

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 735 307**

51 Int. Cl.:

F16H 3/72 (2006.01)

B60K 6/365 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.01.2013 PCT/US2013/022633**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.08.2013 WO13112506**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.01.2013 E 13740603 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2019 EP 2807062**

54 Título: **Transmisión variable infinita**

30 Prioridad:

23.01.2012 US 201213356425

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

17.12.2019

73 Titular/es:

**HALWES, DENNIS, RAY (100.0%)
3448 Indian Trail
Arlington, TX 76016-3109, US**

72 Inventor/es:

HALWES, DENNIS, RAY

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 735 307 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

Transmisión variable infinita

5 Campo técnico

La presente invención se refiere en general al campo de los vehículos automotrices y, más en particular pero no de forma limitante, a una transmisión variable infinita implementada en vehículos automotrices que tienen motores de combustión interna.

10

Antecedentes

Los vehículos automotrices normalmente tienen un tren de accionamiento en el que un motor de combustión interna proporciona potencia a las ruedas, u otro mecanismo propulsor, mediante una transmisión que proporciona velocidad y conversión de par desde un eje impulsor rotativo a las ruedas usando relaciones de engranaje. Las transmisiones típicas han incluido combinaciones de engranajes planetarios y embragues que se utilizan para fijar un conjunto de engranajes con respecto a los otros engranajes para seleccionar de manera escalonada una de unas pocas relaciones predeterminadas.

15

20

Más recientemente, han surgido diversas formas de transmisión variable continua (CVT) (por ejemplo, accionamiento de correa, accionamiento de polea, etc.) para proporcionar un cambio sin saltos a través de un número infinito de relaciones de engranaje efectivas entre valores máximos y mínimos. La flexibilidad de una CVT permite que el eje impulsor mantenga una velocidad angular constante sobre un intervalo de velocidades de salida. Esta velocidad angular constante puede proporcionar mayor economía de combustible permitiendo que el motor funcione en sus revoluciones por minuto (RPM) más eficaces para un intervalo de velocidades de vehículo. Como alternativa puede usarse para maximizar el rendimiento de un vehículo permitiendo que el motor funcione en las RPM en las que produce una potencia máxima.

25

30

Un tipo específico de CVT es la transmisión variable infinita (IVT), en la que el intervalo de relaciones de velocidad de árbol de salida con velocidad de árbol de entrada incluye una relación cero que puede aproximarse continuamente desde una relación definida "superior". Una velocidad de salida cero (marcha baja) con una velocidad de entrada finita implica una relación infinita de entrada respecto a la salida, que puede aproximarse continuamente desde un valor de entrada finito proporcionado con una IVT. Las marchas bajas son una referencia para relaciones bajas de velocidad de salida respecto a velocidad de entrada. Esta relación baja se lleva al extremo con las IVT, dando como resultado un límite de marcha "neutra" o de no accionamiento "bajo", en el que la velocidad de salida es cero. A diferencia de la transmisión neutra, en una transmisión automotriz normal la rotación de salida IVT puede evitarse porque la recuperación (funcionamiento de IVT inverso) en la relación puede ser infinita, dando como resultado la imposibilidad de un par recuperador alto. Sin embargo, la salida IVT de trinquete puede rotar libremente hacia adelante.

35

40

El documento US2011/11903A1 divulga, en la opinión de la división de examen de la Oficina de Patentes Europea, una transmisión variable infinita que entra dentro de los términos del preámbulo de la reivindicación 1.

Sumario

45

La invención se define en la reivindicación 1. Las reivindicaciones dependientes 1-8 se refieren a realizaciones particulares de la invención como se reivindica en la reivindicación 1.

50

Una realización de la invención puede ser la selección de un ángulo de hélice de tornillo sin fin para realizar un equilibrio entre la fricción de dientes de tornillo sin fin y la carga aplicada al tornillo sin fin mediante el conjunto de engranaje planetario, de manera que la potencia requerida para accionar el tornillo sin fin se minimiza para todas las condiciones de carga de entrada.

55

Una realización de la invención puede incluir la unidad de control electrónica que realiza una determinación de si la demanda de par puede satisfacerse haciendo funcionar el motor de combustión interna a un valor nominal de eficacia óptimo, y condicionarse por resultados de la determinación, ya sea haciendo funcionar el motor de combustión interna al valor nominal de eficacia óptima, mientras se modifica la velocidad angular del motor eléctrico para satisfacer la demanda de par; o haciendo funcionar el motor de combustión interna de manera que se desvíe de la eficacia óptima solo en el grado necesario para satisfacer la demanda de par.

60

Otras ventajas técnicas pueden ser fácilmente aparentes para un experto en la materia tras revisar las siguientes figuras y descripción asociada a ellas.

Breve descripción de los dibujos

65

La siguiente descripción usa sistemáticamente términos opcionales tales como "puede". También sistemáticamente usa el término "divulgación". Sin embargo, cada una de las alternativas casi infinitas descritas en el presente

documento solo constituye una realización de la invención si entra realmente dentro de los términos de la reivindicación 1.

Para una comprensión más completa de la presente divulgación y las ventajas de la misma, se hace referencia ahora a la siguiente breve descripción, tomada junto con los dibujos adjuntos y la descripción detallada, en donde los números de referencia similares representan partes similares, en las que:

La FIGURA 1 es un diagrama de bloques funcional que ilustra una realización de un vehículo automotriz que implementa una transmisión variable infinita de acuerdo con las enseñanzas de la presente divulgación.

La FIGURA 2 es un diagrama de bloques funcional que ilustra una realización de una unidad de control electrónica y una transmisión variable infinita de acuerdo con las enseñanzas de la presente divulgación.

La FIGURA 3 es una representación gráfica de un mapa multidimensional que organiza parámetros operativos ideado de acuerdo con las enseñanzas de la presente divulgación.

La FIGURA 4 es una representación gráfica de una realización de componentes de transmisión variable infinita controlados continuamente de acuerdo con las enseñanzas de la presente divulgación.

La FIGURA 5 es un diagrama de flujo que ilustra una realización de un método multi-modal de operación para uso con una transmisión variable infinita de acuerdo con las enseñanzas de la presente divulgación.

La FIGURA 6 es un diagrama de flujo que ilustra una realización de un modo de inicio de un método de operación para uso con una transmisión variable infinita de acuerdo con las enseñanzas de la presente divulgación.

La FIGURA 7 es un diagrama de flujo que ilustra una realización de un modo inverso de un método de operación para uso con una transmisión variable infinita de acuerdo con las enseñanzas de la presente divulgación.

La FIGURA 8 es un diagrama de flujo que ilustra una realización de un modo de accionamiento de un método de operación para uso con una transmisión variable infinita de acuerdo con las enseñanzas de la presente divulgación.

La FIGURA 9 es un diagrama de flujo que ilustra una realización alternativa de un proceso de control por el que una unidad de control electrónica emplea fórmulas para determinar y aplicar los parámetros de control modificados.

La FIGURA 10 es un diagrama de flujo que ilustra una porción del proceso de emplear fórmulas para modificar los parámetros de control de acuerdo con la realización alternativa.

La FIGURA 11 es un diagrama de flujo que ilustra otra porción del proceso de emplear fórmulas para modificar los parámetros de control durante un modo de aceleración en el que la aceleración no puede lograrse al valor nominal óptimo de RPM del ICE.

La FIGURA 12 es un diagrama de flujo que ilustra otra porción del proceso de emplear fórmulas para modificar los parámetros de control durante un modo de aceleración en el que la aceleración puede lograrse al valor nominal óptimo de RPM del ICE.

La FIGURA 13 es un diagrama de flujo que ilustra otra porción del proceso de emplear fórmulas para modificar los parámetros de control durante un modo de crucero.

La FIGURA 14 es un diagrama de flujo que ilustra otra porción del proceso de emplear fórmulas para modificar los parámetros de control durante el modo de deceleración.

La FIGURA 15 es un diagrama de flujo que ilustra otra porción del proceso de emplear fórmulas para modificar parámetros de control, incluyendo detectar una condición cuesta arriba o de frenado y modificar además los parámetros de control por consiguiente.

La FIGURA 16 es un diagrama de flujo que ilustra otra porción del proceso de emplear fórmulas para modificar los parámetros de control, incluyendo detectar una condición cuesta abajo y modificar además los parámetros de control por consiguiente.

Descripción detallada

Debería entenderse desde el principio que aunque las implementaciones a modo de ejemplo de las enseñanzas de la presente divulgación se ilustran a continuación, las enseñanzas de la presente divulgación pueden implementarse usando cualquier número de técnicas, ya sean actualmente conocidas o existentes. La presente invención no debería limitarse a las implementaciones a modo de ejemplo, opciones, dibujos y técnicas ilustradas a continuación, incluyendo el diseño e implementación a modo de ejemplo ilustrados y descritos aquí. Adicionalmente, los dibujos contenidos en

este caso no están dibujados a escala necesariamente.

En referencia a la Figura 1, una transmisión variable infinita de acuerdo con las enseñanzas de la presente divulgación puede implementarse en un vehículo automotriz 100 en parte por la situación de un conjunto de engranaje planetario 102 en un tren de accionamiento del vehículo automotriz 100. El conjunto de engranaje planetario 102 puede tener exactamente dos componentes de entrada y un componente de salida, y un eje impulsor 104 accionado por el motor de combustión interna (ICE) 106 del vehículo automotriz 100 puede conectarse a un componente de entrada de eje impulsor 108 de los dos componentes de entrada. El componente de salida 110 puede conectarse a un árbol de salida 112 configurado para accionar un mecanismo propulsor 114 (por ejemplo, rueda, guía, impulsor, ala rotativa, etc.) del vehículo automotriz 100. Un tornillo sin fin 116 puede interactuar con un componente de entrada de tornillo sin fin 118 que es el otro de los dos componentes de entrada del conjunto de engranaje planetario 102. Un motor eléctrico 120 puede conectarse para accionar el tornillo sin fin bajo el control continuo de una unidad de control electrónica (ECU) 122 que también puede ser responsable del control continuo de un regulador 124 del ICE 106 y/o inyectores de combustible electrónicos 126 que suministran combustible 128 al ICE 106. La ECU 122 puede conectarse para controlar continuamente el motor eléctrico 120 y el ICE 106 de manera ideada para satisfacer una demanda de par (por ejemplo, señal de pedal acelerador) recibida desde la interfaz de usuario 130, y generada por un operador del vehículo automotriz 100.

Debería entenderse que la ECU 122 puede componerse de uno o más procesadores informáticos que tienen una memoria informática volátil y/o no volátil (por ejemplo, RAM, ROM, FLASH, registros bit, etc.). Adicionalmente, la ECU 122 puede ser una unidad de procesador informática integrada única, o puede componerse de múltiples procesadores ya sean co-ubicados o distribuidos. La ECU 122 puede tener además funcionalidades adicionales, tal como control de un embrague 132 que conecte y desconecte el eje impulsor 104 hacia y desde el componente de entrada de eje impulsor 108. Se prevé que tal embrague 132 puede ser un embrague mecánico, o puede ser parte de un convertidor de par. La ECU 122 puede adicionalmente ser responsable de controlar el sistema de frenado 134 para aplicar un freno 136 al mecanismo propulsor 114 y/o el árbol de salida 112 en respuesta a una señal de pedal de freno de la interfaz de usuario 130. Se concibe además que el control de la ICE 106 y/o el motor eléctrico 120 por la ECU 122 puede condicionarse por señales adicionales recibidas por la ECU 122, tal como la velocidad angular del mecanismo propulsor 114 y/o el árbol de salida 112 del sensor 138. Otras señales recibidas por la ECU 122 pueden ser velocidad angular del componente de entrada de eje impulsor 108 del sensor 140, y/o velocidad angular del eje impulsor 114 del sensor 142. Otras señales que la ECU 122 puede recibir y usar en las operaciones de control continuo pueden incluir temperatura, flujo de aire de masa, nivel de oxígeno y otros de tales parámetros que se emplean ordinariamente en el funcionamiento de motores de combustión interna en vehículos automotrices como será aparente para el experto en la materia. Debería entenderse además que la ECU 122, motor eléctrico 120 y otros componentes electrónicos del vehículo automotriz 100 pueden recibir potencia de una batería 144 que puede recargarse por una potencia generada por frenos, o por un alternador.

En algunas realizaciones, el vehículo automotriz 100 puede ser un vehículo basado en tierra que tiene una o más ruedas como mecanismo propulsor 114, y tales vehículos pueden configurarse con un accionamiento de rueda delantera, accionamiento de rueda trasera, o todos los accionamientos de rueda como será aparente para un experto en la materia. Sin embargo, debería entenderse además que, en otras realizaciones, el vehículo automotriz 100 puede ser un barco, un avión o cualquier otro tipo de vehículo con un motor de combustión interna. Por consiguiente, el mecanismo propulsor 114 puede ser un sistema de guía, impulsor, ala rotativa o cualquier otro mecanismo usado para transformar energía rotativa desde un motor de combustión interna en potencia motriz.

Debería entenderse que el conjunto de engranaje planetario 102 puede tener un engranaje solar, un soporte planetario y un engranaje de anillo, y que estos tres componentes pueden asignarse como el componente de entrada y salida en cualquiera de seis combinaciones de acuerdo con las enseñanzas de la presente divulgación. Sin embargo, en una realización preferente particular, el soporte planetario del conjunto de engranaje planetario 102 se emplea como componente de salida 110, el engranaje solar se emplea como el componente de entrada de eje impulsor 108 y el engranaje de anillo se emplea como componente de entrada de tornillo sin fin 118. Como se describirá en más detalle a continuación, esta configuración ofrece una velocidad de compensación en reposo negativa con un cruce por cero en la dirección de avance, demandando así menos capacidad de velocidad máxima desde el motor eléctrico 120 que lo que se demanda por las otras cinco configuraciones.

Este cruce por cero en la dirección de avance hace que sea más fácil implementar la transmisión variable infinita con los motores eléctricos de hoy en día capaces de tener velocidades máximas de avance y marcha atrás en el intervalo de siete mil a doce mil RPM, sin necesitar intervenciones significativas por mecanismos de ajuste de velocidad (es decir diferenciales, conjunto de engranaje de cambio de velocidad, etc.) colocados en el tren de accionamiento, y/o disposiciones de engranaje suministradas entre el tornillo sin fin 116 y el componente de entrada de tornillo sin fin 118. Sin embargo, debería ser entendible que tales mecanismos pueden incluirse en caso deseado, y proporcionar cualquier relación deseada para aumentar o disminuir la velocidad angular del eje impulsor 104, árbol de salida 112 y/u otros componentes del tren de accionamiento para acomodar diversas implementaciones de la transmisión variable infinita de acuerdo con las enseñanzas de la presente divulgación.

El tornillo sin fin 116 tiene preferentemente un ángulo de hélice seleccionado para realizar un equilibrio entre la fricción

de dientes de tornillo sin fin y la carga del componente de entrada del tornillo sin fin, de manera que la potencia requerida para accionar el tornillo sin fin 116 se minimiza para todas las condiciones de carga de entrada. En otras palabras, el ángulo de hélice del tornillo sin fin puede seleccionarse por lo que la fuerza de la fricción estática entre los dientes del tornillo sin fin 116 y los dientes del componente de entrada de tornillo sin fin 118 (por ejemplo, engranaje de anillo) es suficiente para evitar que la carga en el componente de entrada de tornillo sin fin 118 invierta el tornillo sin fin 116. En este caso, no se requiere potencia para mantener el tornillo sin fin y evitar que gire, y muy poca potencia se requiere para superar la fuerza de la fricción estática o cinética para provocar que se invierta el tornillo sin fin en la dirección deseada. Además, cuando el tornillo sin fin gira el componente de entrada de tornillo sin fin 118 (por ejemplo, engranaje de anillo) en la misma dirección en la que la carga de entrada intenta girar el componente de entrada de tornillo sin fin 118, la carga de fricción ayuda al motor eléctrico 120 reduciendo la cantidad de potencia de motor eléctrico requerida para resistir la carga de entrada. Por otro lado, cuando el tornillo sin fin está girando el componente de entrada de tornillo sin fin 118 (por ejemplo, engranaje de anillo) en la dirección opuesta a la que la carga de entrada intenta girar el componente de entrada de tornillo sin fin 118, la carga de fricción es un obstáculo que aumenta la cantidad de potencia de motor eléctrico requerida para resistir la carga de entrada. Por consiguiente, proporcionar el cruce por cero en la dirección de avance por la implementación preferente anterior demuestra ser ventajoso al reducir la potencia requerida por el motor eléctrico 120 porque la velocidad máxima requerida del motor eléctrico 120 descansa en la dirección de avance, lo que corresponde a la dirección en la que la carga de fricción es una ayuda en lugar de un inconveniente.

El ángulo de hélice deseado para el tornillo sin fin 116 puede encontrarse por determinación experimental del ángulo de tornillo sin fin en el que la fuerza de fricción cancela el componente normal de la carga axial desde el componente de entrada de tornillo sin fin 118. Se espera que el ángulo de hélice del tornillo sin fin 116 requerido para lograr esta condición varíe dependiendo de la relación del conjunto de engranaje planetario 102, los materiales empleados para formar el conjunto de engranaje 102, la implementación del conjunto de engranaje 102 en el tren de accionamiento, la fricción general del tren de accionamiento y otros factores. Sin embargo, en el caso en el que el engranaje de anillo se emplea como el componente de entrada de engranaje de tornillo sin fin 118, se prevé que el ángulo de hélice deseado proporcionará una relación del tornillo sin fin con el engranaje de anillo en el intervalo de 3:1 a 5:1. Adicionalmente, la lubricidad del aceite en el caso del conjunto de engranaje puede ajustarse para proporcionar un compromiso entre el ángulo de hélice necesario para el mejor equilibrio de carga, y el ángulo de hélice necesario para la mejor relación de tornillo sin fin 116 con el engranaje de anillo para lograr la mejor relación de entrada con salida. Por consiguiente, se puede implementar un ángulo de hélice en el intervalo antes mencionado para permitir el funcionamiento dentro de la capacidad positiva y negativa de RPM máximas del motor eléctrico 120, y luego realizar ensayos usando aceites de diferente lubricidad en una funda que contiene el conjunto de engranaje planetario 102. En al menos esta manera, el ángulo de hélice deseado puede lograrse fácilmente sin requerir experimentación indebida.

En referencia ahora a la Figura 2, la ECU de la transmisión variable infinita puede programarse en cualquier número de maneras. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la ECU puede configurarse en formato automodular en el que un módulo de determinación de parámetros de control continuo 200 emplea mapas y/o fórmulas para proporcionar cantidades de modificación, tal como cantidad de modificación de RPM del motor eléctrico 202 y una cantidad de modificación de RPM del ICE 204, a un controlador de motor eléctrico 206 y controlador del ICE 208, respectivamente. En esta y otras realizaciones, el módulo de determinación 200 puede conectarse operativamente para hacer una determinación de si una demanda de par 210 puede satisfacerse operando el ICE 106 en un valor nominal de eficacia óptima para el ICE 106. En ese caso, entonces el controlador de ICE 208 puede hacer funcionar el ICE 106 al valor nominal de eficacia óptima, mientras que el controlador de motor eléctrico 206 puede modificar la velocidad angular del motor eléctrico 120 para satisfacer la demanda de par 210. De lo contrario, el controlador del ICE 208 puede hacer funcionar el ICE 106 de manera que se desvía de la eficacia óptima solo en una extensión necesaria para satisfacer la demanda de par 210.

En algunas realizaciones, el módulo de determinación 200 puede variar su funcionamiento de acuerdo con el modo 212 seleccionado por el usuario. El modo puede seleccionarse, por ejemplo, en la forma de una marcha especificada usando un mecanismo de cambio de marchas 214 y/o conmutador. Tales modos, descritos en más detalle a continuación, pueden incluir un modo de aparcamiento y de motor apagado, un modo de inicio, un modo de aparcamiento y de motor encendido, modo neutra, modo marcha atrás y modo de conducción. El funcionamiento de alguno de estos modos puede depender del estado del embrague 216, que puede en algunas realizaciones, inferirse desde el estado de una señal de freno 218 recibida, por ejemplo, desde un pedal de freno 220 del vehículo.

El módulo de determinación 200 puede alternativamente o como adición ser responsable de generar una señal de control de embrague 222 para accionar el embrague 216. En algunas realizaciones, el módulo de determinación 200 puede acceder a un almacén de datos 224 que contiene fórmulas y/o mapas de modificación de parámetros operativos. Por ejemplo, en el caso de mapas de modificación, se puede acceder a los mapas en función del modo 212, la señal de freno 218 o el estado del embrague, la lectura de RPM del motor eléctrico 226, lecturas de RPM del ICE 228, lectura de velocidad angular 230 del mecanismo propulsor 114 y/o demanda de par 210 recibida del pedal acelerador 232. Debería entenderse además que, en algunas realizaciones, los datos sensoriales adicionales pueden emplearse por el módulo de determinación 200 para acceder al almacén de datos 224, tal como flujo de aire de masa, temperatura, nivel de oxígeno y otros datos normalmente empleados al acceder a mapas del límite de combustible en vehículos

automotrices.

Los parámetros desde un par de parámetros operativos recuperados del almacén de datos 224 pueden suministrarse como cantidades de modificación 202 y 204 a controladores 206 y 208, que pueden generar entonces señales de control 234 y 236 para ajustar las RPM 226 y 228 de acuerdo con las cantidades de modificación 202 y 204. Debería entenderse que el controlador del ICE 208 puede además recibir datos, tal como RPM del ICE 228, temperatura, flujo de aire de masa, nivel de oxígeno y otros parámetros usados normalmente en el funcionamiento de motores de combustión interna, para generar la señal de control 236 para lograr el resultado deseado. Así, el controlador del ICE 208 puede tener sus propios mapas de búsqueda para suministrar combustible y aire al ICE 106. Adicionalmente, debería reconocerse que aunque los ejemplos de los modos 212 antes detallados son útiles en un vehículo automotriz basado en tierra, unos modos adicionales o alternativos 212 pueden usarse en otros tipos de vehículos automotrices.

En referencia ahora a la Figura 3, un mapa de modificación 300 referenciado por el módulo de determinación para recuperar los parámetros operativos puede implementarse, en algunas realizaciones, como matriz multidimensional. Por ejemplo, en una realización simplificada que se reduce en complejidad con fines de ilustración, se puede acceder a la matriz por las RPM del motor eléctrico y las RPM del ICE para llegar a una de varias celdas, conteniendo cada una listas de pares de parámetros operativos organizados por el valor de posición del pedal acelerador 304. Estas listas pueden construirse con pares de parámetros operativos que se han ideado para producir una respuesta de vehículo deseada para la posición del pedal acelerador bajo ciertas condiciones operativas. Por claridad, los parámetros de ejemplo se suministran y se simplifican en gran medida en varios aspectos, uno de los cuales es emparejar las RPM del ICE con las RPM de un engranaje de anillo empleado como el componente de interfaz de tornillo sin fin en un conjunto de engranaje planetario en relación 5:1. Aunque es posible almacenar las RPM del engranaje de anillo en los mapas, y multiplicar los parámetros por una relación de tornillo sin fin con engranaje de anillo para llegar a las RPM del motor eléctrico, se concibe que almacenar las RPM del motor eléctrico directamente en los mapas debería dar un funcionamiento más rápido eliminando un cálculo innecesario.

En algunas realizaciones, una lista detenida y en reposo 302 puede contener pares de parámetros que se pretenden usar cuando el vehículo está detenido, el ICE está en reposo y el motor eléctrico funciona a una velocidad de compensación en reposo. Almacenar la lista 302 en una celda de la matriz que está referenciada por las RPM del motor eléctrico y los valores de RPM del ICE que están en un intervalo para esa condición operativa permite recuperar la lista 302 por el módulo de determinación cuando el vehículo funciona bajo estas condiciones.

Tras recuperar la lista 302, un valor de posición del pedal acelerador 304 puede usarse como referencia de un artículo particular de esa lista y recuperar los pares de parámetros almacenados como ese artículo. Por ejemplo, si el pedal acelerador está en una posición cero en la que no se presiona en absoluto, entonces el par de parámetros (0, 0) puede recuperarse del primer artículo de la lista 306. El primer parámetro del par puede usarse para indicar una cantidad o grado de aumento deseado de RPM del ICE, mientras que el segundo parámetro del par puede usarse para indicar una cantidad o grado de incremento deseado de RPM del motor eléctrico. En el caso cuando el pedal no se presiona en absoluto, el par (0, 0) no tendrá cambios.

Si el pedal se oprime al máximo a una posición máxima, mencionada en este caso como la posición seis para facilitar la ilustración, entonces el par de parámetros (6, -2) puede recuperarse del último artículo de la lista 308. El uso del primer parámetro de ese par para cambiar las RPM del ICE puede entonces generar un rápido aumento de RPM del ICE, mientras que el uso del segundo parámetro de ese par para cambiar las RPM del motor eléctrico puede dar lugar a una disminución de las RPM del motor eléctrico para proporcionar un par incrementado en preparación para aceleración rápida. El par de parámetros puede formularse de manera que los regímenes de aumento de RPM del ICE y disminución de RPM de motor eléctrico se coordinan para dar como resultado un vehículo que permanece estacionario hasta que las RPM del ICE máximas y las condiciones de RPM del motor eléctrico mínimas se obtienen, por lo que puede lograrse un régimen máximo de aceleración. Diferentes mapas pueden emplearse en los modos de funcionamiento de avance y marcha atrás, y sea cual sea la extensión en que los parámetros resultan en un poco de deriva del vehículo respecto a la condición estacionaria, esos parámetros pueden formularse para equivocarse en el lado de la deriva delantera en el modo de avance, y para equivocarse en el lado de la deriva inversa en el modo marcha atrás. Así, mantener el pedal acelerador en la posición seis puede resultar rápidamente en el cambio de los valores de RPM hasta que la condición operativa del vehículo cambia y el módulo de determinación se desplaza a otra celda de la matriz y utiliza una lista diferente.

Las listas en las celdas que se atravesarán durante la preparación para el funcionamiento de régimen de la aceleración máxima pueden construirse con pares ideados de parámetros que provocan una transición suave desde la condición detenida y en reposo a una condición detenida y de inicio de aceleración máxima en la que puede accederse a una lista de inicio de aceleración máxima 310. Esta lista 310 puede construirse de pares de parámetros ideado para acelerar el vehículo desde el reposo mientras las RPM del ICE están en un valor máximo aumentando las RPM del motor eléctrico desde su valor mínimo. También puede haber un par de parámetros (-6, 2) en el artículo de lista 312 para la posición de pedal cero que permite que ambas RPM comiencen su retorno a la condición detenida y en reposo sin aceleración. Otras listas en celdas que se atravesaran durante este proceso pueden tener pares similares de parámetros en sus posiciones de pedal cero para permitir el retorno completo del vehículo a la condición detenida y en reposo desde la condición detenida y de inicio de aceleración máxima. Mientras el pedal está en la posición cero,

el embrague puede liberarse para evitar cualquier deriva, y el operador puede aplicar adicionalmente un pedal de freno.

5 Aunque se maximizan las RPM del ICE, el módulo de determinación puede continuar accediendo a una fila superior de la tabla de búsqueda 300, atravesando celdas y recuperando listas que transitan progresivamente a través de la lista de aceleración media 314 a la lista de velocidad máxima 316. Aunque se utiliza la lista de aceleración media 314, el mantenimiento del pedal de aceleración en la posición seis puede continuar para acelerar al régimen máximo mientras se aumentan las RPM del motor eléctrico. Sin embargo, la posición de pedal cero puede recuperar un par de parámetros de la lista 314, lo que permite una deceleración disminuyendo rápidamente las RPM del ICE mientras se aumentan lentamente las RPM del motor eléctrico. Adicionalmente, una posición de pedal oprimido ligeramente, la posición uno, puede disminuir las RPM del ICE mientras se aumentan las RPM del motor eléctrico de manera que ni se acelera ni desacelera el vehículo. Además, una posición de pedal oprimido más ligeramente, la posición dos, puede disminuir las RPM del ICE mientras aumentan las RPM del motor eléctrico de manera que se acelera lentamente el vehículo. Estos parámetros se formulan así para satisfacer la demanda de par mientras se permite que el vehículo transite hacia una condición de cruceo más eficaz teniendo unas RPM del ICE que disminuyen en favor de las RPM del motor eléctrico.

20 La lista de velocidad máxima 316 puede recuperarse cuando las RPM del ICE y las RPM del motor eléctrico están en o cerca del máximo. En este caso, los pares de parámetros pueden formularse para permitir el mantenimiento de la velocidad del vehículo máxima por opresión continuada del pedal acelerador en la posición seis. Una posición menos oprimida, sin embargo, puede permitir disminuir las RPM del ICE mientras las RPM del motor eléctrico continúan maximizándose. Por consiguiente, una transición rápida hacia la condición de cruceo puede lograrse disminuyendo las RPM del ICE en favor de las RPM del motor eléctrico.

25 Cuando la condición de cruceo se alcanza desde la condición de velocidad máxima, el vehículo está en una condición de velocidad de cruceo más rápida en la que las RPM del ICE más eficientes se han obtenido mientras se mantienen las RPM del motor eléctrico máximas. La lista de velocidad de cruceo más rápida 318 puede formularse para permitir la deceleración lenta cuando el pedal está en la posición cero por reducción de las RPM del motor eléctrico mientras las RPM del ICE son constantes. Las celdas en el mapa 300 que descansan en una fila correspondiente a la condición de cruceo pueden contener todas las listas, tal como la lista de cruceo media 320, con parámetros ideado para permitir que el valor nominal de RPM del ICE eficiente se mantenga mientras la deceleración, velocidad constante y/o aceleración lenta se desean. Así, cuando se desea aceleración, las RPM del motor eléctrico pueden aumentar en favor de las RPM del ICE, y las RPM del ICE pueden mantenerse al valor nominal eficaz. Sin embargo, cuando se desea la aceleración rápida, entonces es necesario aumentar las RPM del ICE para satisfacer la solicitud de par. Además, cuando el vehículo se ralentiza a la condición detenida y en reposo, entonces los parámetros pueden formularse para permitir la transición de vuelta a la condición detenida y en reposo.

40 Si la combinación de RPM del ICE y RPM del motor eléctrico conduce a una celda de la matriz que es nula (es decir, la condición está fuera de intervalo y ninguna lista se define para esa condición) entonces el procesador puede tomar acciones correctivas. Por ejemplo, si el vehículo intenta ir cuesta arriba, pero las RPM del motor eléctrico son muy altas para proporcionar suficiente par, entonces las RPM del ICE pueden caer por debajo de la fila de cruceo. En este caso, el procesador puede disminuir rápidamente las RPM del motor eléctrico para proporcionar el par necesario para permitir que las RPM del ICE vuelvan de nuevo al intervalo de funcionamiento normal. Con el operador presionando el pedal acelerador en o hacia la posición seis para demandar más par, el procesador puede satisfacer rápidamente una demanda de par para subir rápidamente la cuesta.

50 La medida correctiva descrita antes, así como otras medidas correctivas, puede adicionalmente o como alternativa implementarse si la condición del vehículo hace una transición de manera inesperada o en una dirección del mapa. Por ejemplo, si el vehículo está en la condición de cruceo media, y el pedal acelerador está en la posición uno, entonces se espera que las RPM del motor eléctrico y las RPM del ICE sean constantes. En este caso, si uno o ambos de estos valores aumentan al punto en el que una celda diferente del mapa se menciona de forma inesperada, entonces pueden tomarse medidas correctivas. Por ejemplo, si una o ambas de estas RPM aumenta de forma inesperada, entonces puede asumirse que el vehículo irá cuesta abajo. En este caso, el embrague puede desacoplarse, mientras las RPM pueden leerse, y los parámetros operativos pueden recuperarse de un mapa ideado para hacer funcionar el motor eléctrico a una velocidad angular que coincide con la velocidad angular del componente de entrada de eje impulsor (por ejemplo, engranaje solar) a la velocidad angular del eje impulsor. Así, una capacidad a toda marcha puede implementarse que permite que el vehículo vaya cuesta abajo y gane velocidad mientras se prepara el componente de entrada de eje impulsor para acoplarse rápidamente con el eje impulsor con una demanda de par incrementada. En algunas realizaciones, esta operación puede ajustar las RPM del motor eléctrico mientras se mantienen las RPM del ICE en un valor nominal eficaz óptimo, si es posible, y aumentar solo las RPM del ICE por encima del valor nominal como se requiere para preparar una condición de velocidad alta.

65 Para las realizaciones que intentan observar un valor nominal de funcionamiento de ICE más eficaz, debería entenderse que, en algunos casos, el valor nominal más eficaz para el funcionamiento del ICE puede variar con condiciones como temperatura, flujo de aire de masa, presión de aire, nivel de oxígeno, etc. Por consiguiente, pueden proporcionarse múltiples mapas que se formulan para uso durante diferentes combinaciones de estas condiciones.

Así, los mapas empleados por la ECU pueden ser matrices de muchas dimensiones, y pueden recibir acceso por diversos tipos de parámetros como estos.

Se concibe que unas realizaciones alternativas o adicionales pueden utilizar fórmulas y/o rutinas lógicas confusas para determinar dinámicamente los parámetros para controlar el ICE y el motor eléctrico para satisfacer la demanda de par de las maneras descritas antes. Por ejemplo, un procesador puede buscar satisfacer un valor nominal de velocidad de vehículo o velocidad objetivo para determinar dinámicamente conjuntos de parámetros para controlar las RPM del motor eléctrico mientras se mantienen las RPM del ICE al valor nominal de eficacia máxima. Este tipo de cálculo puede ser útil durante una operación de control de crucero. Sin embargo, unos mapas de búsqueda son actualmente preferentes para un funcionamiento más rápido. Debería entenderse que una fórmula puede emplearse para poblar los mapas de parámetros a usar durante una operación de control de crucero. Debería entenderse además que las fórmulas también pueden usarse para poblar los contenidos de los mapas de búsqueda bajo cualquiera de las condiciones asumidas.

La siguiente ecuación proporciona una forma general para predecir el comportamiento de un conjunto de engranaje planetario empleado en una transmisión variable infinita de acuerdo con las enseñanzas de la presente invención:

$$(N_{\text{solar}} * \omega_{\text{solar}}) + (N_{\text{anillo}} * \omega_{\text{anillo}}) = (N_{\text{solar}} + N_{\text{anillo}}) * \omega_{\text{brazo}}$$

donde N_{solar} es el número de dientes del engranaje solar, N_{anillo} es el número de dientes del engranaje de anillo, ω_{solar} es la velocidad angular del engranaje solar, ω_{anillo} es la velocidad angular del engranaje de anillo y ω_{brazo} es la velocidad angular del soporte planetario. Por consiguiente, con una relación conocida de engranaje de anillo respecto a engranaje solar, las ecuaciones pueden determinarse para cualquier asignación del engranaje solar, engranaje de anillo y engranaje planetario al eje impulsor, tornillo sin fin y árbol de salida. Tales ecuaciones pueden entonces usarse para ayudar a determinar los pares de parámetros a emplear en los mapas para diferentes comportamientos de vehículo deseados en diferentes situaciones. Tales parámetros pueden entonces perfeccionarse experimentalmente, pero sin experimentación indebida.

En referencia ahora a la Figura 4, un ejemplo de funcionamiento de un vehículo de tierra automotriz que tiene un accionamiento de rueda trasera y utiliza la transmisión variable infinita proporciona más clarificaciones a modo de ilustración. Para este ejemplo, debería entenderse fácilmente que las operaciones se simplifican en gran medida por ilustración, y se realizan suposiciones referentes a la implementación para permitir una explicación cohesiva. Por ejemplo, se asume que un conjunto de engranaje planetario se emplea y tiene el engranaje de anillo que interactúa con el tornillo sin fin, el eje impulsor conectado al engranaje solar por un embrague y el soporte planetario conectado al árbol de salida. Las suposiciones adicionales incluyen una relación 4:1 de tornillo sin fin con engranaje de anillo, un diferencial trasero 1:1 y un radio de rueda total (incluyendo neumático) de 33 cm (13 pulgadas). Una suposición adicional es una relación de engranaje planetario 5:1, en cuyo caso la velocidad angular del engranaje de anillo ω_{anillo} puede determinarse desde la velocidad angular del soporte planetario ω_{brazo} y la velocidad angular del engranaje solar ω_{solar} como sigue:

$$\omega_{\text{anillo}} = (5 \omega_{\text{brazo}} - \omega_{\text{solar}}) / 4$$

Otras suposiciones adicionales son que el ICE tiene una velocidad máxima de 3000 RPM, una velocidad de crucero de eficacia óptima a 1500 RPM y una velocidad en reposo de 1000 RPM.

El escenario de ejemplo es para un vehículo que se inicia en T0 con el motor apagado, va a través de un modo de inicio de motor entre T1 y T2, se aparca con el motor encendido de T2 a T3, y opera marcha atrás a 24 km/h (15 mph) de T3 a T4. El siguiente ejemplo tiene el vehículo funcionando en un modo de conducción de T4 a T10. Durante el modo de conducción, el vehículo se detiene de T4 a T5, acelera a un régimen de aceleración alto a una velocidad de 96 km/h (60 mph) de T5 a T6, y va a crucero a velocidad constante de 96 km/h (60 mph) de T6 a T7. El vehículo entonces decelera mientras el operador aplica el freno de T7 a T8, va a crucero a velocidad reducida a 48 km/h (30 mph) de T8 a T9 y luego decelera mientras el usuario aplica el freno hasta que el vehículo se detiene de T9 a T10.

Las siguientes RPM de la rueda corresponden a la velocidad angular del soporte planetario, mientras la velocidad angular del engranaje solar corresponde a las RPM del motor. Al usar la ecuación antes proporcionada, puede determinarse la velocidad angular requerida del engranaje de anillo. Asumiendo una relación de tornillo sin fin con engranaje de anillo de 4:1, la velocidad angular de tornillo sin fin y el motor eléctrico puede determinarse también. Estos valores se proporcionan en la Tabla 1 a continuación:

TABLA 1

	RPM de rueda	RPM de brazo	RPM de motor	RPM solar	RPM de anillo	RPM de tornillo 4:1
Inicio	cero	cero	500	500	-125	-500
Reposo en parada	cero	cero	1000	1000	-250	-1000
Marcha atrás – 24 km/h (15 MPH)	-412,5	-412,5	1500	1500	-890,6	-3562,4

Inicio de aceleración	cero	cero	2500	2500	-625	-2500
Fin de aceleración 96 km/h (60 MPH)	1650	1650	2500	2500	1437,5	5750
Crucero de avance 96 km/h (60 MPH)	1650	1650	1500	1500	1687,5	6750
Decelerar crucero 48 km/h (30 MPH)	825	825	1500	1500	656,3	2652,2
Inercia media 24 km/h (15 MPH)	412,5	412,5	1500	1500	140,6	562,4

Volviendo a la Figura 5, estos modos de funcionamiento se exploran en más detalle. Debería apreciarse que el vehículo puede realizar una transición entre el modo de aparcamiento y de motor apagado 500 y el modo neutra 502 de manera directa que debería entenderse fácilmente. El vehículo puede realizar la transición del modo de aparcamiento y motor apagado al modo de aparcamiento y motor encendido 504 llevando a cabo el proceso de inicio 506.

En referencia a las Figuras 4 y 5 y en referencia general a ello, el vehículo permanece en el modo de aparcamiento y motor apagado 500 hasta que el conmutador de inicio se acciona en 600 y el freno se acciona en 602. Después, con el embrague acoplado, el tornillo sin fin se opera en la dirección que arranca el motor en la etapa 604. El parámetro o parámetros para accionar el tornillo sin fin a esta velocidad pueden almacenarse en un mapa ideado especialmente para hacer funcionar el motor eléctrico durante el procedimiento de inicio del ICE.

En el ejemplo de la Figura 4, las RPM del tornillo sin fin se accionan negativas entre T1 y T2 mientras el freno mantiene estacionario el soporte planetario para accionar el motor en la dirección de avance. Si el freno se abandona durante este proceso 606, entonces el tornillo sin fin se detiene en 608 y el modo de aparcamiento y de motor apagado se reinicia. De lo contrario, el tornillo sin fin continúa girando en la etapa 604 hasta que se detecta el inicio del motor en 610. Después, el embrague se desacopla en la etapa 612, y el tornillo sin fin se acciona a una velocidad de compensación en reposo en la etapa 614. El ejemplo de la Figura 4, esta velocidad de compensación en reposo es incluso más negativa que la velocidad usada para iniciar el motor. En esta fase, el vehículo llega al modo de aparcamiento y de motor encendido con el embrague desacoplado, pero debería entenderse que, con la velocidad de compensación en reposo mantenida, el vehículo permanecería estacionario incluso con el embrague acoplado. Así, en algunas realizaciones, el embrague puede reacoplarse una vez que se logra la velocidad de compensación en reposo.

Volviendo a la Figura 5, el vehículo puede realizar la transición desde el estado de aparcamiento y de motor encendido 504 al estado de aparcamiento y de motor apagado 500 desactivando la ignición. Como alternativa, el vehículo puede entrar en un modo marcha atrás 508 y/o un modo de conducción 510 desde el modo de aparcamiento y de motor encendido 504 y volver al modo de aparcamiento y de motor encendido 504 desde cualquiera de estos dos modos si el vehículo está estacionario. En algunas realizaciones, si el vehículo es estacionario, entonces el vehículo puede realizar la transición entre el modo marcha atrás 508 y el modo de conducción 510.

Volviendo ahora a las Figuras 4 y 7 y en referencia general a ello, el vehículo puede transitar del modo de aparcamiento y de motor encendido 504 al modo marcha atrás 508 cuando una marcha inversa se selecciona en 700. Después, si el freno no se aplica en 702, el embrague puede acoplarse si no está ya acoplado en la etapa 704, y el parámetro del pedal de aceleración puede leerse en la etapa 706. A continuación, las RPM del motor y RPM del tornillo sin fin pueden determinarse en la etapa 708, y los parámetros operativos recuperarse en la etapa 710 desde un mapa de pares de parámetros ideado para el funcionamiento de vehículo marcha atrás. Estos parámetros pueden entonces aplicarse en la etapa 712 de la manera antes descrita, y si el modo marcha atrás no se deselecciona en 714, entonces la operación puede volver a 702.

Por consiguiente, cuando el procesador realiza bucles iterativos por las etapas 702-714, los parámetros operativos puedan aplicarse para controlar continuamente el motor eléctrico y el ICE para hacer funcionar el vehículo en dirección marcha atrás como entre T3 y T4 de la Figura 4. Sin embargo, si se aplica el freno 702, entonces el embrague puede desacoplarse en la etapa 716, las RPM de la rueda leerse en la etapa 718, las RPM del motor y RPM del tornillo sin fin leerse opcionalmente en la etapa 720, y los parámetros operativos recuperarse en la etapa 722 desde un mapa ideado para hacer funcionar el motor eléctrico cuando se aplica en la etapa 712 a una velocidad angular que coincide con la velocidad angular del componente de entrada de eje impulsor (por ejemplo, engranaje solar) a la velocidad angular del eje impulsor. Desacoplar el embrague en la etapa 716 permite frenar sin colocar tensión indebida en la transmisión, el embrague, o el ICE, mientras coinciden las RPM del engranaje solar con las RPM del eje impulsor, lo que permite una respuesta rápida una vez que la operación de frenado se completa. El modo marcha atrás puede terminar en 714 si el vehículo está estacionario y el operador selecciona una marcha de conducción o modo de aparcamiento. Si el modo de aparcamiento se selecciona, entonces el embrague se desacopla en la etapa 724, en caso deseado, dando como resultado la vuelta al modo de aparcamiento y de motor encendido 504.

Volviendo ahora a las Figuras 4 y 8 y en referencia general a ello, la selección por un conductor en 700 del modo de

conducción 510 en lugar de un modo marcha atrás 508 puede provocar que el vehículo realice la transición del modo de aparcamiento y de motor encendido 504 al modo de conducción 510. Las etapas 800-810 pueden ser similares a las etapas 702-712, con una diferencia primaria que es el uso en la etapa 808 de un mapa de parámetros operativos ideado para dar lugar al movimiento de avance del vehículo. Por ejemplo, si el freno no se aplica en 800, entonces el embrague puede acoplarse si no estaba ya acoplado en la etapa 802, y el parámetro de pedal de aceleración puede leerse en la etapa 804. A continuación, las RPM del motor y RPM del tornillo sin fin pueden determinarse en la etapa 806, y los parámetros operativos recuperarse en la etapa 808 desde un mapa de pares de parámetros ideado para el funcionamiento de avance de vehículo. Estos parámetros pueden aplicarse en la etapa 810 de la manera descrita antes. Después, si no se elimina la selección del modo de conducción en 812, entonces el funcionamiento puede volver a 800.

Por consiguiente, cuando el procesador realiza bucles iterativos a través de las etapas 800-812, los parámetros operativos pueden aplicarse para controlar continuamente el motor eléctrico y el ICE para hacer funcionar el vehículo en la dirección de avance como entre T5 y T7 y entre T8 y T9 de la Figura 4. Sin embargo, si se aplica el freno en 800, entonces el embrague puede desacoplarse en la etapa 814, las RPM de la rueda leerse en la etapa 816, las RPM del motor y RPM del tornillo sin fin leerse opcionalmente en la etapa 818 y los parámetros operativos recuperarse en la etapa 820 desde un mapa ideado para hacer funcionar el motor eléctrico cuando se aplica en la etapa 810 a una velocidad angular que hace coincidir la velocidad angular del componente de entrada de eje impulsor (por ejemplo, engranaje solar) con la velocidad angular del eje impulsor.

Desacoplar el embrague en la etapa 814 permite frenar sin colocar tensión indebida en la transmisión, embrague o ICE, mientras coinciden las RPM del engranaje solar con las RPM del eje impulsor para permitir una respuesta rápida una vez que la operación de frenado se completa. Así, el operador del vehículo puede aplicar el freno y desacelerar rápidamente, como entre T7 y T8 de la Figura 4, y luego reiniciar el funcionamiento de cruce u operación de aceleración a la velocidad reducida sin dudar. Adicionalmente, el operador puede frenar en una parada, como entre T9 y T10 de la Figura 4, donde el ejemplo ilustra la recuperación y aplicación de parámetros ideado para una transición desde condición de cruce a condición de parada y motor en reposo.

Como se ilustra, estos parámetros disminuyen las RPM del motor eléctrico en favor de los parámetros de RPM del ICE hasta que las RPM de motor eléctrico han logrado la velocidad de compensación en reposo, y luego disminuyen las RPM del ICE por debajo del valor nominal de eficacia óptima a la velocidad en reposo del ICE. Debería entenderse que esta formulación de parámetros es únicamente a modo de ejemplo y que otras formulaciones pueden usarse, tal como formulaciones que mantienen las RPM del ICE al valor nominal de eficacia óptima mientras se disminuyen las RPM del motor eléctrico por debajo de la velocidad de compensación en reposo, volviendo al estado parado y en reposo del motor solo después de que el vehículo está estacionario. Con el vehículo estacionario, el modo de conducción puede acabarse en 812 si el operador selecciona un modo de marcha atrás o de aparcamiento. Si se selecciona el modo de aparcamiento, entonces el embrague puede desacoplarse en la etapa 822, si se desea, dando como resultado la vuelta al modo de aparcamiento y de motor encendido 504.

Volviendo ahora a las Figuras 9-16, se describe una realización alternativa en la que el módulo de determinación emplea una o más fórmulas para realizar control de realimentación continua. En referencia particular a la Figura 9, el proceso de control puede iniciarse, por ejemplo, en la etapa 900 con el procesador informático recuperando resultados esperados de la memoria informática. Los resultados esperados almacenados pueden estar en la forma de una velocidad angular esperada del brazo (por ejemplo, velocidad del vehículo), y un cambio esperado en la velocidad angular del brazo (por ejemplo, cantidad de aceleración deseada previamente). El proceso de control puede iniciarse adicionalmente leyendo valores detectados en la etapa 902, tal como RPM de la rueda (por ejemplo, velocidad del vehículo y/o velocidad angular del brazo), RPM del motor de combustión interna (por ejemplo, velocidad angular del engranaje solar), RPM del motor eléctrico (por ejemplo, velocidad angular del engranaje de anillo), y demanda de accionamiento actual (por ejemplo, posición del pedal acelerador, cambio deseado en velocidad angular del brazo, régimen deseado de aceleración de vehículo, etc.). Por tanto, los parámetros de control pueden modificarse usando una o más fórmulas de la etapa 904, que pueden incluir determinar un cambio en las RPM del motor de combustión interna (por ejemplo, velocidad angular del engranaje solar) y/o cambio en las RPM del motor eléctrico (por ejemplo, velocidad angular del engranaje de anillo). Desde estos datos, unos nuevos resultados esperados pueden calcularse en la etapa 906 empleando una o más fórmulas para determinar, por ejemplo, la velocidad angular esperada futura del brazo, y un cambio esperado en la velocidad angular del brazo como sigue:

$$ESPERADO \omega_{brazo} = \frac{(N_{sol} * (\omega_{sol} + \Delta\omega_{sol})) + (N_{anillo} * (\omega_{anillo} + \Delta\omega_{anillo}))}{(N_{sol} + N_{anillo})}$$

$$ESPERADO \Delta\omega_{brazo} = \Delta\omega_{brazo}$$

Estos resultados pueden almacenarse en la memoria informática en la etapa 908 y los parámetros de control modificados aplicarse en la etapa 910 para controlar el motor de combustión interna y el motor eléctrico.

En referencia ahora a las Figuras 10-16, un proceso de ejemplo para modificar parámetros de control usando una o

más fórmulas durante un modo de accionamiento de operación se describe en detalle. En referencia particular a la Figura 10, el proceso puede incluir determinar en la etapa 1000 si las RPM del motor de combustión interna son menores que las RPM en reposo esperadas mínimas, lo que puede indicar que el motor esté en peligro de obturarse. En ese caso, unas medidas de emergencia pueden tomarse en la etapa 1002, por ejemplo, disminuir las RPM del motor eléctrico y aumentar las RPM del ICE en sus regímenes máximos. De lo contrario, el proceso puede continuar en la etapa de determinación 1004 donde se ajusta un indicador de modo detenido. En ese caso, entonces una determinación adicional puede realizarse en la etapa 1006 sobre si una demanda de accionamiento para aceleración es mayor que cero. En ese caso, entonces un indicador de modo de aceleración puede ajustarse en la etapa 1008. De lo contrario, los parámetros de control pueden no modificarse para permitir continuar con la marcha en reposo hasta una parada.

La determinación en la etapa 1010 de que el indicador de modo de aceleración se ajusta, seguido por la determinación en la etapa 1012 de que la demanda de accionamiento para aceleración es mayor que un valor de crucero para mantener una velocidad actual, puede conducir a la entrada en un proceso de funcionamiento de aceleración descrito a continuación (véase la Figura 11 y la Figura 12). De lo contrario, un indicador de modo de crucero puede ajustarse en la etapa 1014.

La determinación en la etapa 1016 de que se establece el indicador de modo de crucero, seguido por la determinación en las etapas 1018 y 1020 de que la demanda de accionamiento para aceleración no es mayor ni menor que el valor de crucero para mantener la velocidad actual, puede conducir a la entrada en el proceso de funcionamiento de crucero descrito a continuación (véase la Figura 13). De lo contrario, en el caso en el que la demanda de accionamiento demuestra ser mayor que el valor de crucero de la etapa 1020, el indicador de modo de aceleración puede ajustarse en la etapa 1022. Como alternativa, si la demanda de accionamiento demuestra ser menor que el valor de crucero en la etapa 1018, el indicador de modo de deceleración puede establecerse en la etapa 1024.

La determinación en la etapa 1026 de que el indicador de modo de deceleración se establece, seguido por la determinación en la etapa 1028 de que la demanda de accionamiento para aceleración es mayor que el valor de crucero para mantener la velocidad actual, puede conducir a la entrada en el proceso de funcionamiento de deceleración descrito a continuación (véase la Figura 14). De lo contrario, el indicador de modo de aceleración puede establecerse en la etapa 1030.

En referencia ahora a la Figura 11, un proceso de funcionamiento de aceleración de ejemplo puede iniciarse con la determinación en la etapa 1100 de si un régimen deseado de aceleración puede lograrse al valor nominal de RPM óptimas del motor de combustión interna. En una realización, esta decisión puede implicar comparar el régimen deseado de aceleración con un umbral. En algunas realizaciones, este umbral puede variar con condiciones ambientales. En realizaciones alternativas o adicionales, el umbral puede variar basándose en información referente a si el vehículo viaja cuesta arriba o abajo como se determina en un proceso descrito a continuación (véase la Figura 14 y la Figura 15).

Si se determina en la etapa 1100 que el régimen deseado de aceleración no puede lograrse al valor nominal de las RPM óptimas del motor de combustión interna, entonces una determinación adicional puede realizarse en la etapa 1102 de si un régimen deseado de aceleración puede lograrse en las RPM del motor de combustión interna actuales. En algunas realizaciones, esta decisión puede implicar comparar el régimen deseado de aceleración con un umbral que puede variar de acuerdo con las RPM actuales del motor de combustión interna, condiciones ambientales y/o basarse en información referente a si el vehículo viaja cuesta arriba o abajo. En ese caso, la aceleración puede realizarse en la etapa 1104 aumentando las RPM del motor eléctrico para incrementar la velocidad angular del engranaje de anillo. De lo contrario, las preparaciones para aceleración pueden realizarse en la etapa 1106 incrementando las RPM del motor de combustión interna y disminuyendo las RPM del motor eléctrico para disminuir la velocidad angular del engranaje de anillo. De lo contrario, si se determina en la etapa 1100 que el régimen deseado de aceleración puede lograrse al valor nominal óptimo del motor de combustión interna, entonces puede activarse un proceso para funcionar al valor nominal óptimo.

En referencia ahora a la Figura 12, un proceso a modo de ejemplo para funcionar al valor nominal óptimo puede iniciarse determinando si el motor de combustión interna está por debajo del valor nominal óptimo en la etapa 1200 o sobre el valor nominal óptimo en la etapa 1202. En ese caso, entonces el embrague puede desacoplarse en la etapa 1204 o 1206, y las RPM del motor de combustión interna pueden aumentarse o disminuir en las etapas 1208 o 1210, respectivamente. Después una velocidad angular objetivo del brazo puede establecerse igual a la velocidad angular actual del brazo en la etapa 1212. Por otro lado, si las RPM del motor de combustión interna se determinan ya como al valor nominal óptimo en las etapas 1200 y 1202, entonces el embrague puede acoplarse en la etapa 1214, y la velocidad angular objetivo del brazo puede establecerse igual a la suma de la velocidad angular actual del brazo y el cambio deseado en esa velocidad angular para lograr el régimen deseado de aceleración.

Una vez que el valor de la aceleración angular objetivo para el brazo se ha determinado en la etapa 1212 o etapa 1216, una aceleración angular objetivo del engranaje de anillo puede calcularse en la etapa 1218. Por ejemplo, para un conjunto de engranaje planetario con relación de cinco a uno, la velocidad angular objetivo del engranaje de anillo (OBJETIVO ω_{anillo}) puede calcularse de acuerdo con:

$$\text{OBJETIVO } \omega_{\text{anillo}} = (5 * \text{OBJETIVO } \omega_{\text{brazo}} - \text{RPM ICE}) / 4$$

- 5 para la velocidad angular objetivo del brazo (OBJETIVO ω_{brazo}) y las RPM de motor de combustión interna (RPM ICE). De forma más general, la ecuación puede ajustarse para diversas relaciones de conjunto de engranaje planetario de N a uno, como sigue:

$$\text{OBJETIVO } \omega_{\text{anillo}} = (N * \text{OBJETIVO } \omega_{\text{brazo}} - \text{RPM ICE}) / (N - 1)$$

- 10 Esta velocidad angular objetivo del engranaje de anillo puede emplearse entonces como umbral para comparación con la velocidad angular del engranaje de anillo en las etapas 1220 y 1222 para decidir si ajustar las RPM del motor eléctrico para aumentar o disminuir la velocidad angular del engranaje de anillo en las etapas 1224 y 1226, respectivamente.

- 15 En referencia ahora a la Figura 13, un proceso para funcionar en modo crucero puede iniciarse en las etapas 1300 y 1302 con determinaciones de si las RPM del motor de combustión interna son mayores o menores que el valor nominal óptimo. Si se determina en la etapa 1300 que las RPM del motor de combustión interna son mayores que el valor nominal óptimo, entonces las RPM del motor de combustión interna pueden disminuir y las RPM del motor eléctrico aumentar para elevar la velocidad angular del engranaje de anillo en la etapa 1304. Si se determina en la etapa 1302 que las RPM del motor de combustión interna son menores que el valor nominal óptimo, entonces las RPM del motor de combustión interna pueden aumentar y las RPM de motor eléctrico disminuir para descender la velocidad angular del engranaje de anillo en la etapa 1306.

- 25 En referencia a la Figura 14, un proceso para funcionar en el modo de deceleración puede iniciarse determinando en la etapa 1400 si la demanda es menor que el valor de crucero. En ese caso, entonces el proceso puede continuar desacoplando el embrague en la etapa 1402. Después, una determinación puede realizarse en la etapa 1404 de si la velocidad angular del engranaje de anillo es mayor que una velocidad angular de umbral del engranaje de anillo en el que la velocidad en reposo del motor de combustión interna se compensa totalmente para producir una velocidad angular cero del brazo. En caso contrario, entonces las RPM del motor eléctrico pueden disminuir en la etapa 1406 para descender la velocidad angular del engranaje de anillo hasta que alcanza el régimen de compensación en reposo. Sin embargo, si se determina en la etapa 1404 que la velocidad angular del engranaje de anillo ya ha descendido al régimen de compensación en reposo, puede hacerse una determinación en la etapa 1408 de si la velocidad angular del brazo es mayor que cero. En ese caso, entonces las RPM del motor de combustión interna pueden disminuir en la etapa 1410. Sin embargo, si se determina en la etapa 1408 que el vehículo se detiene y está en reposo, entonces un modo detenido puede introducirse en la etapa 1412. De lo contrario, una deceleración y preparación para el modo detenido y en reposo pueden realizarse hasta que se determina la demanda como igual al valor de crucero en la etapa 1400, en cuyo punto el embrague puede acoplarse en la etapa 1414, y el modo crucero puede introducirse en la etapa 1416.

- 40 En referencia ahora a la Figura 15, un proceso para ajustar las cantidades de modificación puede iniciarse en la etapa 1500 determinando si la velocidad angular del brazo es menor que la velocidad angular esperada del brazo. En ese caso, entonces el vehículo puede viajar cuesta arriba, frenando o encontrarse algún tipo de obstáculo u otra condición que ralentiza de forma inesperada el vehículo. En ese caso, entonces una determinación adicional puede realizarse en la etapa 1502 de si el cambio esperado en la velocidad angular del brazo es mayor que cero. En este caso, puede detectarse una condición de dificultad para acelerar, y una necesidad de más par. En este caso, los parámetros de control pueden modificarse en la etapa 1504 para disminuir las RPM del motor eléctrico para descender la velocidad angular del engranaje de anillo y aumentar el par. Esta etapa puede implicar cancelar el parámetro para el motor eléctrico con un nuevo valor, o aplicar un valor escalar a una cantidad de modificación determinada para ajustarse a un nivel menor. El tipo y/o cantidad de valores empleados puede variar, por ejemplo, dependiendo de una magnitud de una diferencia entre las velocidades angulares esperadas y actuales del brazo.

- 55 Si la determinación realizada en la etapa 1502 indica que el cambio esperado en la velocidad angular del brazo no es mayor que cero, entonces una determinación adicional puede hacerse en la etapa 1506 de si el cambio esperado era menor que cero. En ese caso, puede detectarse una condición de un éxito adicional de desaceleración, tal como si el vehículo viaja cuesta abajo. En respuesta, el embrague puede desacoplarse en la etapa 1508, y una determinación puede realizarse en la etapa 1510 de si unas RPM del motor de combustión interna son mayores que el valor nominal óptimo. En este caso, puede realizarse un ajuste en la etapa 1512 para disminuir las RPM del motor de combustión interna y ajustar las RPM del motor eléctrico para coincidir con la velocidad angular presente del brazo. De lo contrario, los parámetros de control pueden modificarse en la etapa 1514 para ajustar las RPM del motor eléctrico para coincidir con la velocidad angular presente del brazo.

- 65 En el caso en el que se determina en la etapa 1506 que el cambio esperado en la velocidad angular del brazo no es menor que cero, entonces puede detectarse una condición de dificultad de crucero. En este caso, una determinación puede realizarse en la etapa 1516 de si las RPM del motor de combustión interna son menores que un valor de umbral máximo. En ese caso, los parámetros de control pueden modificarse en la etapa 1518 para disminuir las RPM del motor eléctrico para descender la velocidad angular del engranaje de anillo, mientras se aumentan las RPM del motor

de combustión interna. Por otro lado, si las RPM del motor de combustión interna se determinan como ya en un máximo en la etapa 1516, entonces los parámetros de control pueden ajustarse en la etapa 1520 para disminuir las RPM del motor eléctrico para descender la velocidad angular del engranaje de anillo y por tanto aumentar el par. De nuevo, pueden emplearse valores escalares en las etapas 1518 y 1520 que pueden variar basándose en una magnitud de la diferencia entre las velocidades angulares esperadas y actuales del brazo.

En referencia ahora a la Figura 16, si se determina en la etapa 1600 que la velocidad angular del brazo es mayor de lo esperado, entonces puede detectarse una condición en que el vehículo viaja cuesta abajo. Entonces, si se determina en la etapa 1602 que el cambio esperado en la velocidad angular del brazo es mayor que cero, puede detectarse una condición de extra éxito al acelerar. En este caso, los parámetros de control pueden modificarse en la etapa 1604 para disminuir las RPM del motor eléctrico para descender la velocidad angular del engranaje de anillo. Para esta etapa, un valor escalar puede seleccionarse para disminuir la cantidad de aceleración, y este valor puede seleccionarse en función de la magnitud de la diferencia de las velocidades angulares esperadas y actuales del brazo.

Si se determina en la etapa 1606 que el cambio esperado en la velocidad angular del brazo es menor que cero, entonces puede detectarse una condición de dificultad al decelerar. En este caso, el embrague puede desacoplarse en la etapa 1608 y puede hacerse una determinación en la etapa 1610 de si las RPM del motor de combustión interna son mayores que el valor nominal óptimo. En ese caso, los parámetros de control pueden modificarse en la etapa 1612 para disminuir las RPM del motor de combustión interna y ajustar las RPM del motor eléctrico para coincidir con la velocidad angular del engranaje de anillo para complementar la velocidad angular del brazo. De lo contrario, los parámetros de control pueden modificarse en la etapa 1614 para ajustar las RPM del motor eléctrico para coincidir con la velocidad angular del engranaje de anillo para complementar la velocidad angular del brazo.

En el caso en el que el cambio esperado en velocidad angular del brazo es igual a cero, entonces puede detectarse una condición de problemas con el crucero. En este caso, una determinación adicional puede realizarse en la etapa 1616 de si las RPM del motor de combustión interna son mayores que el valor nominal óptimo. De lo contrario, los parámetros de control pueden modificarse para disminuir las RPM del motor eléctrico para descender la velocidad angular del engranaje de anillo y por tanto aumentar el par. Para la etapa 1618, la cantidad de disminución de RPM del motor eléctrico puede seleccionarse en función de la magnitud de la diferencia entre las velocidades angulares esperadas y actuales del brazo. De lo contrario, los parámetros de control pueden modificarse en la etapa 1620 para disminuir tanto las RPM del motor de combustión interna como las RPM del motor eléctrico. Para la etapa 1620, unos valores escalares pueden seleccionarse aumentando la cantidad de disminución en las RPM del motor de combustión interna y disminuyendo la cantidad de aumento en las RPM del motor eléctrico, y estos valores pueden seleccionarse en función de la magnitud de la diferencia de las velocidades angulares esperadas y actuales del brazo.

Así, es aparente que se ha proporcionado, de acuerdo con la presente divulgación, una transmisión variable infinita que satisface una o más de las ventajas expuestas antes.

REIVINDICACIONES

1. Una transmisión variable infinita para uso con un vehículo automotriz (100) que tiene un embrague (132), comprendiendo la transmisión variable infinita:

5 un conjunto de engranaje planetario (102) que tiene dos componentes de entrada (108, 118) y un componente de salida (110), siendo capaz dicho conjunto de engranaje planetario (102) de situarse en un tren de accionamiento del vehículo automotriz de manera que un eje impulsor (104) accionado por el motor de combustión interna (106) del vehículo automotriz se conecte a un componente de entrada del eje impulsor (108) de los componentes de entrada (108, 118), y el componente de salida (110) se conecte a un árbol de salida (112) configurado para accionar un mecanismo propulsor (114) del vehículo automotriz; un tornillo sin fin (116) interactúa con un componente de entrada de tornillo sin fin (118) que es el otro de los dos componentes de entrada (108, 118) de dicho conjunto de engranaje planetario (102);
 10 un motor eléctrico (120) conectado para accionar dicho tornillo sin fin (116); y
 15 una unidad de control electrónico (122) conectada para controlar continuamente dicho motor eléctrico, en respuesta a una demanda de par generada por un operador del vehículo automotriz, de la manera ideada para satisfacer la demanda de par;

caracterizada por que:

20 dicha unidad de control electrónico (122) está configurada operativamente para recibir

(a) al menos uno de

25 (i) una señal de freno generada por un pedal de freno del vehículo automotriz o
 (ii) un estado del embrague (132) que conecta el impulsor (104) al componente de entrada de eje impulsor (108), y

30 (b) una señal indicativa de la velocidad angular de al menos uno del componente propulsor (114) del vehículo automotriz o el árbol de salida; dicha unidad de control electrónico está configurada operativamente para recuperar, condicionada al estado de la señal de freno que indica un frenado del vehículo y del embrague (132) en el que el embrague está desacoplado, los parámetros operativos desde un mapa de parámetros predeterminados en función de al menos una de la velocidad angular del componente propulsor (114) o la velocidad angular del árbol de salida (112); y

35 dicha unidad de control electrónico (122) está configurada operativamente para aplicar los parámetros operativos para controlar la velocidad angular del eje impulsor (104) y la velocidad angular del motor eléctrico (120) de manera ideada para hacer coincidir la velocidad angular del componente de entrada de eje impulsor (108) con la velocidad angular del eje impulsor (112).

40 2. La transmisión variable infinita de la reivindicación 1, en donde un soporte planetario del conjunto de engranaje planetario es el componente de salida, un engranaje solar del conjunto de engranaje planetario es el componente de entrada de eje impulsor y un engranaje de anillo del conjunto de engranaje planetario es el componente de entrada del tornillo sin fin que interactúa con dicho tornillo sin fin.

45 3. La transmisión variable infinita de la reivindicación 1, en donde dicha unidad de control electrónico está configurada operativamente para:

50 (a) realizar una determinación de si la demanda de par puede satisfacerse haciendo funcionar el motor de combustión interna a un valor nominal de eficacia óptima; y
 (b) condicionada por los resultados de la determinación:

55 (i) hacer funcionar el motor de combustión interna al valor nominal de eficacia óptima, mientras se modifica la velocidad angular del motor eléctrico para satisfacer la demanda de par; o
 (ii) hacer funcionar el motor de combustión interna de manera que se desvíe de la eficacia óptima de modo que se satisfaga la demanda de par.

60 4. La transmisión variable infinita de la reivindicación 1, en donde la unidad de control electrónico está configurada operativamente, durante un modo de inicio de funcionamiento, y cuando el freno mantiene el componente de salida estacionario, para:

(a) hacer funcionar el motor eléctrico en una dirección ideada para accionar el eje impulsor del vehículo automotriz en dirección de avance;
 (b) realizar la detección del inicio del motor de combustión interna del vehículo automotriz; y
 65 (c) en respuesta a la detección del inicio del motor de combustión interna, desacoplar el embrague del vehículo automotriz y hacer funcionar el motor eléctrico a una velocidad angular ideada para compensar una velocidad en reposo del motor de combustión interna.

5. La transmisión variable infinita de la reivindicación 1, en donde la unidad de control electrónico está configurada operativamente, durante un modo de funcionamiento de marcha atrás para:

5 hacer funcionar el motor eléctrico a una velocidad angular ideada para satisfacer la demanda de par mientras que se mueve el vehículo automotriz marcha atrás, preferentemente para: responder a al menos uno de un estado de una señal de freno o un ajuste del embrague del vehículo automotriz haciendo funcionar el motor eléctrico a una velocidad angular ideada para hacer coincidir la velocidad angular del componente de entrada de eje impulsor con la velocidad angular del eje impulsor.

10 6. La transmisión variable infinita de la reivindicación 1, en donde la unidad de control electrónico está configurada operativamente, durante un modo de funcionamiento de conducción, para:

15 hacer funcionar el motor eléctrico a una velocidad angular ideada para satisfacer la demanda de par mientras el vehículo automotriz se mueve hacia delante; y
responder a al menos uno de un estado de una señal de freno o un ajuste del embrague que conecta el eje impulsor al componente de entrada de eje impulsor haciendo funcionar el motor eléctrico a una velocidad angular ideada para hacer coincidir la velocidad angular del componente de entrada de eje impulsor con la velocidad angular del eje impulsor.

20 7. La transmisión variable infinita de la reivindicación 1, en donde:

25 dicha demanda de par es una señal de pedal acelerador generada por un pedal acelerador del vehículo automotriz; dicha unidad de control electrónico está configurada operativamente para recibir señales indicativas de la velocidad angular del eje impulsor y la velocidad angular del motor eléctrico; y
dicha unidad de control electrónico está configurada operativamente para (a) recuperar parámetros operativos de un mapa de parámetros predeterminados basado al menos en parte en la señal de pedal acelerador, la velocidad angular del eje impulsor y la velocidad angular de dicho motor eléctrico, y (b) aplicar los parámetros operativos para modificar la velocidad angular del eje impulsor y la velocidad angular de dicho motor eléctrico.

30 8. Un vehículo automotriz que comprende la transmisión variable infinita de una de las reivindicaciones 1 a 7.

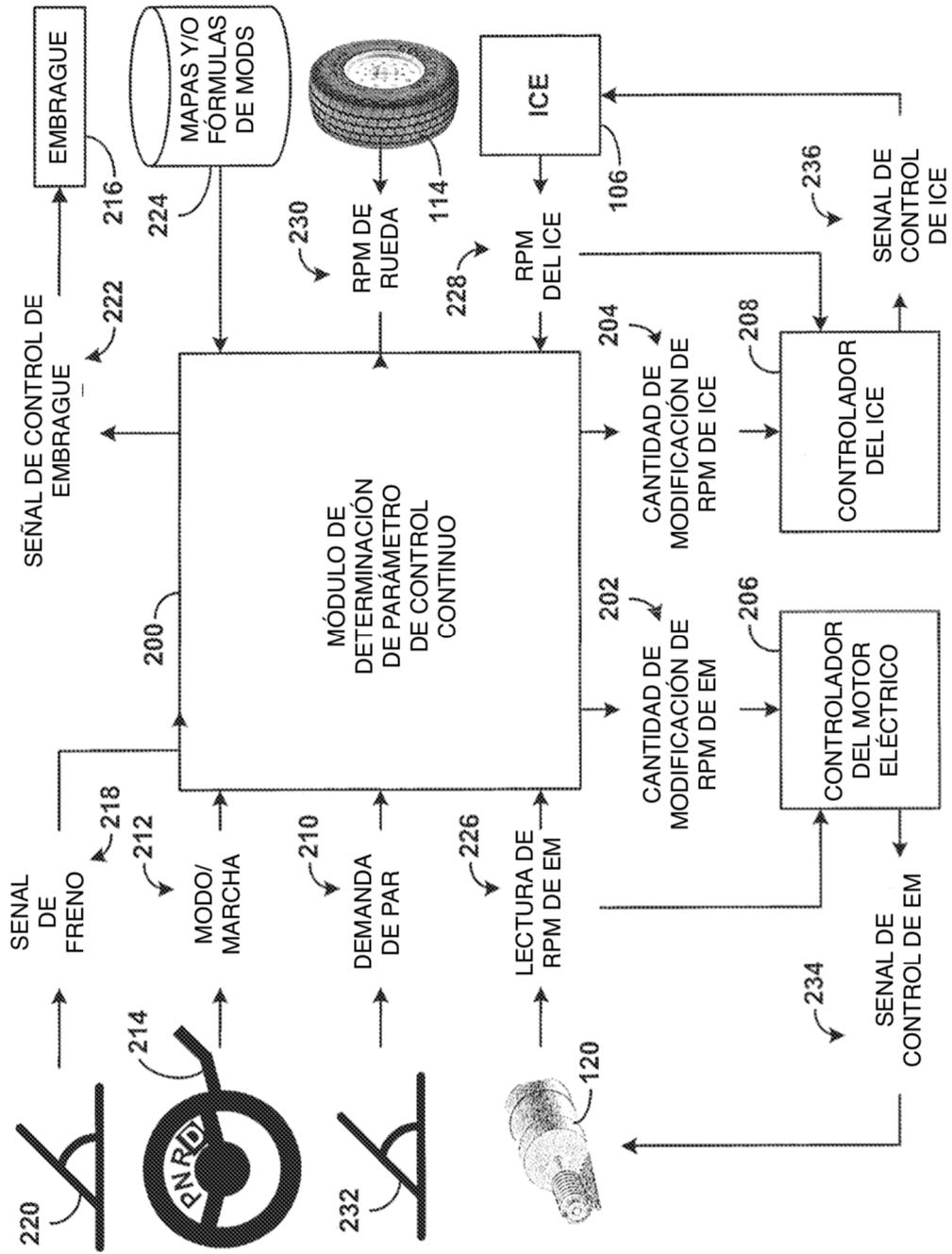


Figura - 2

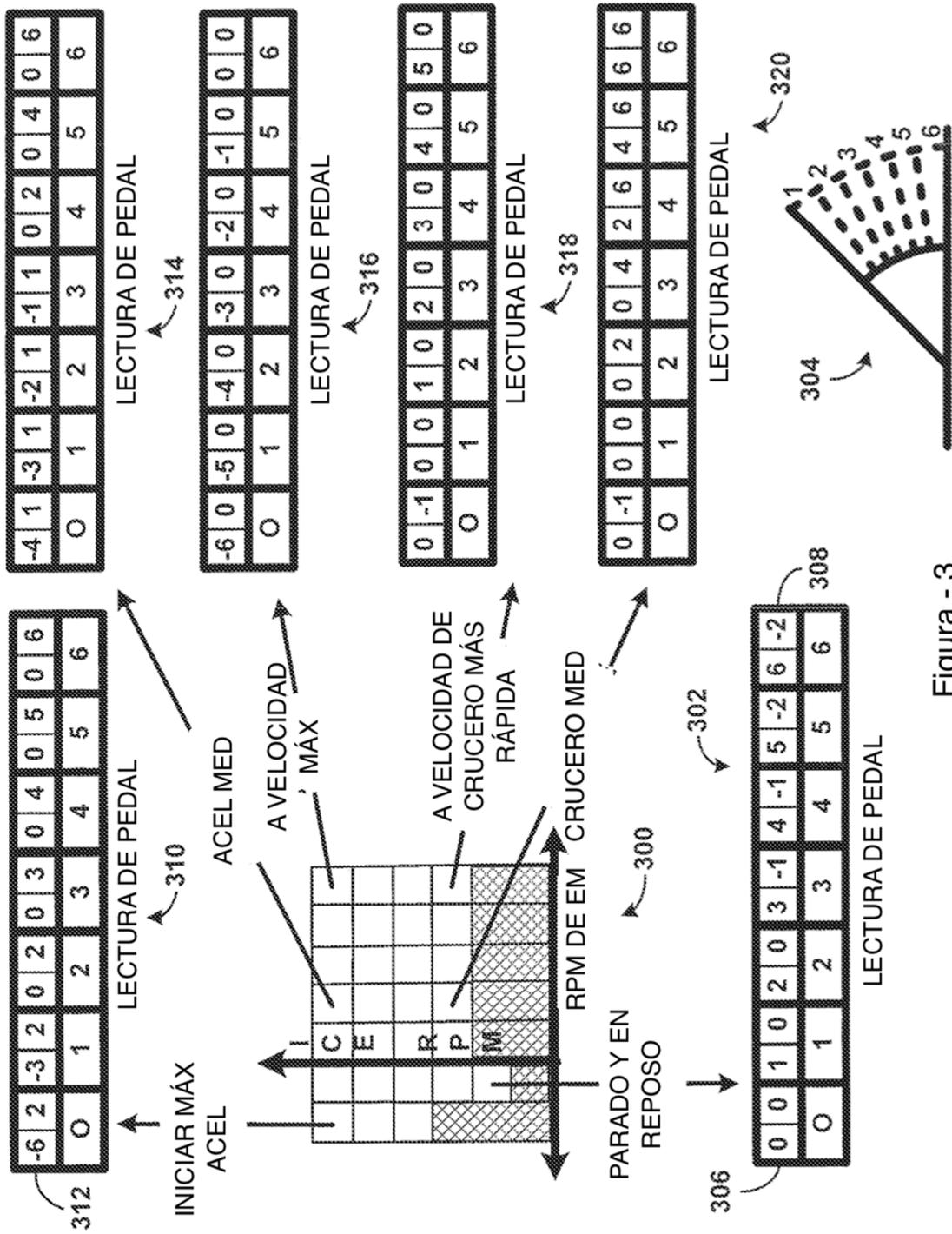


Figura - 3

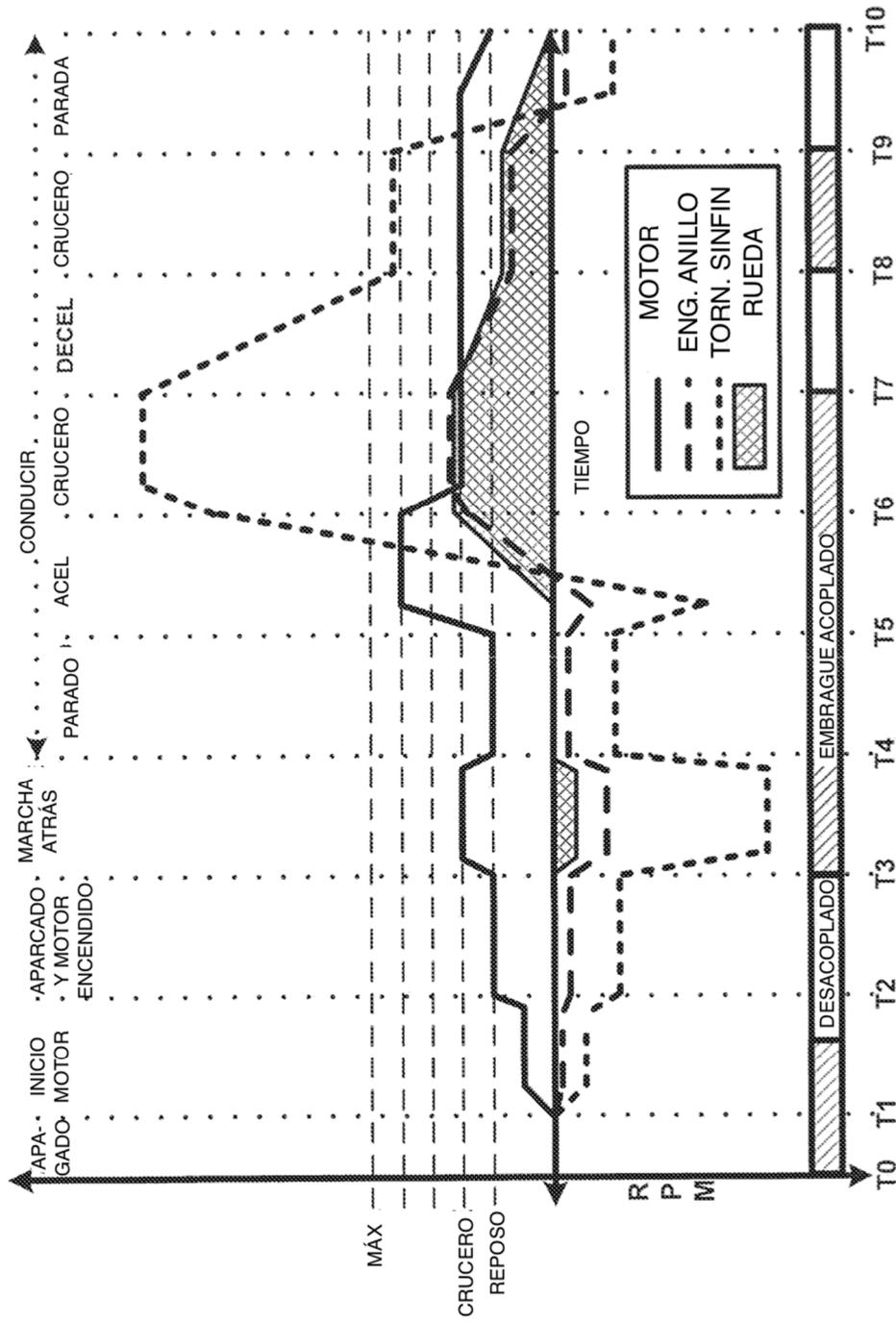


Figura - 4

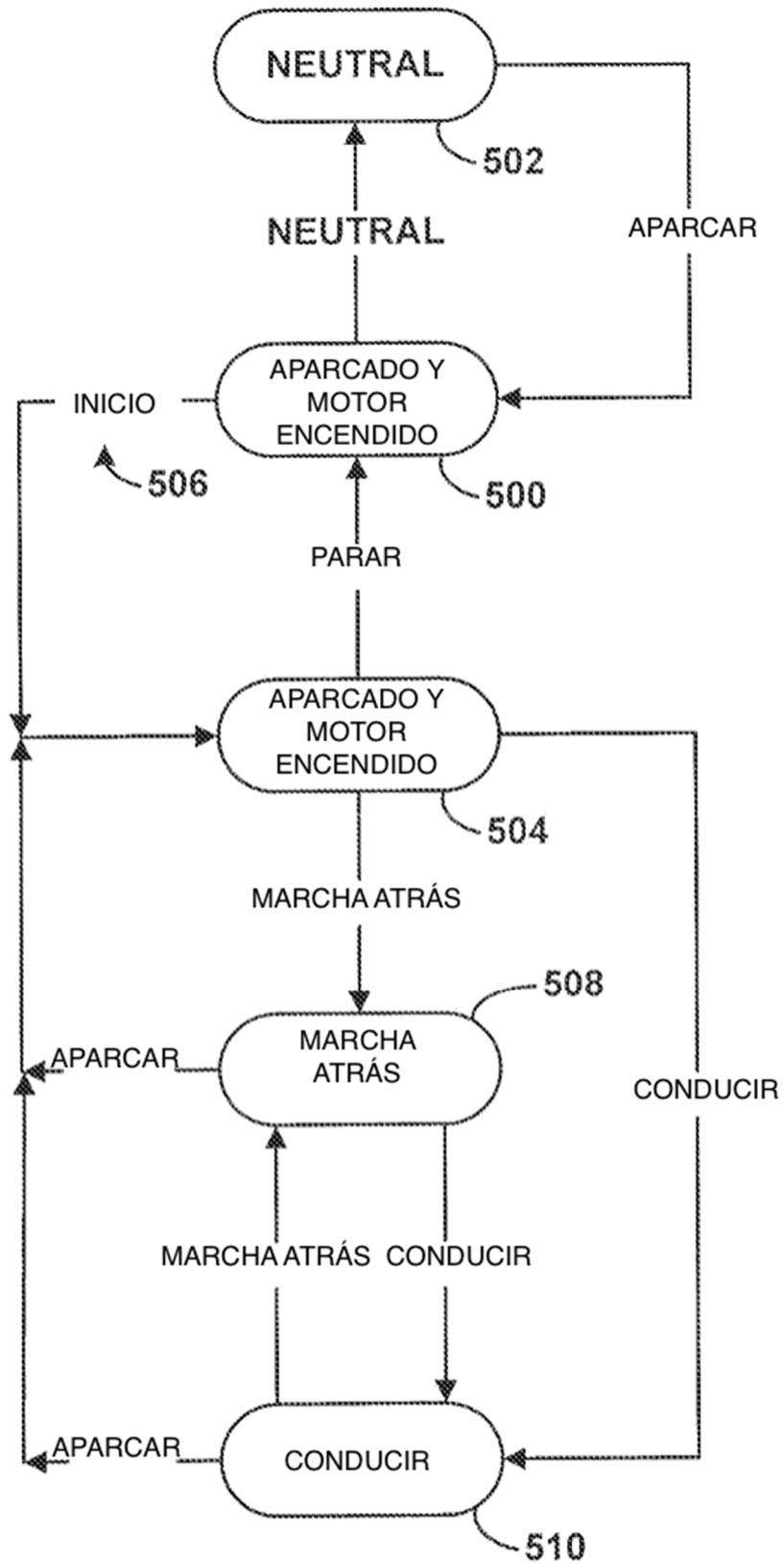


Figura - 5

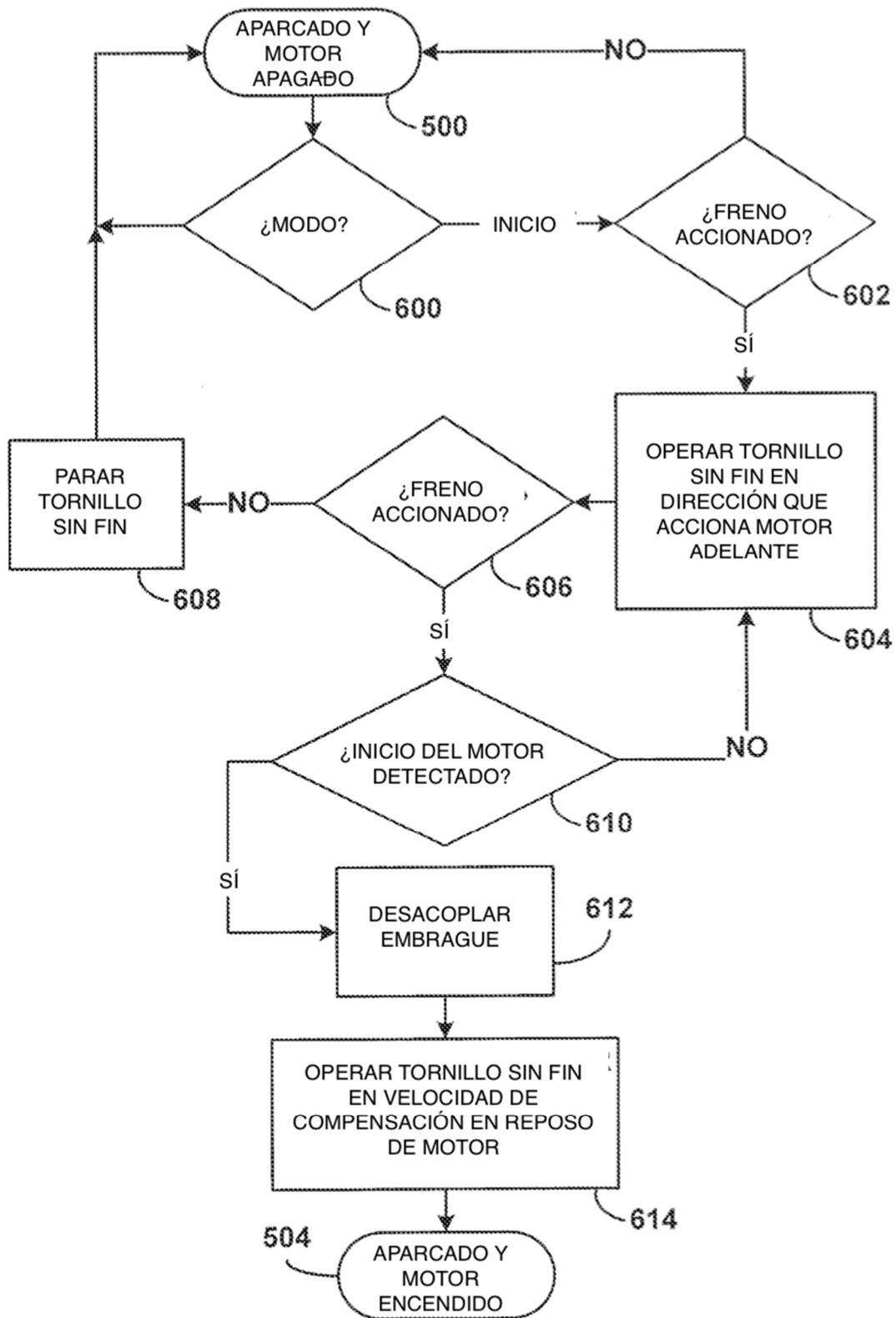


Figura - 6

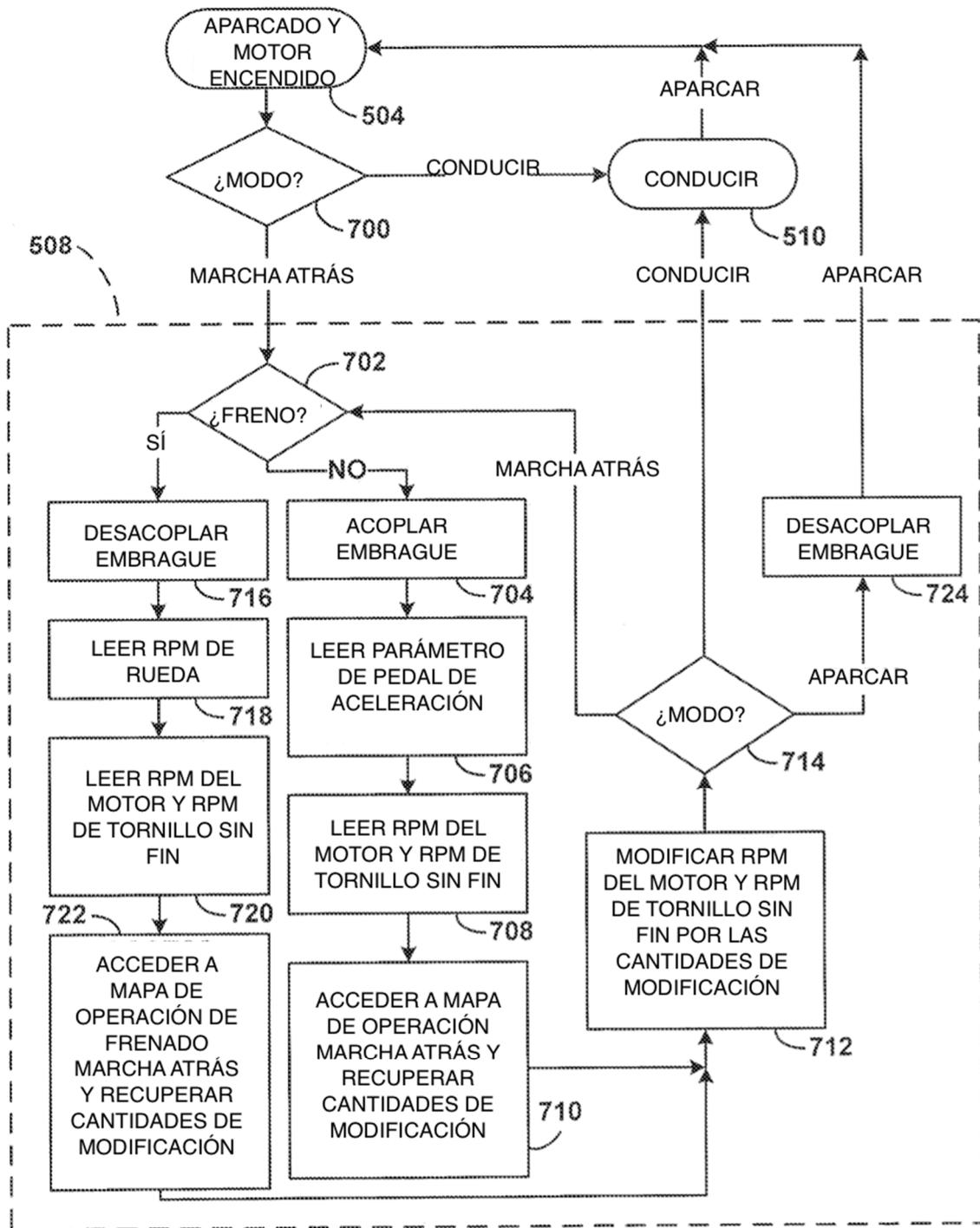


Figura - 7

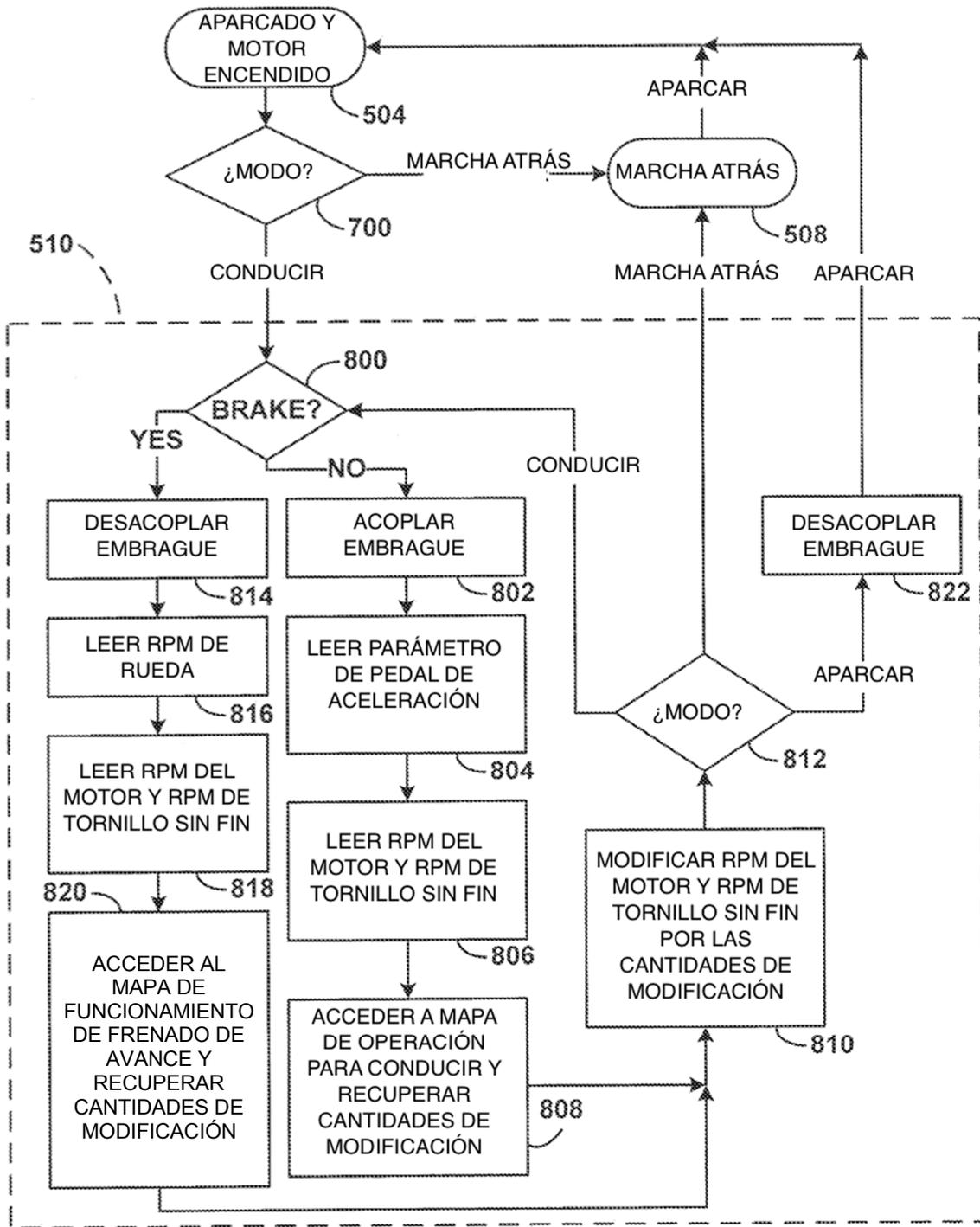


Figura - 8

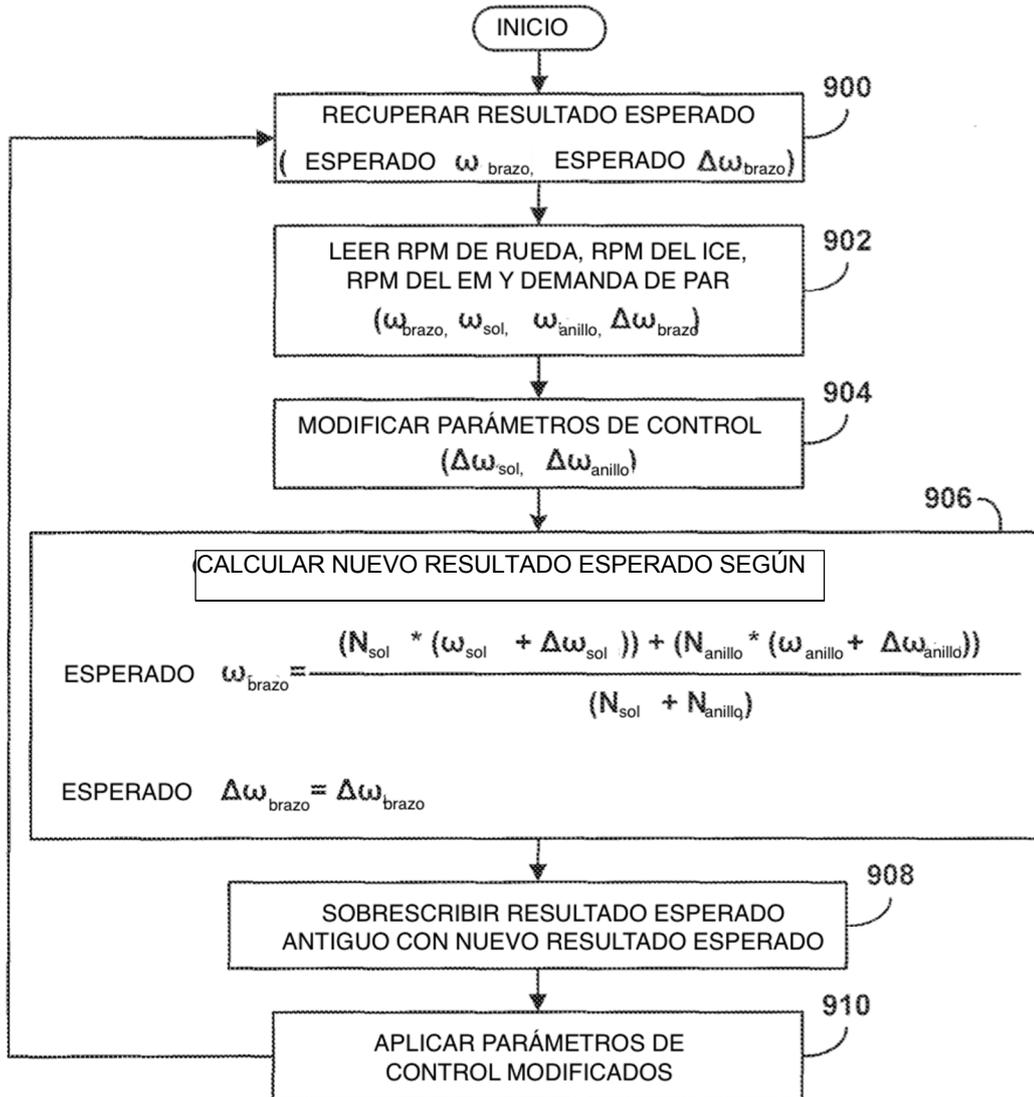


Figura - 9

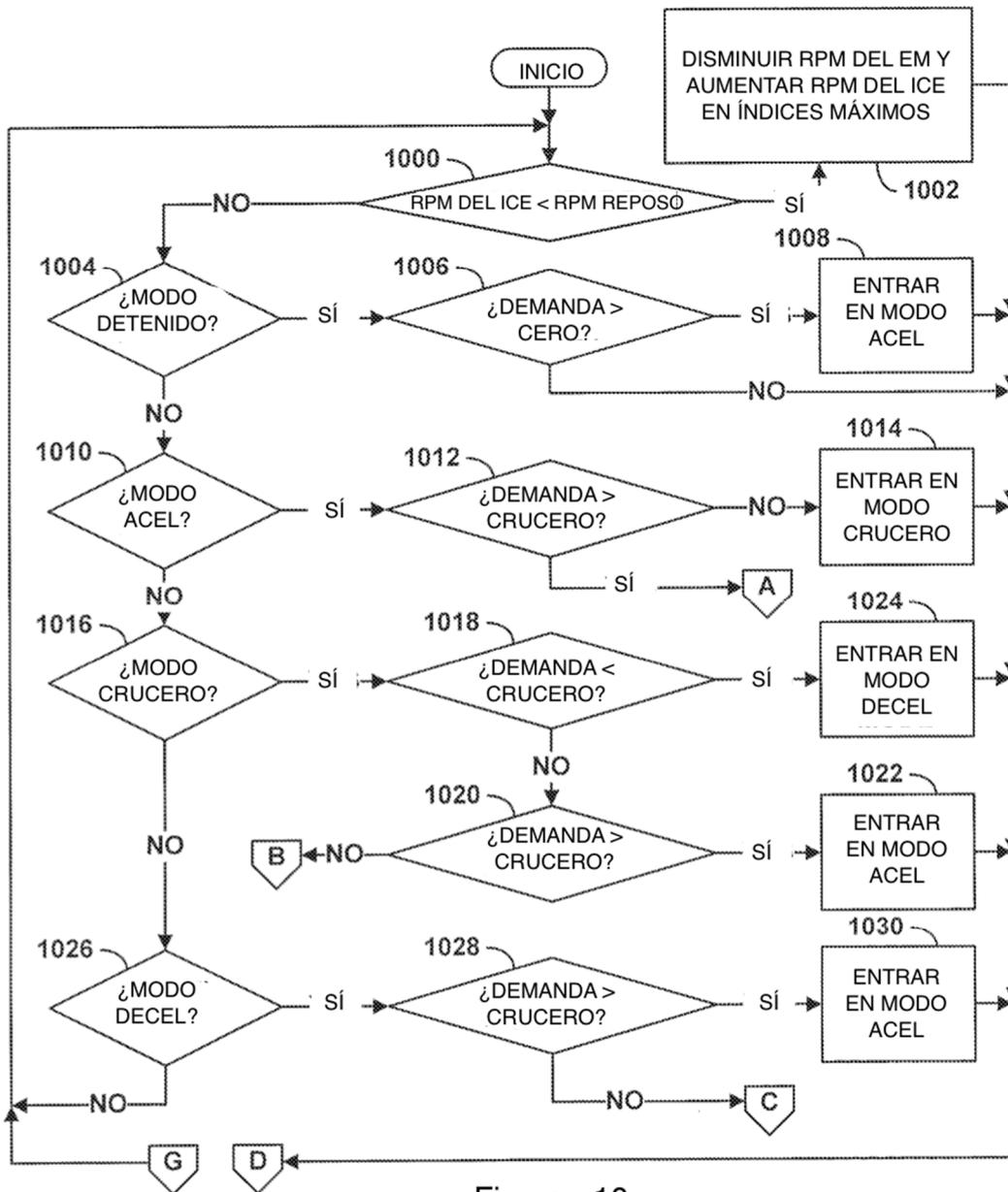


Figura - 10

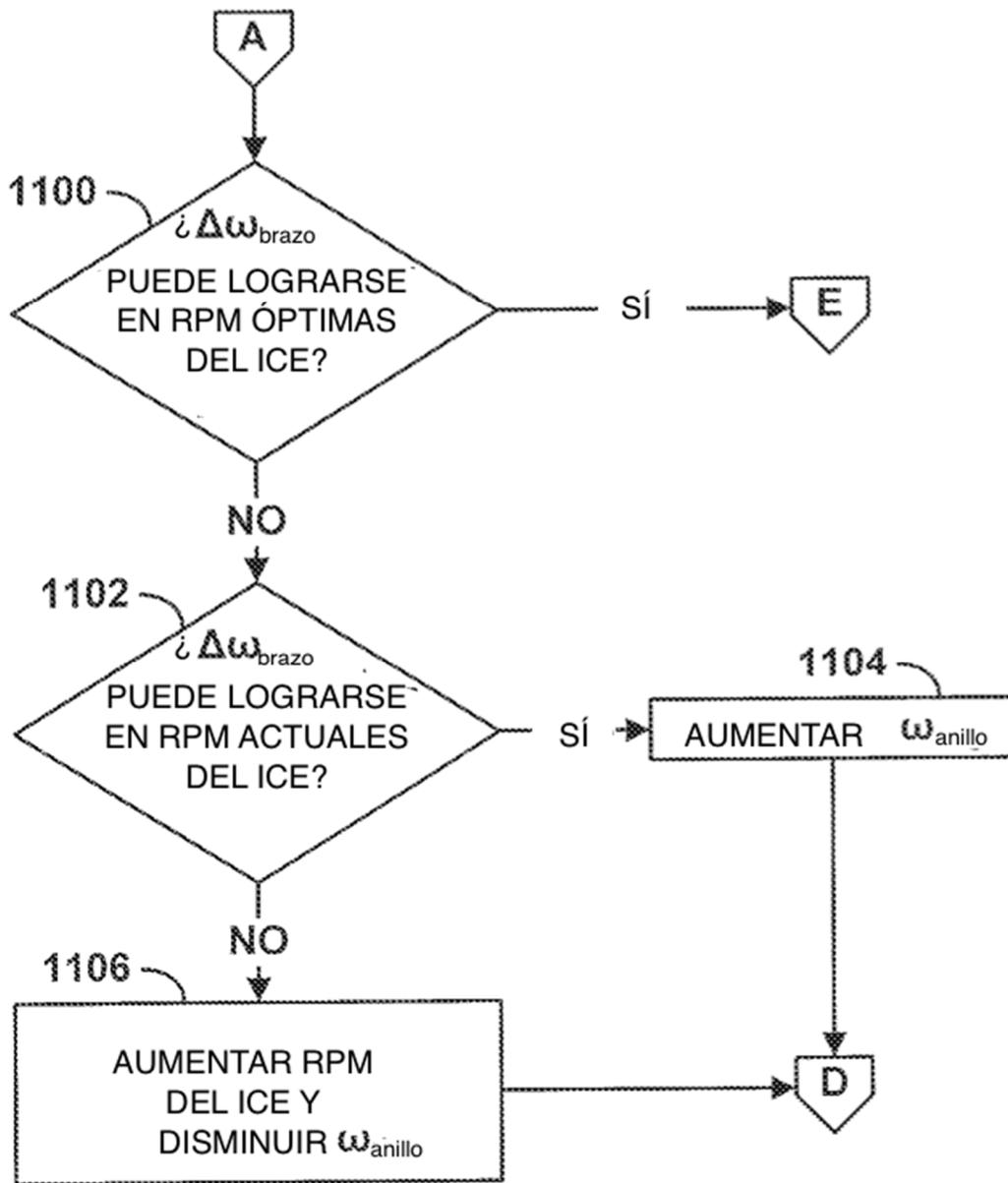


Figura - 11

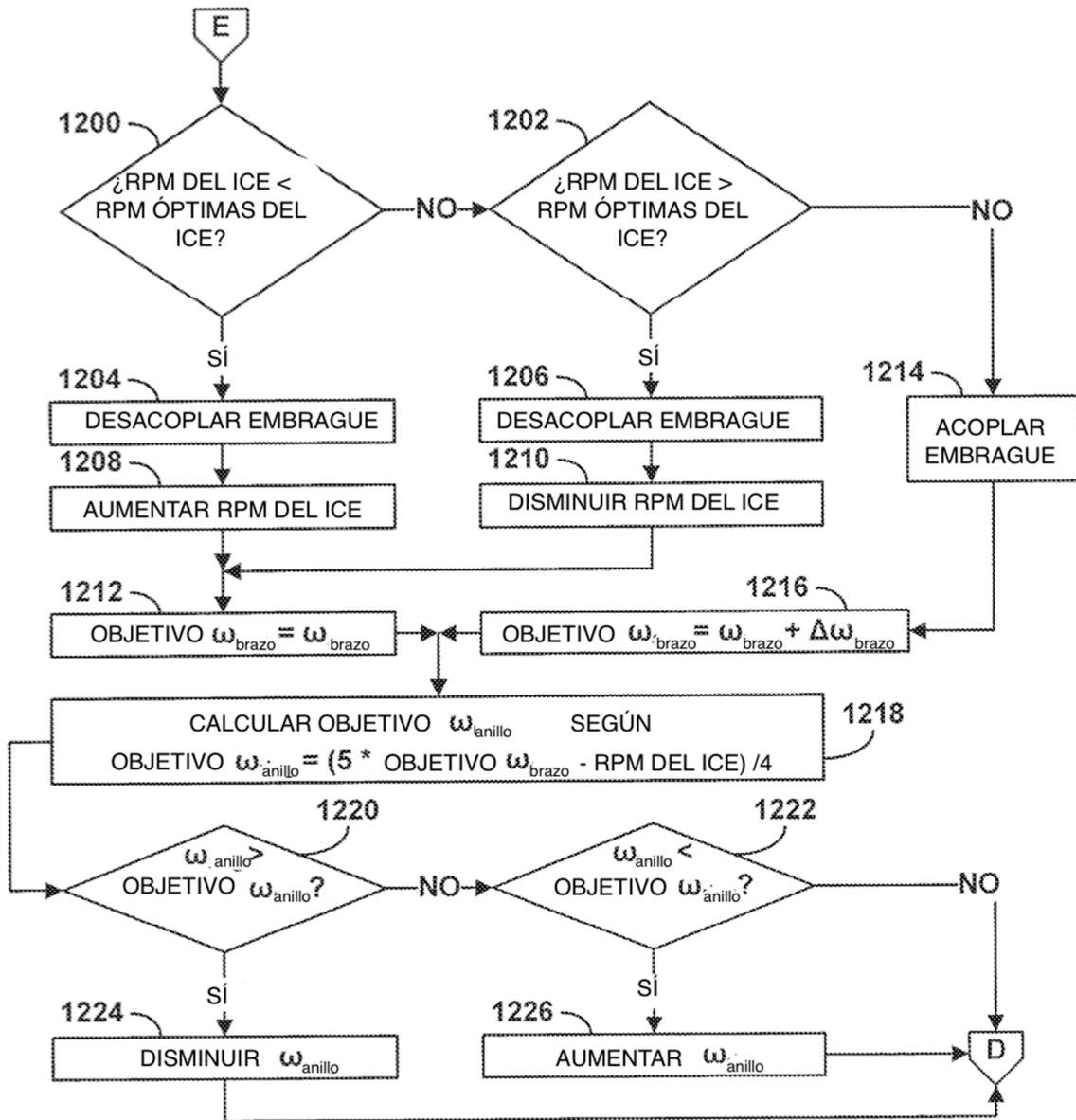


Figura - 12

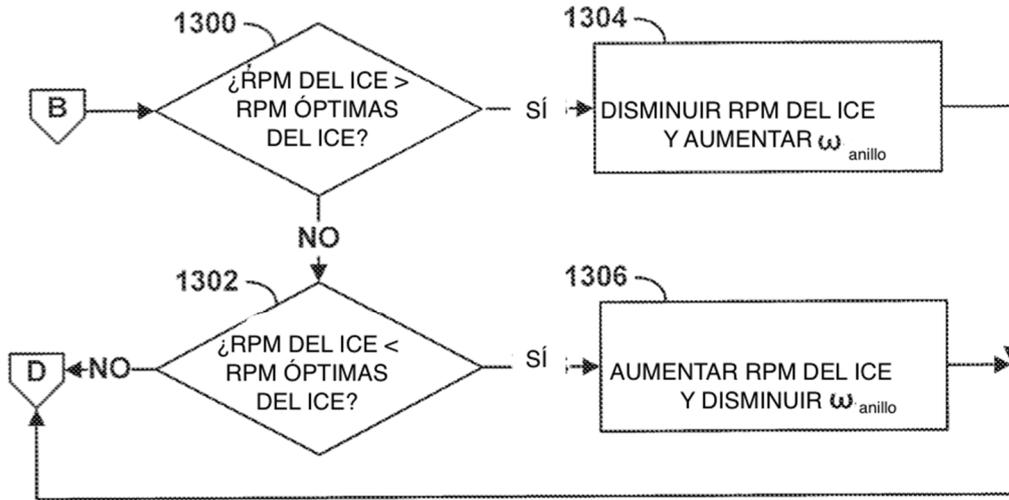


Figura - 13

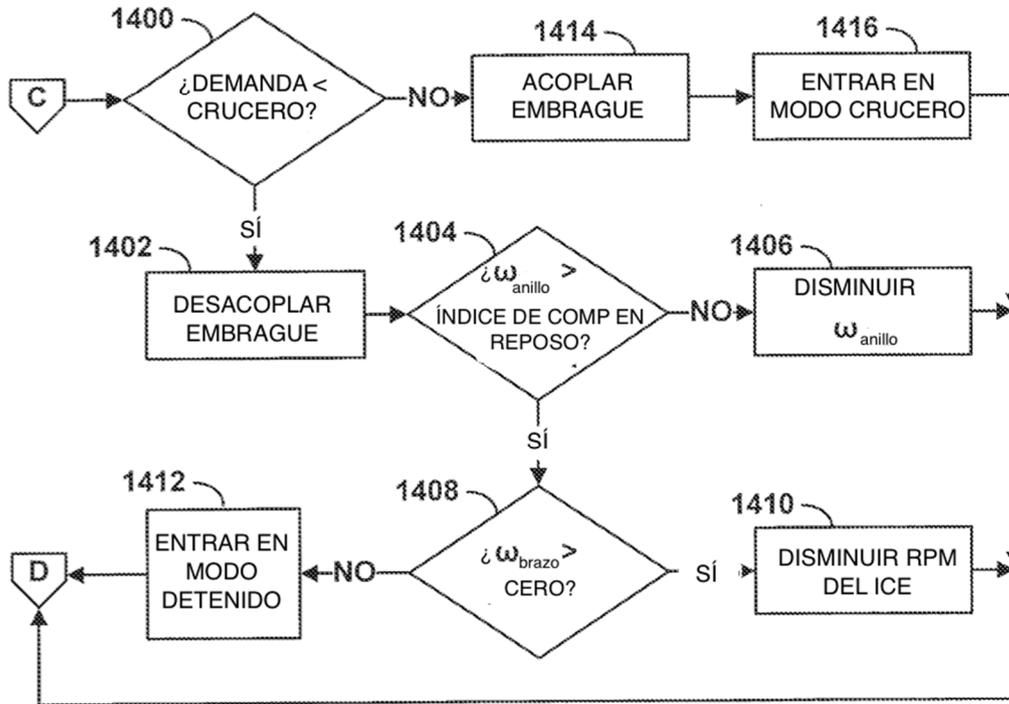


Figura - 14

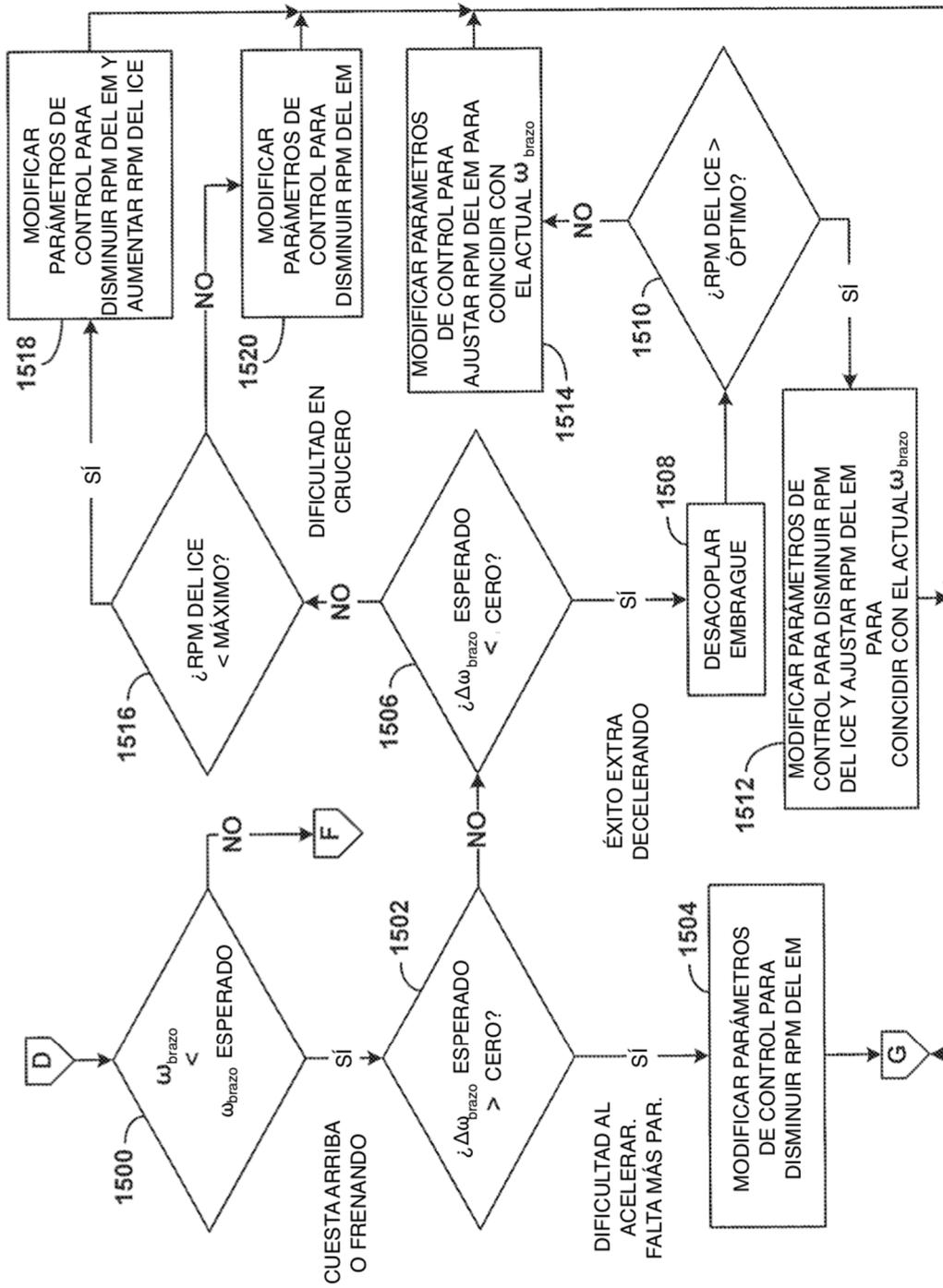


Figura - 15

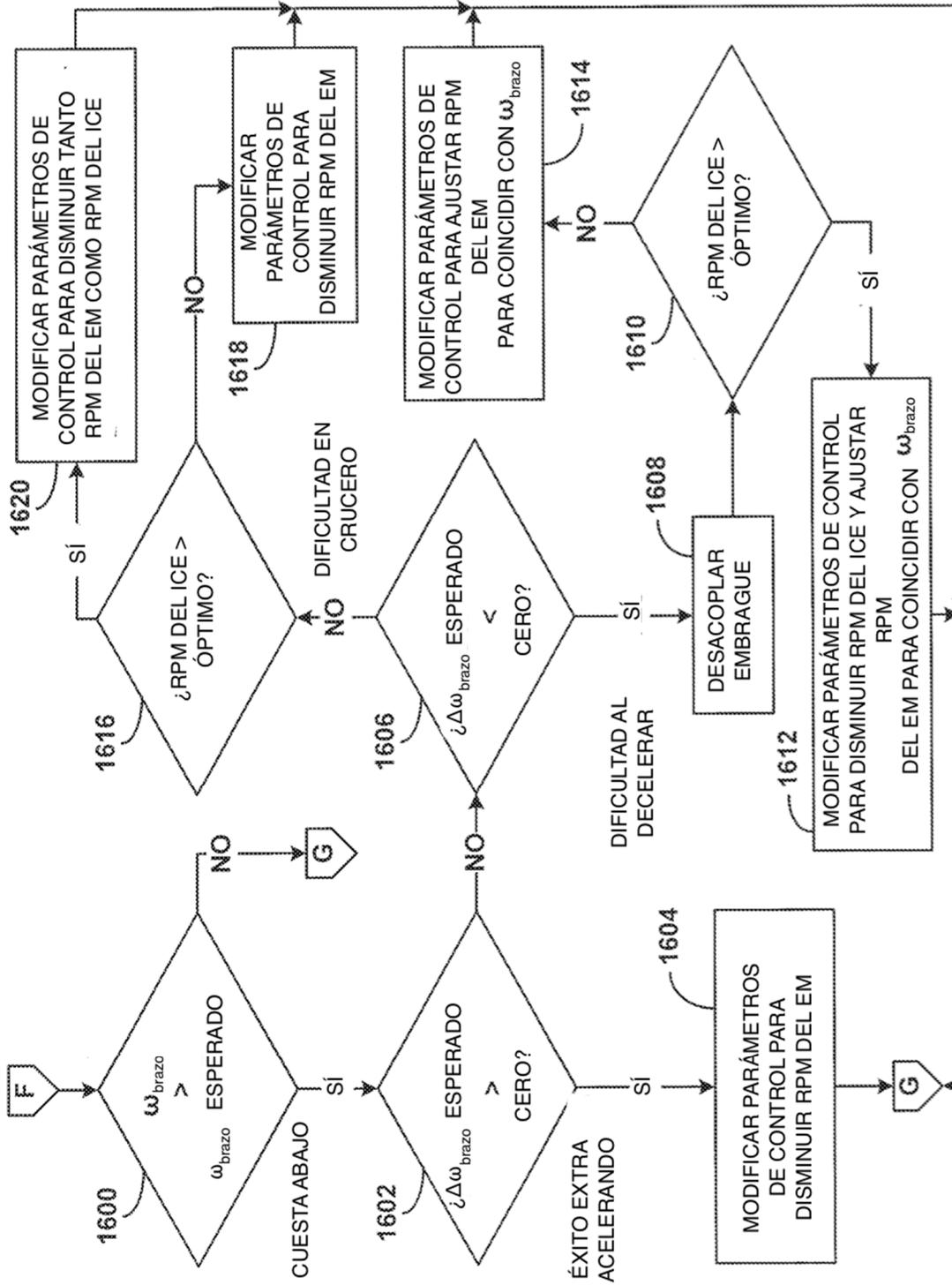


Figura - 16