación del ángulo de giro  $X_{t1}$  con respecto al valor medido en el momento de exploración inmediatamente anterior, el almacenamiento del par de valores de medición formado por los ángulos de rotor  $X_{t1b}$ ,  $Y_{1b}$ ;

i) la formación de una tupla de medición compuesta por el ángulo de giro absoluto del árbol de dirección  $X_{k0}$ , como valor medio de los dos ángulos de giro  $X_{t1a}$  y  $X_{t1b}$  medidos, y por el ángulo de rotor  $Y_{k0}$ , como valor medio de los dos ángulos de rotor  $Y_a$  y  $Y_b$  medidos;

j) el almacenamiento de la tupla de medición  $X_{k0}$ ,  $Y_{k0}$  como registro de datos de calibración en un medio para almacenar y guardar el valor cero (=0) como valor de número de revoluciones N actual en una unidad de memoria.

Para la determinación de registros de datos de calibración adicionales puede estar previsto que después de almacenarse una primera tupla de medición  $X_{k0}$ ,  $Y_{k0}$  se ejecuten una o varias veces los siguientes pasos

adicionales:

- 5 a) de nuevo el accionamiento del motor eléctrico para el ajuste de la posición de giro del árbol de dirección en un primer sentido;
- b) la medición continua de un ángulo de rotor  $Y_t$  de la posición de giro del rotor con un sensor de posición de rotor;
- 10 c) la medición continua del ángulo de giro  $X_{t1}$  de la posición de giro absoluta del árbol de dirección con una unidad de sensor de ángulo de dirección, explorándose el ángulo de giro  $X_{t1}$  con un engranaje con un factor de multiplicación UF;
- d) al alcanzarse el ángulo diferencial predefinido, el almacenamiento del par de valores de medición formado por los ángulos de rotor  $X_{t1ia}$ ,  $Y_{ia}$ ;
- 15 e) el accionamiento del motor eléctrico para el ajuste de la posición de giro del árbol de dirección en un segundo sentido;
- f) la medición continua de un ángulo de rotor  $Y_t$  de la posición de giro del rotor con un sensor de posición de rotor;
- 20 g) la medición continua del ángulo de giro  $X_{t1}$  de la posición de giro absoluta del árbol de dirección con una unidad de sensor de ángulo de dirección, explorándose el ángulo de giro  $X_{t1}$  con un engranaje con un factor de multiplicación UF;
- 25 h) en caso de una variación del ángulo de giro  $X_{t1}$  con respecto al valor medido inmediatamente antes, el almacenamiento del par de valores de medición formado por los ángulos de rotor  $X_{t1ib}$ ,  $Y_{ib}$ ;
- 30 i) la formación de una tupla de medición compuesta por el ángulo de giro absoluto del árbol de dirección  $X_k$ , como valor medio de los dos ángulos de giro  $X_{t1a}$  y  $X_{t1b}$  medidos, y por el ángulo de rotor  $Y_k$ , como valor medio de los dos ángulos de rotor  $Y_a$  y  $Y_b$  medidos;
- 35 j) el almacenamiento de la tupla de medición  $X_k$ ,  $Y_k$  como registro de datos de calibración en un medio para el almacenamiento.
- Para utilizar el procedimiento para la medición de un ángulo de giro absoluto de alta precisión, en el que se utiliza el sentido de giro, la calibración puede realizarse con un procedimiento que comprende los siguientes pasos:
- 40 a) el accionamiento del motor eléctrico para el ajuste de la posición de giro del árbol de dirección en un primer sentido de giro;
- b) la medición continua de un ángulo de rotor  $Y_t$  de la posición de giro del rotor con un sensor de posición de rotor con un intervalo de exploración;
- 45 c) la medición continua del ángulo de giro  $X_{t1}$  de la posición de giro absoluta del árbol de dirección con una unidad de sensor de ángulo de dirección, explorándose el ángulo de giro  $X_{t1}$  con un engranaje con un factor de multiplicación UF y realizándose la exploración con el intervalo de exploración mencionado;
- 50 d) en caso de una variación del ángulo de giro  $X_{t1}$  con respecto al valor medido en el momento de exploración inmediatamente anterior, el almacenamiento del par de valores de medición formado por los ángulos de rotor  $X_{t1ia}$ ,  $Y_{ia}$  como primer registro de datos de calibración para el primer sentido de giro;
- 55 e) el almacenamiento del valor cero ( $=0$ ) como valor de número de revoluciones  $N_a$  actual en una unidad de memoria con respecto al primer registro de datos de calibración correspondiente para el primer sentido de giro;
- f) el accionamiento del motor eléctrico para el ajuste de la posición de giro del árbol de dirección en un segundo sentido;
- 60 g) la medición continua de un ángulo de rotor ( $Y_t$ ) de la posición de giro del rotor con un sensor de posición de rotor con el intervalo de exploración mencionado anteriormente;
- h) la medición continua del ángulo de giro  $X_{t1}$  de la posición de giro absoluta del árbol de dirección con una unidad de sensor de ángulo de dirección, explorándose el ángulo de giro  $X_{t1}$  con un engranaje con un factor de multiplicación UF;
- 65 i) en caso de una variación del ángulo de giro  $X_{t1}$  con respecto al valor medido en el momento de exploración

inmediatamente anterior, el almacenamiento del par de valores de medición formado por los ángulos de rotor Xt1ib, Yib como primer registro de datos de calibración para el segundo sentido de giro;

- 5 i) el almacenamiento del valor cero (=0) como valor de número de revoluciones Nb actual en una unidad de memoria con respecto al segundo registro de datos de calibración correspondiente para el segundo sentido de giro.

Para la determinación del número de revoluciones actual del rotor se puede emplear un procedimiento para la calibración de un dispositivo de medición, que comprende los siguientes pasos:

- 10 a) la medición continua del ángulo de rotor Yt con el intervalo de exploración mencionado;
- b) en caso de un aumento del ángulo de rotor Yt de un paso de tiempo del intervalo de exploración al paso de tiempo siguiente en un importe superior a  $80^\circ$ , el valor de número de revoluciones almacenado se incrementa en un conteo y se guarda como valor de número de revoluciones N actual;
- 15 c) en caso de una disminución del ángulo de rotor Yt de un paso de tiempo del intervalo de exploración al paso de tiempo siguiente en un importe superior a  $+80^\circ$ , el valor de número de revoluciones almacenado se reduce en un conteo y se guarda como valor de número de revoluciones N actual.

20 El salto  $|\Delta Yt|$  a partir del que el valor de número de revoluciones N se modifica en uno se determina a partir de la velocidad de dirección máxima posible y la frecuencia de exploración. Pero preferentemente, como magnitud de salto también pueden usarse valores de  $90^\circ$  o alternativamente de  $120^\circ$ . Sin embargo, el salto del ángulo de rotor que debería usarse para la modificación del valor de número de revoluciones N debería ser inferior a  $290^\circ$ , preferentemente inferior a  $200^\circ$ . Con una velocidad de dirección máxima de  $3.000^\circ/\text{segundo}$  de cambio de ángulo de dirección y con una frecuencia de exploración de 1kHz sería posible un cambio de ángulo de dirección de  $3^\circ$  de un paso de exploración al paso de exploración siguiente. Con una multiplicación K de 22 revoluciones de rotor con respecto a una revolución del árbol de dirección, esto corresponde a un salto de  $66^\circ$ . En caso de velocidades de dirección máximas posibles más bajas o de otras multiplicaciones K deben emplearse de manera correspondiente otros valores.

A continuación, se explican en detalle formas de realización preferibles de la invención con la ayuda de los dibujos. Los componentes idénticos o de funcionamiento idéntico llevan en todas las figuras los mismos signos de referencia. Muestran:

- 35 la figura 1: una vista tridimensional de una dirección asistida electromecánica según la invención con un motor eléctrico, un sensor de par de giro y un sensor de ángulo de dirección,
- 40 la figura 2: una vista en perspectiva de la disposición de la figura 1 desde arriba del motor eléctrico con el sensor de posición de rotor,
- la figura 3: una vista de detalle de la unidad constructiva integral del sensor de par de giro y del sensor de ángulo de dirección,
- 45 la figura 4: una representación en despiece ordenado de la disposición de la unidad constructiva integral sobre el árbol de dirección,
- la figura 5: una representación en despiece ordenado de la unidad constructiva integral desde un primer lado,
- 50 la figura 6: una representación en despiece ordenado de la unidad constructiva integral desde un segundo lado,
- la figura 7: un diagrama en el que se pueden ver las señales de sensor correspondientes a los cursos de ángulos y de revoluciones,
- 55 la figura 8: una representación ampliada del diagrama de la figura 7,
- la figura 9: una representación detallada de un fragmento del diagrama de la figura 7, estando representadas áreas de error,
- 60 la figura 10: una representación esquemática de una servodirección electromagnética con servoasistencia en la columna de dirección y con una memoria que incluso estando apagado el encendido se alimenta de tensión de a bordo,
- 65 la figura 11: una representación esquemática de otra forma de realización de una servodirección electromagnética con servoasistencia y memoria,

la figura 12: una representación esquemática de otra forma de realización de una servodirección electromagnética con servoasistencia en la cremallera y con una memoria que incluso estando apagado el encendido se alimenta de tensión de a bordo,

5 la figura 13: una representación esquemática de otra forma de realización de una servodirección electromagnética con servoasistencia en la cremallera y con memoria.

10 Las figuras 1 a 4 muestran una dirección asistida electromecánica 1 de un automóvil con un motor eléctrico 2 que en una columna de dirección asiste al movimiento de dirección de un conductor. Para la asistencia, el rotor del motor eléctrico está acoplado, a través de un engranaje 6, en el ejemplo un engranaje helicoidal, al giro del árbol de dirección 300. El árbol de dirección 300 presenta un árbol de dirección superior 301 y un árbol de dirección inferior 4 que a través de una barra de torsión 5 están unidos entre sí y soportados de forma giratoria alrededor de un eje de árbol de dirección 301. El árbol de dirección superior 3 está unido de forma resistente al giro directamente a un volante no representado. El motor eléctrico 2 acciona a través de un engranaje 6 el árbol de dirección inferior 4 que está unido a un engranaje de dirección de cremallera no representado. El motor eléctrico 2 presenta un sensor de posición de rotor (RPS) 7. Además, está prevista una unidad constructiva integral 8 con una unidad de sensor de par de giro 9 y con una unidad de sensor de ángulo de dirección 10. La unidad de sensor de par de giro 9 capta el giro del árbol de dirección superior 3 con respecto al árbol de dirección inferior 4 como una medida del par de giro ejercido manualmente en el árbol de dirección superior 3. La unidad de sensor de ángulo de dirección 10, en cambio, mide el ángulo de dirección actual del árbol de dirección inferior 3.

20 La unidad de sensor de par de giro 9 presenta un imán anular 11 (imán permanente), unido de forma resistente al giro al árbol de dirección superior 2, y un conductor de flujo magnético 12. Una unidad de sensor 13 correspondiente está unida de forma estacionaria a la unidad del motor eléctrico 2.

25 En las figuras 4 a 6 está representada en detalle la estructura de la unidad constructiva integral 8. La unidad de sensor 13 presenta una carcasa 14 con una tapa de carcasa 15 y un conductor de flujo magnético 16 dispuesto dentro de esta y un sensor magnético 18 dispuesto sobre una placa de circuito impreso 17. Los conductores de flujo 12, 16 sirven para concentrar el flujo magnético en el sensor magnético 18.

30 El sensor magnético 18 detecta el giro del árbol 2 unido al imán magnético 11, con respecto al árbol inferior 4 unido al conductor de flujo magnético 12.

35 Además del sensor magnético 18 de la unidad de sensor de par de giro 9, sobre la placa de circuito impreso 17 está previsto también un elemento de sensor 19 de la unidad de sensor de ángulo de dirección 10.

40 El imán permanente 11 está circundado circunferencialmente por una primera rueda dentada 20 con un primer dentado 202 orientado hacia fuera, que es parte de la unidad de sensor de ángulo de dirección 10. Dicho dentado está dispuesto de forma concéntrica con respecto al eje de árbol de dirección 301 y acoplado de forma resistente al giro al árbol de dirección inferior 4. En este primer dentado 202 de la primera rueda dentada 20 engrana un segundo dentado 212 circunferencial, orientado hacia fuera, de una segunda rueda dentada 21 que rueda sobre la primera rueda dentada 20 y que está soportada en un alojamiento de la carcasa 14 de forma giratoria alrededor de un segundo eje de rueda dentada 211. El segundo eje de rueda dentada 211 está dispuesto paralelamente y de forma desplazada con respecto al eje de árbol de dirección 301. En la segunda rueda dentada 21 está guiada a su vez una tercera rueda dentada 23 excéntricamente de forma giratoria alrededor de un tercer eje de rueda dentada 231. De manera correspondiente, el tercer eje de rueda dentada 231 está dispuesto paralelamente y de forma desplazada con respecto al segundo eje de rueda dentada 211 y al eje de árbol de dirección 301. La tercera rueda dentada presenta un tercer dentado 232 circunferencial, orientado hacia fuera. Un cuarto dentado 242 circunferencial, orientado hacia dentro, de una cuarta rueda dentada 24 está dispuesto en el alojamiento 22 dentro de la carcasa 14 y está en engrane con el tercer dentado 232, de manera que este tercer dentado 232 rueda a lo largo de este cuarto dentado 242. Las ruedas dentadas 20, 21, 23 forman un engranaje recto, estando dispuestos todos los ejes de giro 301, 201, 211, 231 paralelamente y de forma desplazada unos respecto a otros.

45 Por lo tanto, el movimiento de giro del árbol de dirección superior 3 es transmitido a través del engranaje a la tercera rueda dentada 23 en la que está dispuesto un imán permanente formado por un sustrato magnético 25. La rotación de la tercera rueda dentada 23 se capta entonces con la ayuda del elemento de sensor 19 sobre la placa de circuito impreso 17. Alternativamente al uso de un imán permanente separado, el sustrato magnético 25 puede estar integrado en la tercera rueda dentada 23 o incluso formar la tercera rueda dentada completa.

50 El elemento de sensor 19 de la unidad de sensor de ángulo de dirección 10 es preferentemente un sensor hall que está dispuesto reposando enfrente del imán permanente o de sustrato magnético 25 de la tercera rueda dentada 23.

55 En este ejemplo de realización, el sensor de ángulo de dirección puede detectar de manera unívoca un intervalo de cuatro revoluciones del árbol de dirección, especialmente del árbol de dirección inferior 4. Para ello está previsto un factor de multiplicación UF de 4:1 de la primera rueda dentada, es decir, del árbol de dirección inferior 4, al elemento

de engranaje transmisor. Mientras el árbol de dirección inferior 4 realiza cuatro revoluciones, la tercera rueda dentada del elemento de engranaje transmisor del engranaje recto gira sólo una única vez. En la forma de realización representada aquí, la multiplicación de engranaje está realizada con un diente de diferencia entre el dentado interior del alojamiento y el elemento de engranaje transmisor. De esta manera, se puede determinar un ángulo de giro absoluto Xt1 (véase la señal 27 en las figuras 7, 8, 9) de la posición de giro del árbol de dirección inferior 4, incluso a lo largo de varias revoluciones del árbol de dirección inferior 4. Dado que el árbol de dirección superior 3 está unido al árbol de dirección inferior 4 a través de la barra de torsión 5 rotacionalmente elástica y se permiten sólo ángulos de giro reducidos entre los dos árboles de dirección 3, 4 uno respecto a otro, de esta manera se determina prácticamente también la posición de giro del árbol de dirección superior 3.

Pero también es posible y viable disponer el engranaje de tal forma que se explore directamente la posición de giro del árbol de dirección superior 3. Para ello, solamente hay que acoplar el primer dentado directamente al árbol de dirección superior 3 de forma resistente al giro. Entonces, en principio, el sensor de ángulo de dirección simplemente se instala al revés, de la parte superior a la parte inferior. Sin embargo, esto no resulta preferible.

La calibración para la determinación de la "posición cero" o de otro valor inicial se realiza por una parte mecánicamente durante el montaje y, por otra parte, mediante la definición de un valor inicial correspondiente en la unidad de evaluación electrónica.

Por el acoplamiento por engranaje del motor eléctrico al sistema de dirección con el engranaje 6, la posición de giro del árbol de dirección está vinculada directamente a la posición de giro del rotor del motor eléctrico. En el ejemplo, el factor de multiplicación de engranaje K del giro del árbol de dirección inferior 4 con respecto al giro del rotor es de 1:20. Por lo tanto, el ángulo de rotor Yt está acoplado al ángulo de dirección Xt en la relación de 20:1. Con una precisión correspondiente, la posición de giro del rotor puede reflejar la posición de giro del árbol de dirección inferior 4. Sin embargo, existe una revolución múltiple, de manera que el sistema tiene que "saber" siempre cual es el valor de número de revoluciones N actual. Para la calibración correspondiente puede usarse el ángulo de giro absoluto Xt1 del árbol de dirección inferior 4, determinado con la unidad de sensor de ángulo de dirección.

Para la regulación de la servodirección electromecánica ya es habitual en el estado de la técnica determinar la posición de giro del rotor con un sensor de posición de rotor. Esto es necesario para controlar con precisión el motor eléctrico. Para ello, se realiza también una determinación exacta de la posición de giro del rotor. Por lo tanto, el ángulo absoluto Xt de alta precisión del árbol de dirección inferior 4 que se determina con el sensor de posición de rotor RPS está determinado de forma mucho más precisa que el ángulo absoluto Xt1 del árbol de dirección inferior 4 que se determina con la unidad de sensor de ángulo de dirección 10.

Durante la marcha, después de una calibración inicial se puede prescindir de la evaluación de los valores de medición de la unidad de sensor de ángulo de dirección 10. Sin embargo, los valores calibrados deben almacenarse en una memoria 29 correspondiente (véanse las figuras 10 a 13). De esta manera, se consigue reducir el tiempo de cálculo y el esfuerzo de cálculo así como el consumo de energía.

Son posibles y viables diversos métodos.

Con la ayuda de las figuras 7, 8 y 9 se describen a continuación el procedimiento de medición y diversos métodos para la calibración.

En las figuras 7, 8 y 9, el ángulo medido Yt del rotor está aplicado como señal 26 y el ángulo medido Xt1 del sensor de ángulo de dirección está aplicado como señal 27 con respecto al ángulo de dirección absoluto Xt de alta precisión. En la figura 9 se ilustran desviaciones de las mediciones según el sentido de giro. Tanto las tolerancias en el engranaje como los juegos u otro tipo de efectos de histéresis han de ser considerados como causa de las desviaciones de los valores para el ángulo de rotor Yt1a en comparación con Yt1b o para el ángulo de dirección Xt1a en comparación con Xt1b. Como se ilustra en la figura 8, grandes desviaciones en la posición del rotor repercuten sólo poco en la determinación de la posición del árbol de dirección.

La medición o determinación en sí del ángulo de giro absoluto Xt de alta precisión del árbol de dirección inferior 4 comprende los siguientes pasos:

d) la medición de un ángulo de rotor Yt de la posición de giro del rotor con un sensor de posición de rotor 7;

e) la lectura de un valor de número de revoluciones N actual almacenado del rotor con respecto a un valor inicial del ángulo de rotor Yk0 con un valor inicial correspondiente del ángulo de giro Xk0, habiendo sido determinados los valores en un procedimiento de calibración;

f) el cálculo del valor absoluto de alta precisión del ángulo de giro Xt del árbol de dirección inferior 4 según la ecuación:

$$Xt=Xk0 + (Yt-Yk0)/K + N*360°/K.$$

Alternativamente, el procedimiento de medición puede comprender los siguientes pasos:

- 5 a) la medición del ángulo de rotor  $Y_t$  de la posición de giro del rotor con el sensor de posición de rotor 7;
- b) la medición del ángulo de giro  $X_{t1}$  de la posición de giro absoluta del árbol de dirección inferior 4 con una unidad de sensor de ángulo de dirección 10, explorándose el ángulo de giro  $X_{t1}$  con un engranaje con un factor de multiplicación UF;
- 10 c) la selección de un registro de datos de calibración ( $X_{k1}$ ,  $Y_{k1}$ ) más próximo al valor de medición actual del ángulo de giro  $X_{t1}$ , de entre una cantidad de registros de datos de calibración predeterminados (tupla de medición), compuestos respectivamente por un ángulo de giro  $X_k$  medido y un ángulo de rotor  $Y_k$  medido correspondiente,
- 15 d) la determinación del número de revoluciones  $N_1$  del rotor que se han producido para pasar del ángulo de giro del árbol de dirección del registro de datos de calibración  $X_{k1}$  al ángulo de giro  $X_{t1}$  actual medido del árbol de dirección;
- 20 e) el cálculo del valor absoluto de alta precisión del ángulo de giro del árbol de dirección según la ecuación:

$$X_t = X_{k1} + ((X_{t1} - X_{k1}) / (|X_{t1} - X_{k1}|)) * (|Y_t - Y_{k1}|) / K + N_1 * 360^\circ / K.$$

25 Preferentemente, conforme a los procedimientos de calibración representados a continuación, está determinada tal cantidad de registros de datos de calibración que el número  $N_1$  de revoluciones presente siempre el valor 0. Esto significa que para cada revolución del rotor en  $360^\circ$  se determina preferentemente exactamente un único registro de datos de calibración.

30 Sin embargo, si está determinado sólo un único registro de datos de calibración, los dos procedimientos mencionados se entremezclan.

En caso de perfeccionar el procedimiento para la determinación de un ángulo de giro absoluto de alta precisión de tal forma que además del ángulo del rotor se tiene en cuenta también el sentido de giro, para cada sentido de giro se determinan registros de datos de calibración separados.

35 La calibración para la determinación de registros de datos de calibración puede realizarse con los siguientes pasos:

- a) el accionamiento del motor eléctrico 2 para el ajuste de la posición de giro del árbol de dirección inferior 4, y por tanto del árbol de dirección 300 en su conjunto, en un primer sentido;
- 40 b) la medición continua de un ángulo de rotor  $Y_t$  de la posición de giro del rotor con un sensor de posición de rotor 7 con un intervalo de exploración;
- 45 c) la medición continua del ángulo de giro  $X_{t1}$  de la posición de giro absoluta del árbol de dirección inferior 4 con una unidad de sensor de ángulo de dirección 10, explorándose el ángulo de giro  $X_{t1}$  con un engranaje con un factor de multiplicación UF, realizándose la exploración con el intervalo de exploración mencionado;
- 50 d) en caso de una variación del ángulo de giro  $X_{t1}$  con respecto al valor medido en el momento de exploración inmediatamente anterior, el almacenamiento del par de valores de medición formado por los ángulos de rotor  $X_{t1a}$ ,  $Y_{ia}$ ;
- e) el accionamiento del motor eléctrico 2 para el ajuste de la posición de giro del árbol de dirección inferior 4 en un segundo sentido;
- 55 f) la medición continua de un ángulo de rotor  $Y_t$  de la posición de giro del rotor con un sensor de posición de rotor 7 con el intervalo de exploración mencionado anteriormente;
- g) la medición continua del ángulo de giro  $X_{t1}$  de la posición de giro absoluta del árbol de dirección inferior 4 con una unidad de sensor de ángulo de dirección 10, explorándose el ángulo de giro  $X_{t1}$  con un engranaje con un factor de multiplicación UF;
- 60 h) en caso de una variación del ángulo de giro  $X_{t1}$  con respecto al valor medido en el momento de exploración inmediatamente anterior, el almacenamiento del par de valores de medición formado por los ángulos de rotor  $X_{t1b}$ ,  $Y_{ib}$ ;
- 65 i) la formación de una tupla de medición compuesta por el ángulo de giro absoluto del árbol de dirección inferior  $X_{k0}$ , como valor medio de los dos ángulos de giro  $X_{t1a}$  y  $X_{t1b}$  medidos, y por el ángulo de rotor  $Y_{k0}$ , como valor

medio de los dos ángulos de rotor Ya y Yb medidos;

5 j) el almacenamiento de la tupla de medición Xk0, Yk0 como registro de datos de calibración en un medio 29 (véanse las figuras 10 a 13) para almacenar y guardar el valor cero (0) como valor de número de revoluciones N actual en una unidad de memoria.

Para la determinación de registros de datos de calibración adicionales puede estar previsto que después de almacenarse una primera tupla de medición (Xk0, Yk0) se ejecuten una o varias veces los siguientes pasos adicionales:

- 10 a) de nuevo el accionamiento del motor eléctrico 2 para el ajuste de la posición de giro del árbol de dirección inferior 4 en un primer sentido;
- 15 b) la medición continua de un ángulo de rotor Yt de la posición de giro del rotor con un sensor de posición de rotor 7;
- 20 c) la medición continua del ángulo de giro Xt1 de la posición de giro absoluta del árbol de dirección inferior 4 con una unidad de sensor de ángulo de dirección 10, explorándose el ángulo de giro Xt1 con un engranaje con un factor de multiplicación UF;
- 25 d) al alcanzarse un ángulo diferencial predefinido: el almacenamiento del par de valores de medición formado por los ángulos de rotor Xt1a, Yia;
- 30 e) el accionamiento del motor eléctrico 2 para el ajuste de la posición de giro del árbol de dirección inferior 4 en un segundo sentido;
- 35 f) la medición continua de un ángulo de rotor Yt de la posición de giro del rotor con un sensor de posición de rotor 7;
- 40 g) la medición continua del ángulo de giro Xt1 de la posición de giro absoluta del árbol de dirección inferior 4 con una unidad de sensor de ángulo de dirección 10, explorándose el ángulo de giro Xt1 con un engranaje con un factor de multiplicación UF;
- h) en caso de una variación del ángulo de giro Xt1 con respecto al valor medido inmediatamente antes: el almacenamiento del par de valores de medición formado por los ángulos de rotor Xt1b, Yib;
- i) la formación de una tupla de medición compuesta por el ángulo de giro absoluto del árbol de dirección Xk, como valor medio de los dos ángulos de giro Xt1a y Xt1b medidos, y por el ángulo de rotor Yk, como valor medio de los dos ángulos de rotor Ya y Yb medidos;
- 45 j) el almacenamiento de la tupla de medición Xk, Yk como registro de datos de calibración en un medio 29 para el almacenamiento.

45 Para utilizar el procedimiento para la medición de un ángulo de giro absoluto de alta precisión, en el que se utiliza el sentido de giro, la calibración puede realizarse con un procedimiento que comprende los siguientes pasos:

- 50 a) el accionamiento del motor eléctrico 2 para el ajuste de la posición de giro del árbol de dirección inferior 4 en un primer sentido de giro;
- b) la medición continua de un ángulo de rotor Yt de la posición de giro del rotor con un sensor de posición de rotor 7 con un intervalo de exploración;
- 55 c) la medición continua del ángulo de giro Xt1 de la posición de giro absoluta del árbol de dirección inferior 4 con la unidad de sensor de ángulo de dirección 10, explorándose el ángulo de giro Xt1 con un engranaje con un factor de multiplicación UF y realizándose la exploración con el intervalo de exploración mencionado;
- 60 d) en caso de una variación del ángulo de giro Xt1 con respecto al valor medido en el momento de exploración inmediatamente anterior, el almacenamiento del par de valores de medición formado por los ángulos de rotor Xt1a, Yia como primer registro de datos de calibración para el primer sentido de giro;
- e) el almacenamiento del valor cero (0) como valor de número de revoluciones Na actual en una unidad de memoria con respecto al primer registro de datos de calibración correspondiente para el primer sentido de giro;
- 65 f) el accionamiento del motor eléctrico 2 para el ajuste de la posición de giro del árbol de dirección inferior 4 en un segundo sentido de giro;

g) la medición continua de un ángulo de rotor  $Y_t$  de la posición de giro del rotor con un sensor de posición de rotor 7 con el intervalo de exploración mencionado anteriormente;

5 h) la medición continua del ángulo de giro  $X_{t1}$  de la posición de giro absoluta del árbol de dirección inferior 4 con la unidad de sensor de ángulo de dirección 10, explorándose el ángulo de giro  $X_{t1}$  con un engranaje con un factor de multiplicación UF;

10 i) en caso de una variación del ángulo de giro  $X_{t1}$  con respecto al valor medido en el momento de exploración inmediatamente anterior, el almacenamiento del par de valores de medición formado por los ángulos de rotor  $X_{t1ib}$ ,  $Y_{ib}$  como primer registro de datos de calibración para el segundo sentido de giro;

15 i) el almacenamiento del valor cero (0) como valor de número de revoluciones  $N_b$  actual en una unidad de memoria con respecto al segundo registro de datos de calibración correspondiente para el segundo sentido de giro.

20 En la figura 8 está ilustrada también la posibilidad de la determinación del valor de número de revoluciones  $N$ . En caso de un aumento del ángulo de rotor  $Y_t$  de un paso de tiempo del intervalo de exploración al paso de tiempo siguiente en un importe  $|\Delta Y_t|$  superior a  $80^\circ$ , el valor de número de revoluciones almacenado se incrementa en un conteo ( $N=N+1$ ) y se guarda como valor de número de revoluciones  $N$  actual. En caso de una disminución del ángulo de rotor  $X_t$  de un paso de tiempo del intervalo de exploración al paso de tiempo siguiente en un importe  $|\Delta Y_t|$  superior a  $+80^\circ$ , el valor de número de revoluciones almacenado se reduce en un conteo ( $N=N-1$ ) y se guarda como valor de número de revoluciones  $N$  actual. Como se puede ver en el ejemplo, el salto  $|\Delta Y_t|$  generalmente será notablemente superior a  $80^\circ$ .

25 En las figuras 10 a 13 están ilustradas diferentes formas de realización del sistema de dirección.

30 Un movimiento de dirección introducido por el conductor en el árbol de dirección superior 3 a través de un volante 50 es transmitido a través de la barra de torsión 5 al árbol de dirección inferior 4. Para ello, al menos el ángulo de giro absoluto  $X_{t1}$  del árbol de dirección inferior 4 se determina en la unidad de sensor de ángulo de dirección 10 y se transmite a la unidad de evaluación 28. Una alimentación de corriente 31 se une al control de la unidad de evaluación 28 de forma conmutable a través del conmutador de encendido 30. La servounidad 40 con el motor eléctrico 2 es excitada por el control de tal forma que asiste al movimiento de dirección del conductor, para lo que la cremallera 32 se mueve linealmente y el giro de las ruedas se produce de manera asistida.

35 Al control se suministra al menos el ángulo de rotor  $Y_t$  medido.

Los medios 29 sirven para el almacenamiento de datos de calibración tales como los registros de datos de calibración  $X_{k1}$ ,  $Y_{k1}$  o las tuplas de medición  $X_k$ ,  $Y_k$  y/o los valores numéricos de revoluciones  $N$  actuales.

40 En un adionador 281 se realizan las tareas de adición o de sustracción correspondientes.

45 El sistema de dirección según la invención puede presentar medios 29 alimentados ininterrumpidamente de corriente, como está representado en las figuras 10 y 12. En este caso, los datos de calibración están siempre disponibles. Sin embargo, existe siempre un consumo de corriente.

50 Alternativamente, el sistema de dirección según la invención puede presentar medios 29 que son alimentados de corriente sólo temporalmente, cuando está conectado el encendido, tal como está representado en las figuras 11 y 13. En este caso, los datos de calibración no están siempre disponibles. Según la realización, los datos pueden perderse cada vez que se apague el encendido o sólo al cabo de cierto tiempo. Sin embargo, la ventaja consiste en entonces en el menor consumo de corriente en reposo.

55 En este caso, debe volver a iniciarse cada vez un proceso de calibración. Al arrancar el sistema (por ejemplo al conectar el encendido), se produce un breve accionamiento del motor eléctrico para producir un ligero giro (pocos grados) del árbol de dirección, durante lo que pasan y se almacenan al menos una tupla, preferentemente dos de las tuplas de medición  $X_k$ ,  $Y_k$ , de manera que se puede volver a deducir directamente el ángulo de dirección absoluto de alta precisión.

60 De manera especialmente ventajosa, se puede prescindir del uso de una medición del ángulo de giro  $X_t$  del árbol de dirección estando apagado el encendido. No se requiere un modo "sleep" (modo de espera) correspondiente. Por el procedimiento muy sencillo y muy rápido para la calibración del sistema de medición, cada vez que se conecta el encendido puede producirse directamente la calibración, de manera que como muy tarde después de pocos metros recorridos (menos de 10 m) está disponible ya una medición del ángulo de giro absoluto de alta precisión del ángulo de dirección. El proceso de calibración también puede realizarse directamente estando parado, en un plazo de pocos segundos (menos de 10 seg.).

65 Según las figuras 10 y 11, el engranaje para realizar la servoasistencia puede estar configurado como engranaje

helicoidal tal como está ilustrado en las figuras 1 a 4.

Alternativamente, como está ilustrado en las figuras 12 y 13, también puede accionarse directamente la cremallera 32, de manera que el engranaje puede estar configurado por ejemplo como husillo de rosca de bolas.

- 5 La determinación según la invención del ángulo de dirección absoluto puede emplearse en servodirecciones electromecánicas de cualquier tipo. La disposición de la unidad de sensor de ángulo de dirección no está limitada a la forma integral con la unidad de sensor de par de giro, tratándose más bien de una realización preferible.
- 10 El sistema según la invención para la determinación ángulo de dirección absoluto de alta precisión de un árbol de dirección en una dirección asistida electromecánica tiene una estructura especialmente sencilla y económica por la reducida cantidad de piezas y utilizando la señal de posición de rotor puede calibrarse de manera sencilla y muy precisa.

**REIVINDICACIONES**

1. Dirección asistida electromecánica (1) para un automóvil, que comprende

- 5 • un árbol de dirección (300) que está soportado de forma giratoria alrededor de un eje de giro de árbol de dirección (301) y que puede adoptar diferentes posiciones de giro,
- un motor eléctrico (2) con un rotor, cuyo giro se acopla a la dirección asistida, y con un sensor de posición de rotor (7) para la medición de un ángulo de rotor Yt del rotor,
- 10 • una unidad de sensor de ángulo de dirección (10) para la medición del ángulo de giro absoluto Xt1 de la posición de giro del árbol de dirección (300) en comparación con una posición de giro de partida predefinida,

**caracterizada por que** la dirección asistida comprende además:

- 15 • una unidad de evaluación (28) para la combinación del ángulo de rotor Yt con el ángulo de giro absoluto Xt1 para la determinación de un ángulo de giro absoluto Xt de alta precisión de la posición de giro del árbol de dirección,
- comprendiendo la unidad de evaluación (28) medios (29) para el almacenamiento de al menos dos tuplas de medición, comprendiendo cada tupla de medición un valor de ángulo de un ángulo de rotor Yk y un valor de ángulo de un ángulo de giro absoluto Xk correspondiente de la posición de giro del árbol de dirección (300),
- 20 • comprendiendo la unidad de evaluación (28) un adicionador (281) para el cálculo del ángulo de giro absoluto Xt de alta precisión de la posición de giro del árbol de dirección, que a partir de una tupla de medición (Xk, Yk) almacenada puede determinar, por adición o sustracción del ángulo de rotor Yt medido, el ángulo de giro absoluto Xt de alta precisión de la posición de giro del árbol de dirección (300).

25 2. Dirección asistida electromecánica según la reivindicación 1, **caracterizada por que** está previsto un primer dentado (202) circunferencial alrededor del eje de giro de árbol de dirección (301) y orientado hacia fuera, que está acoplado de forma resistente al giro al árbol de dirección, y por que está prevista una segunda rueda dentada (21) soportada de forma giratoria alrededor de un segundo eje de rueda dentada (211), con un segundo dentado (212) circunferencial alrededor del segundo eje de rueda dentada (211) y orientado hacia fuera, estando dispuesto el segundo eje de rueda dentada (211) paralelo y a una cierta distancia con respecto al eje de giro de árbol de dirección (301) y estando en engrane mutuo el primer dentado (202) y el segundo dentado (212).

35 3. Dirección asistida electromecánica según la reivindicación 2, **caracterizada por que** está prevista una tercera rueda dentada (23) soportada de forma giratoria alrededor de un tercer eje de rueda dentada (231), con un tercer dentado (232) orientado hacia fuera y circunferencial alrededor del tercer eje de rueda dentada (231), estando dispuesto el tercer eje de rueda dentada (231) paralelo y a una cierta distancia con respecto al eje de giro de árbol de dirección (301) y paralelo a una cierta distancia con respecto al segundo eje de rueda dentada (211).

40 4. Dirección asistida electromecánica según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** está previsto un sustrato magnético (25) que está unido de forma resistente al giro a la tercera rueda dentada (23) o que forma íntegramente la tercera rueda dentada (23), pudiendo ser explorada su posición de giro por un elemento de sensor (19).

45 5. Dirección asistida electromecánica según una de las reivindicaciones 2 a 4, **caracterizada por que** la tercera rueda dentada (23) está alojada parcialmente en la segunda rueda dentada (21) y soportada de forma giratoria alrededor del tercer eje de rueda dentada (231).

50 6. Dirección asistida electromecánica según una de las reivindicaciones 2 a 5, **caracterizada por que** está prevista una cuarta rueda dentada (24) que presenta un cuarto dentado (242) orientado hacia dentro y circunferencial alrededor del segundo eje de rueda dentada (211) y del tercer eje de rueda dentada (231) y engranado con el tercer dentado (232).

55 7. Dirección asistida electromecánica según una de las reivindicaciones 2 a 6, **caracterizada por que** el cuarto dentado (242) está dispuesto de forma reposada y no desplazable en su posición de giro con respecto al eje de árbol de dirección (301) y al segundo eje de rueda dentada (211) y al tercer eje de rueda dentada (231).

60 8. Dirección asistida electromecánica según una de las reivindicaciones 6 o 7, **caracterizada por que** para la determinación del ángulo de giro Xt de alta precisión, el sistema contiene como máximo las ruedas dentadas mencionadas anteriormente y el acoplamiento del giro del rotor a la dirección asistida.

65 9. Dirección asistida electromecánica según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la unidad de sensor de ángulo de dirección (10) con una unidad de sensor de par de giro (9) para la determinación del par de giro del árbol de dirección (300), introducido en el árbol de dirección por un conductor, está prevista en una unidad constructiva integral.

10. Procedimiento para la determinación de un ángulo de giro absoluto  $X_t$  de alta precisión de la posición de giro de un árbol de dirección (300) soportado de forma giratoria, acoplándose al giro del árbol de dirección (300) el giro de un rotor de un motor eléctrico (2) con un engranaje (6, 40) con un factor de multiplicación de engranaje  $K$  para la asistencia de fuerza auxiliar al giro del árbol de dirección (300), que comprende los siguientes pasos:

- a) la medición de un ángulo de rotor  $Y_t$  de la posición de giro del rotor con un sensor de posición de rotor (7);
- b) la lectura de un valor de número de revoluciones  $N$  actual almacenado del rotor con respecto a un valor inicial del ángulo de rotor  $Y_{k0}$  con un valor inicial correspondiente del ángulo de giro  $X_{k0}$ , habiendo sido determinados los valores en un procedimiento de calibración;
- c) el cálculo del valor absoluto de alta precisión del ángulo de giro  $X_t$  del árbol de dirección (300) según la ecuación:

$$X_t = X_{k0} + (Y_t - Y_{k0})/K + N * 360^\circ / K.$$

11. Procedimiento para la determinación de un ángulo de giro absoluto  $X_t$  de alta precisión de la posición de giro de un árbol de dirección (300) soportado de forma giratoria, en donde el giro de un rotor de un motor eléctrico (2) se acopla al giro del árbol de dirección (300) con un engranaje con un factor de multiplicación de engranaje  $K$  para la asistencia de fuerza auxiliar al giro del árbol de dirección (300), que comprende los siguientes pasos:

- a) la medición de un ángulo de rotor  $Y_t$  de la posición de giro del rotor con un sensor de posición de rotor (7);
- b) la medición del ángulo de giro  $X_{t1}$  de la posición de giro absoluta del árbol de dirección (300) con una unidad de sensor de ángulo de dirección (10), siendo explorado el ángulo de giro  $X_{t1}$  con un engranaje con un factor de multiplicación  $UF$ ;
- c) la selección de entre una cantidad de registros de datos de calibración predeterminados (tuplas de medición) compuestos en cada caso por un ángulo de giro  $X_k$  medido y un ángulo de rotor  $Y_k$  medido correspondiente, de un registro de datos de calibración  $X_{k1}$ ,  $Y_{k1}$  más próximo al valor de medición actual del ángulo de giro  $X_{t1}$ ;
- d) la determinación del número de revoluciones  $N_1$  del rotor que se han producido para pasar del ángulo de giro del árbol de dirección del registro de datos de calibración  $X_{k1}$  al ángulo de giro  $X_{t1}$  medido actualmente del árbol de dirección;
- e) el cálculo del valor absoluto de alta precisión del ángulo de giro del árbol de dirección según la ecuación:

$$X_t = X_{k1} + ((X_{t1} - X_{k1}) / (|X_{t1} - X_{k1}|)) * (|Y_t - Y_{k1}|) / K + N_1 * 360^\circ / K.$$

12. Procedimiento para la calibración de un dispositivo de medición para la medición de un ángulo de giro absoluto  $X_t$  de alta precisión de la posición de giro de un árbol de dirección (300) soportado de forma giratoria, acoplándose al giro del árbol de dirección (300) el giro de un rotor de un motor eléctrico (2) con un engranaje con un factor de multiplicación de engranaje  $K$  para la asistencia de fuerza auxiliar al giro del árbol de dirección (300), que comprende los siguientes pasos:

- a) el accionamiento del motor eléctrico (2) para el ajuste de la posición de giro del árbol de dirección (300) en un primer sentido;
- b) la medición continua de un ángulo de rotor  $Y_t$  de la posición de giro del rotor con un sensor de posición de rotor (7) con un intervalo de exploración;
- c) la medición continua del ángulo de giro  $X_{t1}$  de la posición de giro absoluta del árbol de dirección (300) con una unidad de sensor de ángulo de dirección (10), explorándose el ángulo de giro  $X_{t1}$  con un engranaje con un factor de multiplicación  $UF$  y realizándose la exploración con el intervalo de exploración mencionado;
- d) en caso de una variación del ángulo de giro  $X_{t1}$  con respecto al valor medido en el momento de exploración inmediatamente anterior, el almacenamiento del par de valores de medición formado por los ángulos de rotor  $X_{t1a}$ ,  $Y_{1a}$ ;
- e) el accionamiento del motor eléctrico (2) para el ajuste de la posición de giro del árbol de dirección (300) en un segundo sentido;
- f) la medición continua de un ángulo de rotor  $Y_t$  de la posición de giro del rotor con un sensor de posición de rotor (7) con el intervalo de exploración mencionado anteriormente;
- g) la medición continua del ángulo de giro  $X_{t1}$  de la posición de giro absoluta del árbol de dirección (300) con una unidad de sensor de ángulo de dirección (10), explorándose el ángulo de giro  $X_{t1}$  con un engranaje con un factor de multiplicación  $UF$ ;
- h) en caso de una variación del ángulo de giro  $X_{t1}$  con respecto al valor medido en el momento de exploración inmediatamente anterior, el almacenamiento del par de valores de medición formado por los ángulos de rotor  $X_{t1b}$ ,  $Y_{1b}$ ;
- i) la formación de una tupla de medición compuesta por el ángulo de giro absoluto del árbol de dirección  $X_{k0}$ , como valor medio de los dos ángulos de giro  $X_{t1a}$  y  $X_{t1b}$  medidos, y por el ángulo de rotor  $Y_{k0}$ , como valor medio de los dos ángulos de rotor  $Y_{1a}$  y  $Y_{1b}$  medidos;
- j) el almacenamiento de la tupla de medición  $X_{k0}$ ,  $Y_{k0}$  en un medio (29) para almacenar y guardar el valor cero como valor de número de revoluciones  $N$  actual en una unidad de memoria.

13. Procedimiento para la calibración de un ángulo de giro absoluto  $X_t$  de alta precisión según la reivindicación 12, **caracterizado por que** después de almacenarse una primera tupla de medición  $X_{k0}$ ,  $Y_{k0}$  se ejecutan una o varias

veces los siguientes pasos adicionales:

- a) de nuevo el accionamiento del motor eléctrico (2) para el ajuste de la posición de giro del árbol de dirección (300) en un primer sentido;
- 5 b) la medición continua de un ángulo de rotor Yt de la posición de giro del rotor con un sensor de posición de rotor (7);
- c) la medición continua del ángulo de giro Xt1 de la posición de giro absoluta del árbol de dirección (300) con una unidad de sensor de ángulo de dirección (10), explorándose el ángulo de giro Xt1 con un engranaje con un factor de multiplicación UF;
- 10 d) al alcanzarse un ángulo diferencial predefinido, el almacenamiento del par de valores de medición formado por los ángulos de rotor Xt1a, Yia;
- e) el accionamiento del motor eléctrico (2) para el ajuste de la posición de giro del árbol de dirección (300) en un segundo sentido;
- 15 f) la medición continua de un ángulo de rotor Yt de la posición de giro del rotor con un sensor de posición de rotor (7);
- g) la medición continua del ángulo de giro Xt1 de la posición de giro absoluta del árbol de dirección (300) con una unidad de sensor de ángulo de dirección (10), explorándose el ángulo de giro Xt1 con un engranaje con un factor de multiplicación UF;
- 20 h) en caso de una variación del ángulo de giro Xt1 con respecto al valor medido inmediatamente antes, el almacenamiento del par de valores de medición formado por los ángulos de rotor Xt1b, Yib;
- i) la formación de una tupla de medición compuesta por el ángulo de giro absoluto del árbol de dirección Xk, como valor medio de los dos ángulos de giro Xt1a y Xt1b medidos, y por el ángulo de rotor Yk, como valor medio de los dos ángulos de rotor Ya y Yb medidos;
- 25 j) el almacenamiento de la tupla de medición Xk, Yk en un medio (29) para el almacenamiento.

14. Procedimiento para la calibración de un dispositivo de medición para la medición de un ángulo de giro absoluto Xt de alta precisión de la posición de giro de un árbol de dirección (300) soportado de forma giratoria, acoplándose al giro del árbol de dirección (300) el giro de un rotor de un motor eléctrico (2) con un engranaje con un factor de multiplicación de engranaje K para la asistencia de fuerza auxiliar al giro del árbol de dirección (300), que comprende los siguientes pasos:

- a) el accionamiento del motor eléctrico (2) para el ajuste de la posición de giro del árbol de dirección (300) en un primer sentido;
- 35 b) la medición continua de un ángulo de rotor Yt de la posición de giro del rotor con un sensor de posición de rotor (7) con un intervalo de exploración;
- c) la medición continua del ángulo de giro Xt1 de la posición de giro absoluta del árbol de dirección (300) con una unidad de sensor de ángulo de dirección (10), explorándose el ángulo de giro Xt1 con un engranaje con un factor de multiplicación UF y realizándose la exploración con el intervalo de exploración mencionado;
- 40 d) en caso de una variación del ángulo de giro Xt1 con respecto al valor medido en el momento de exploración inmediatamente anterior, el almacenamiento del par de valores de medición formado por los ángulos de rotor Xt1a, Yia como primera tupla de calibración;
- e) el almacenamiento del valor cero como valor de número de revoluciones Na actual en una unidad de memoria con respecto a la primera tupla de calibración correspondiente;
- 45 f) el accionamiento del motor eléctrico (2) para el ajuste de la posición de giro del árbol de dirección (300) en un segundo sentido;
- g) la medición continua de un ángulo de rotor Yt de la posición de giro del rotor con un sensor de posición de rotor (7) con el intervalo de exploración mencionado anteriormente;
- 50 h) la medición continua del ángulo de giro Xt1 de la posición de giro absoluta del árbol de dirección (300) con una unidad de sensor de ángulo de dirección (10), explorándose el ángulo de giro Xt1 con un engranaje con un factor de multiplicación UF;
- i) en caso de una variación del ángulo de giro Xt1 con respecto al valor medido en el momento de exploración inmediatamente anterior, el almacenamiento del par de valores de medición formado por los ángulos de rotor Xt1b, Yib como segunda tupla de calibración;
- 55 i) el almacenamiento del valor cero como valor de número de revoluciones Nb actual en una unidad de memoria con respecto a la segunda tupla de calibración correspondiente.

15. Procedimiento para la calibración de un dispositivo de medición según las reivindicaciones 11 a 13, **caracterizado por que** el procedimiento presenta además los siguientes pasos:

- 60 a) la medición continua del ángulo de rotor Yt con el intervalo de exploración mencionado;
- b) en caso de un aumento del ángulo de rotor Yt de un paso de tiempo del intervalo de exploración al paso de tiempo siguiente en un importe superior a  $80^\circ$ , el valor de número de revoluciones almacenado se incrementa en un conteo y se guarda como valor de número de revoluciones N actual;
- 65 c) en caso de una disminución del ángulo de rotor Yt de un paso de tiempo del intervalo de exploración al paso de tiempo siguiente en un importe superior a  $+80^\circ$ , el valor de número de revoluciones almacenado se reduce en un conteo y se guarda como valor de número de revoluciones N actual.

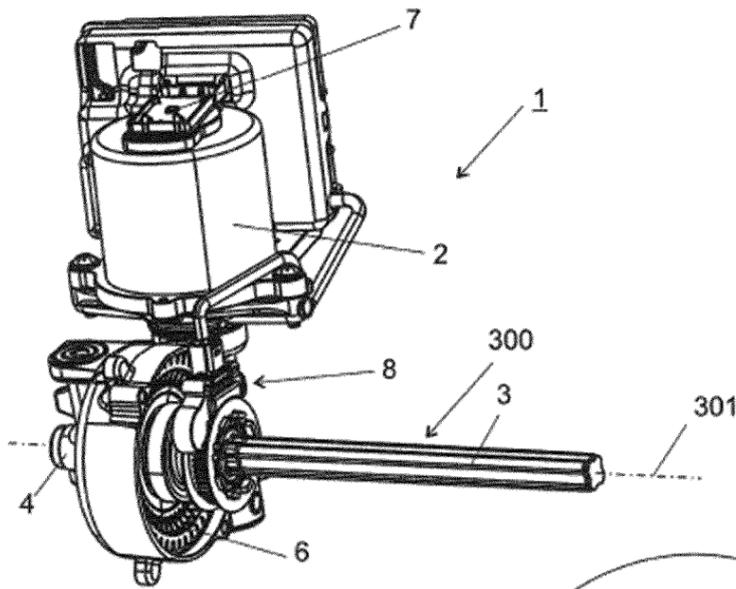


Figura 1

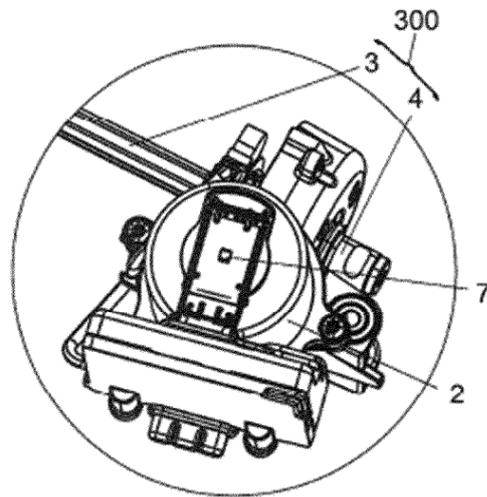


Figura 2

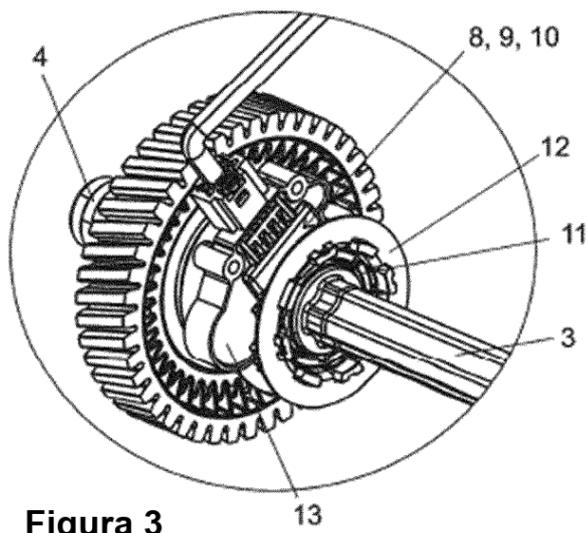


Figura 3

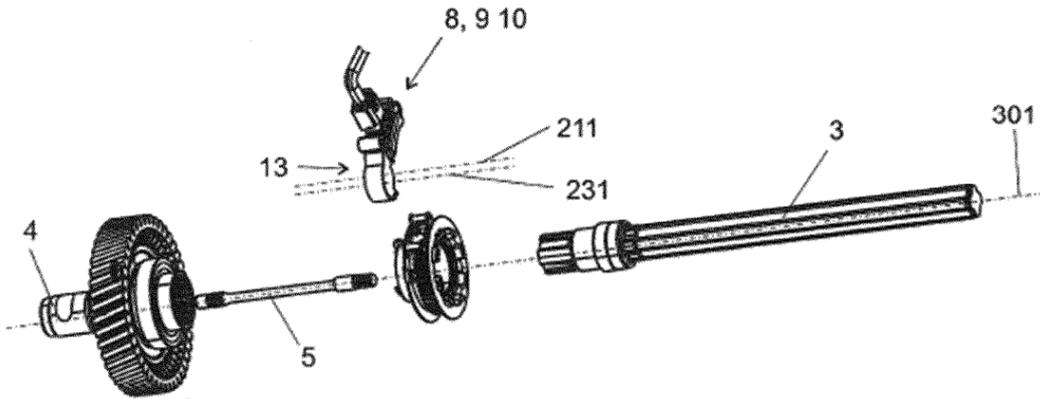


Figura 4

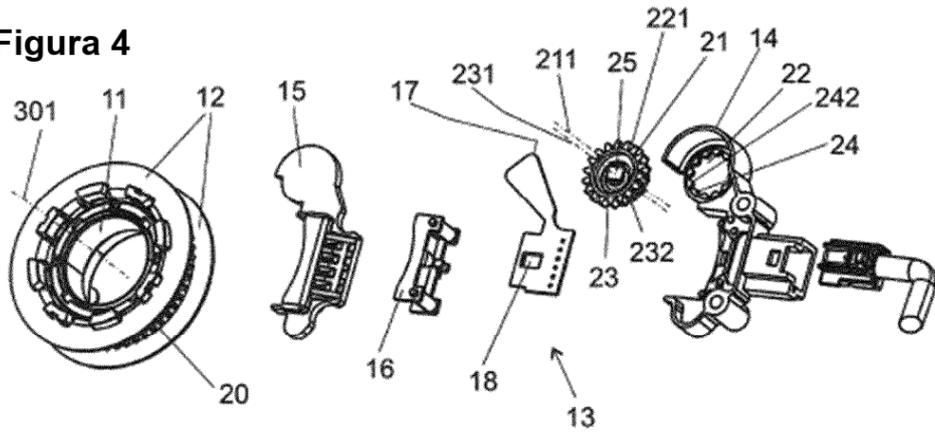


Figura 5

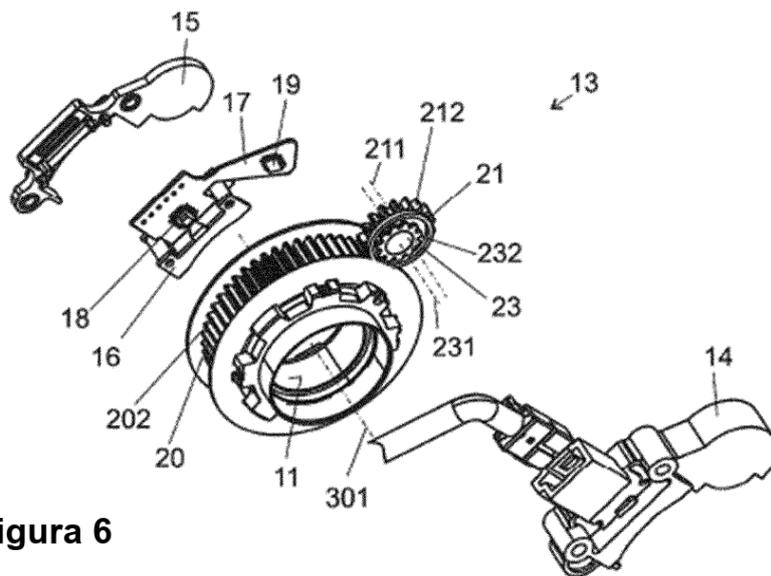


Figura 6

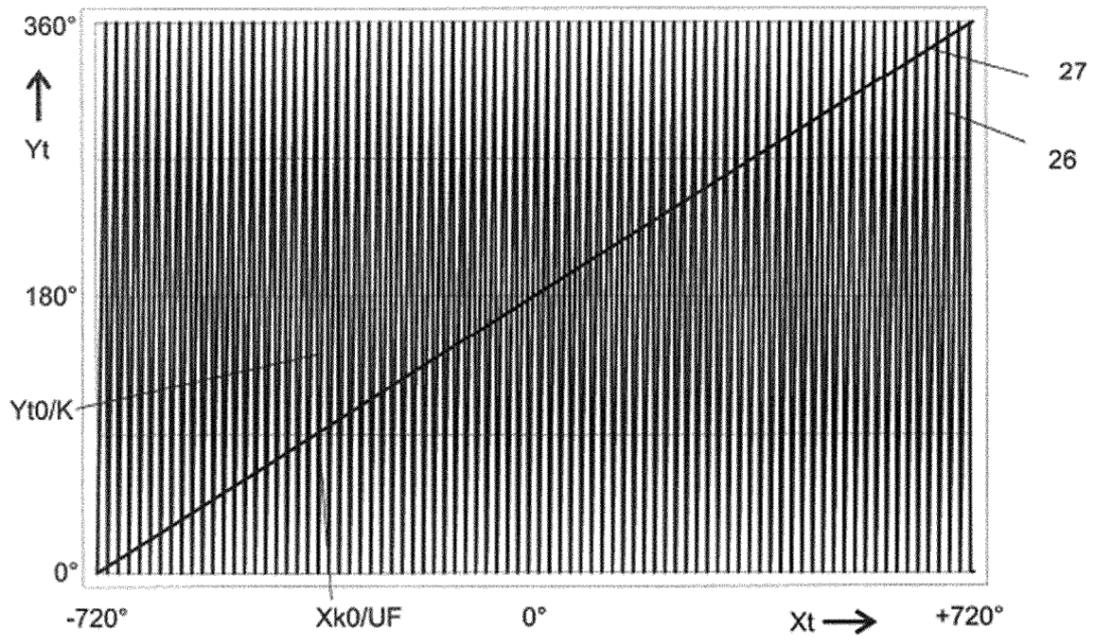


Figura 7

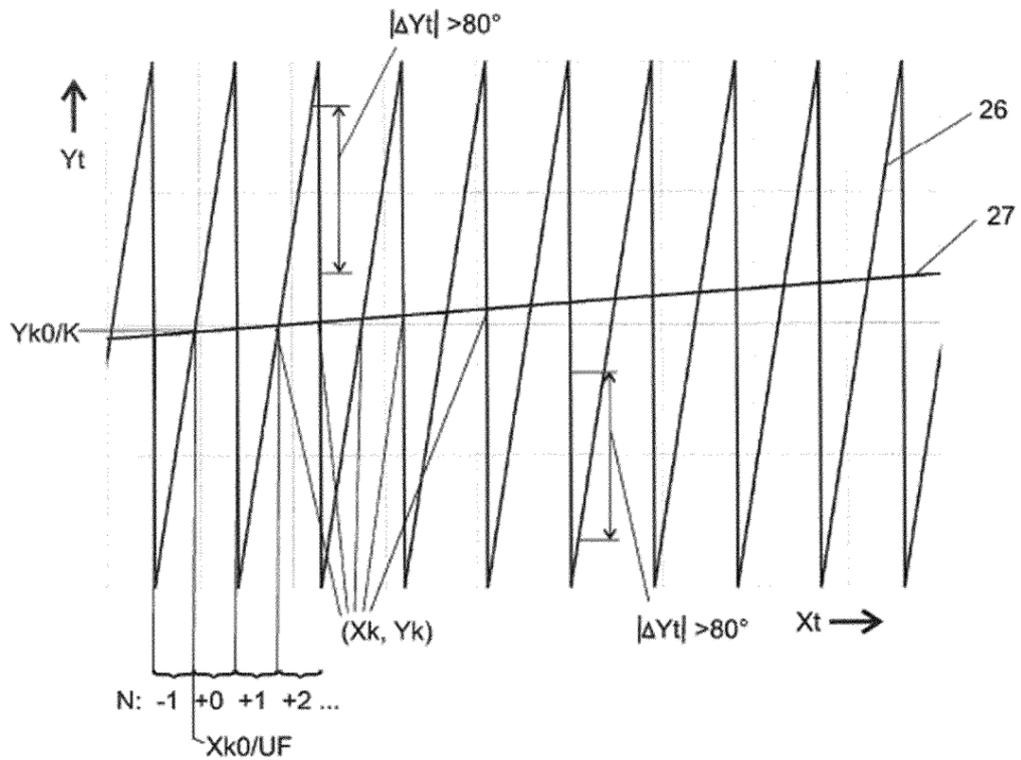


Figura 8

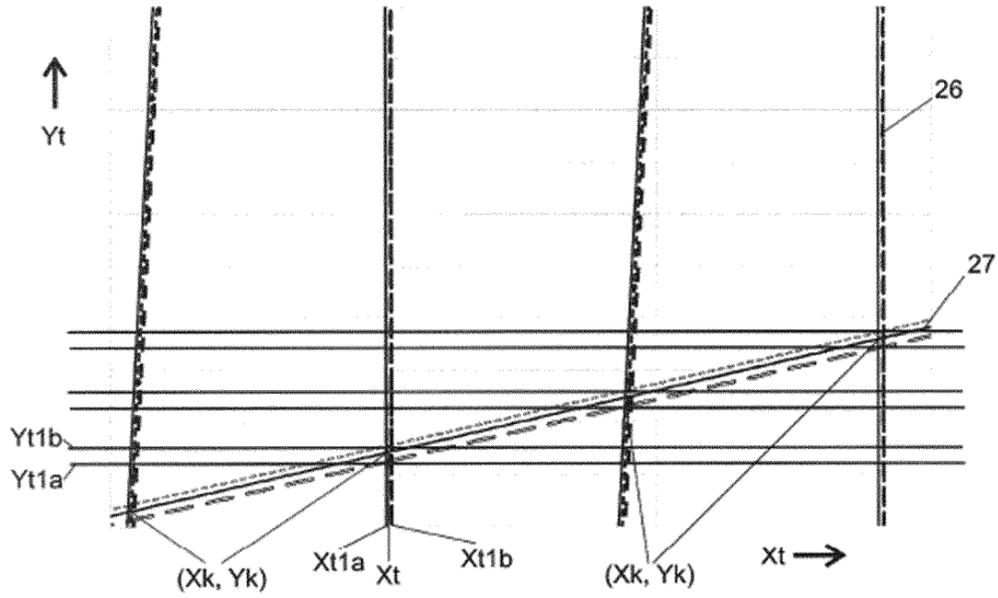


Figura 9

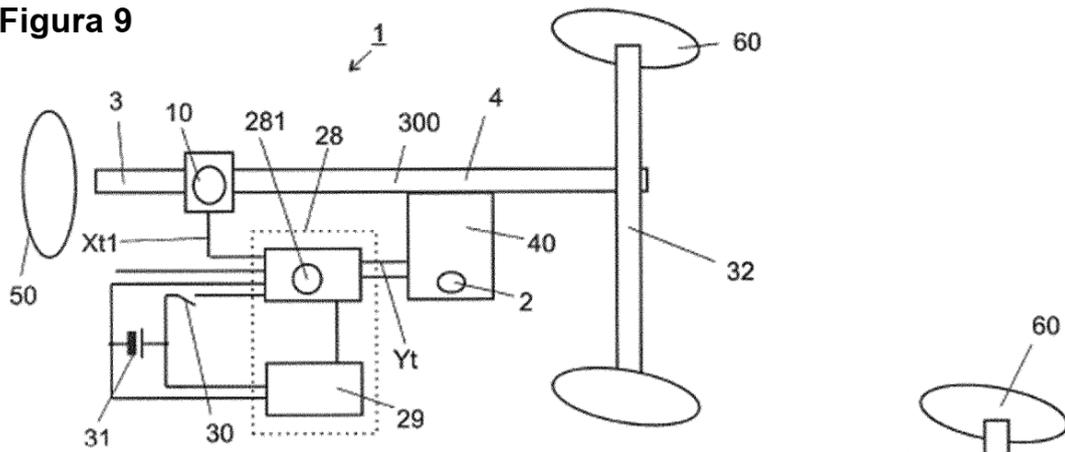


Figura 10

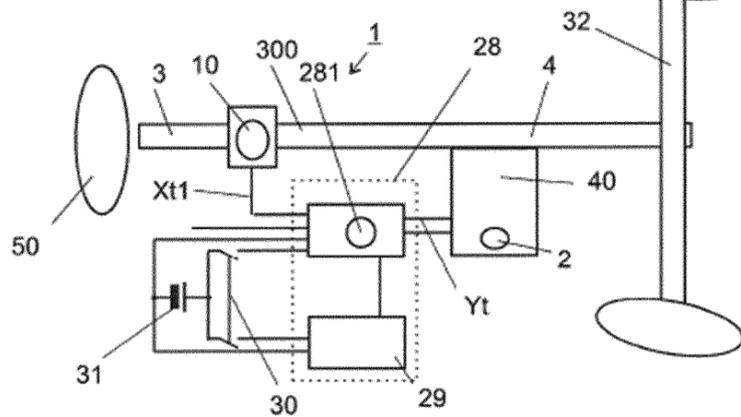


Figura 11

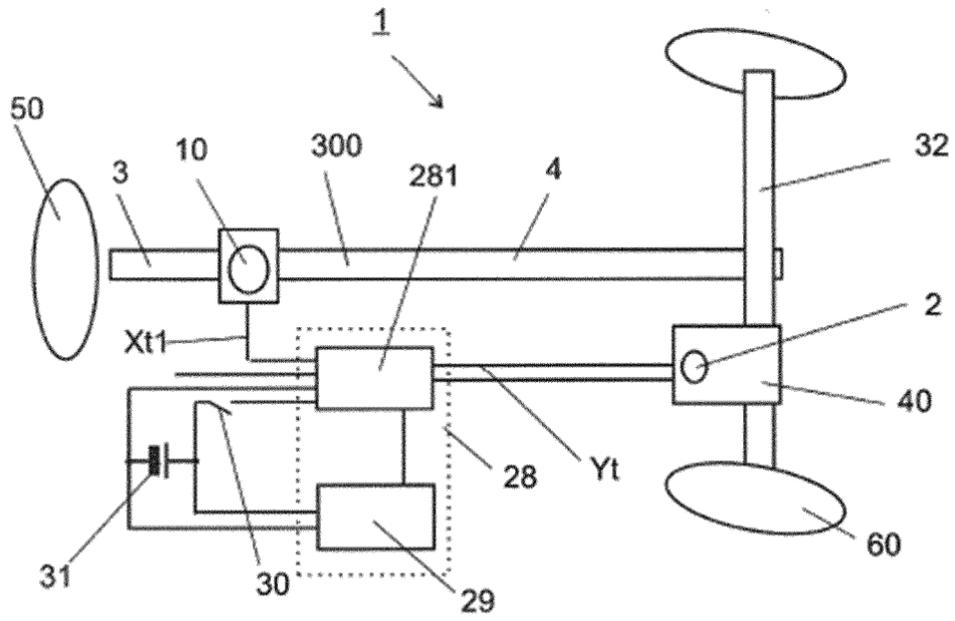


Figura 12

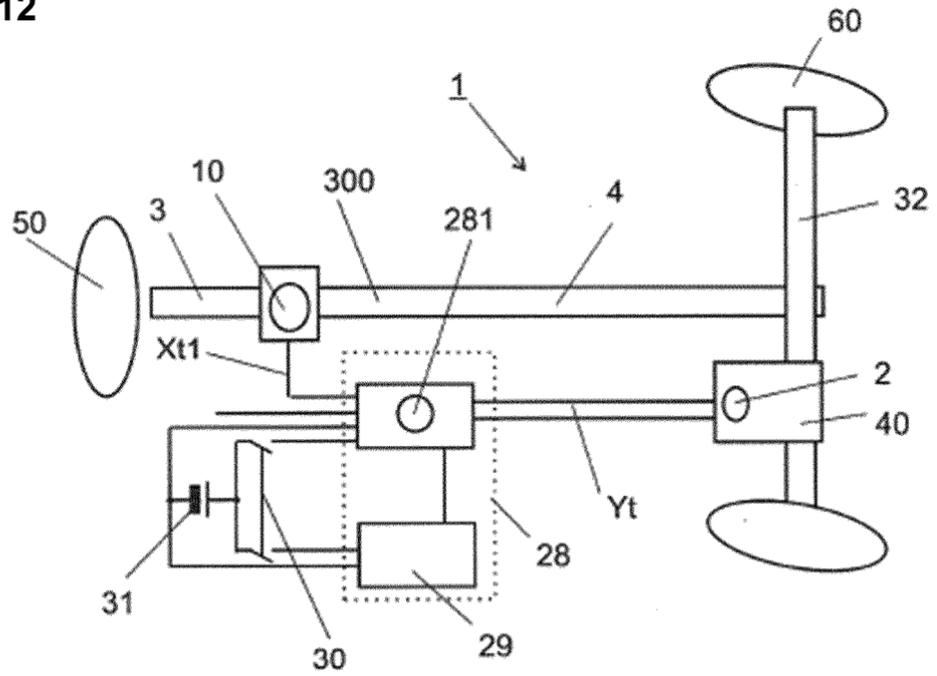


Figura 13