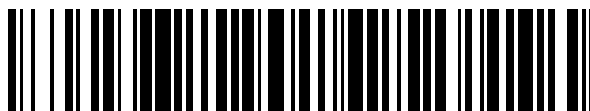


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 385 294**

51 Int. Cl.:

B60K 6/26 (2007.01) **F16H 37/10** (2006.01)

B60K 6/445 (2007.01)

B60L 11/14 (2006.01)

B60W 10/08 (2006.01)

B60W 20/00 (2006.01)

F16H 3/72 (2006.01)

H02K 7/14 (2006.01)

H02K 16/02 (2006.01)

H02K 21/02 (2006.01)

B60K 6/448 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09794278 .3**

96 Fecha de presentación: **12.06.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2298585**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.03.2011**

54 Título: **Grupo motor**

30 Prioridad:
09.07.2008 JP 2008178760

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
20.07.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
20.07.2012

73 Titular/es:
Honda Motor Co., Ltd.
1-1, Minami-Aoyama 2-chome Minato-ku
Tokyo 107-8556, JP

72 Inventor/es:
AKUTSU, Shigemitsu;
OYA, Satoyoshi;
KASAOKA, Kota y
ABE, Noriyuki

74 Agente/Representante:
Ungría López, Javier

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).

ES 2 385 294 T3

DESCRIPCIÓN

Grupo motor

5 **[Campo técnico]**

La presente invención se refiere a un grupo motor para mover partes movidas.

10 **[Antecedentes de la invención]**

JP 8 111963 A describe un motor del tipo de salida de dos ejes según el preámbulo de la reivindicación 1 o 8 que tiene una estructura sólida y duradera formando un campo magnético rotativo fijo en la superficie periférica interior de un bastidor y que constituye el motor de rotores primero y segundo que no tienen circuito eléctrico. Un inducido está colocado en la superficie periférica interior de un bastidor de modo que se pueda formar un campo magnético rotativo en el interior del inducido por medio de un devanado fijo. Un segundo rotor tiene una pluralidad de polos magnéticos de inducción que se hacen de un material magnético blando y se soportan rotativamente en la superficie periférica interna del inducido. El SR sujeta rotativamente los polos magnéticos compuestos del material magnético blando en el campo magnético rotativo formado por el inducido y envía los movimientos de giro de los polos a una segunda sección de reducción de velocidad a través de un segundo eje de rotor. Un primer rotor tiene una pluralidad de polos magnéticos permanentes compuestos por imanes permanentes soportados rotativamente más hacia dentro de la superficie periférica interior de los polos del segundo rotor. En otros términos, el primer rotor gira en el campo magnético formado inductivamente en los polos magnéticos conjuntamente con un primer eje de rotor que soporta rotativamente el primer rotor y envía los movimientos de giro a un primer reductor de velocidad.

25 Convencionalmente, como el grupo motor de este tipo, se conoce el descrito en la literatura de patentes 1. Este grupo motor tiene la finalidad de mover ruedas de accionamiento izquierda y derecha de un vehículo, y está equipado con un motor de combustión interna como una fuente de potencia motriz, y una transmisión conectada al motor y las ruedas motrices. La transmisión incluye unidades primera y segunda de engranajes planetarios de un tipo general de piñón único, y máquinas rotativas primera y segunda teniendo cada una un rotor y un estator.

30 Como se representa en la figura 71, la primera unidad de engranaje planetario tiene un primer engranaje anular, un primer soporte y un primer engranaje solar conectados mecánicamente al motor, un segundo soporte de la segunda unidad de engranaje planetario, y la primera máquina rotativa, respectivamente. La segunda unidad de engranaje planetario tiene un segundo engranaje solar, un segundo soporte y un segundo engranaje anular conectados mecánicamente a la segunda máquina rotativa, las ruedas motrices, y la primera máquina rotativa, respectivamente. Además, las máquinas rotativas primera y segunda están conectadas eléctricamente una a otra mediante un controlador. Se deberá indicar que, en la figura 71, las conexiones mecánicas entre elementos se indican con líneas continuas, y las conexiones eléctricas entre ellos se indican con líneas de punto y trazo. Además, los flujos de potencia motriz y potencia eléctrica se indican con líneas gruesas con flechas.

40 En el grupo motor convencional configurado como antes, durante la marcha del vehículo, la potencia motriz del motor es transmitida a las ruedas motrices, por ejemplo de la siguiente manera: como se representa en la figura 71, la potencia motriz del motor es transmitida al primer engranaje anular, y luego se combina con la potencia motriz transmitida al primer engranaje solar, como se describe a continuación. Esta potencia motriz combinada es transmitida al segundo soporte mediante el primer soporte. Además, en este caso, la potencia eléctrica es generada por la segunda máquina rotativa, y la potencia eléctrica generada es suministrada a la primera máquina rotativa mediante el controlador. Según la generación de potencia eléctrica, parte de la potencia motriz combinada transmitida al segundo soporte es distribuida al segundo engranaje solar y el segundo engranaje anular, y el resto de la potencia motriz combinada es transmitida a las ruedas motrices. La potencia motriz distribuida al segundo engranaje solar es transmitida a la segunda máquina rotativa, y la potencia motriz distribuida al segundo engranaje anular es transmitida al primer engranaje solar mediante la primera máquina rotativa. Además, la potencia motriz de la primera máquina rotativa, generada junto con dicho suministro de la potencia eléctrica, es transmitida al primer engranaje solar.

55 En este grupo motor convencional, no solamente las máquinas rotativas primera y segunda, sino también al menos dos unidades de engranaje planetario para distribuir y combinar la potencia motriz son indispensables para su construcción, y esto aumenta el tamaño del grupo motor en la medida correspondiente. Además, como se ha descrito anteriormente, en el grupo motor convencional, la potencia motriz se recircula mediante un recorrido formado por el primer soporte → el segundo soporte → el segundo engranaje anular → la primera máquina rotativa → el primer engranaje solar → el primer soporte, y un recorrido formado por el primer soporte → el segundo soporte → el segundo engranaje solar → la segunda máquina rotativa → las primeras máquinas rotativas → el primer engranaje solar → el primer soporte. Esta recirculación de la potencia motriz hace que la potencia motriz combinada muy grande del primer engranaje anular y el primer engranaje solar pase a través del primer soporte y que luego pase a través del segundo soporte tal cual, de modo que para resistir la gran potencia motriz combinada anterior, es inevitable aumentar el tamaño de las unidades primera y segunda de engranajes planetarios, lo que da lugar a un mayor tamaño y costos del grupo motor. Además, según los incrementos del tamaño del grupo motor anterior y la

potencia motriz que pasa a través del grupo motor, también se incrementan las pérdidas generadas en el grupo motor disminuyendo la eficiencia de accionamiento del grupo motor.

La presente invención se ha llevado a cabo para proporcionar una solución a los problemas antes descritos, y su objeto es proporcionar un grupo motor que sea capaz de lograr una reducción del tamaño y los costos del grupo motor y mejorar su eficiencia de accionamiento.

[Lista de documentos citados]

[Literatura de patentes]

[LTP 1] Patente de Estados Unidos número 6478705

[Resumen de la invención]

[Solución del problema]

Para lograr el objeto, la invención según la reivindicación 1 proporciona un grupo motor 1, 1A a 1E para mover partes movidas (ruedas de accionamiento DW y DW en la realización (lo mismo se aplica a continuación en esta sección)), incluyendo un motor térmico (motor 3) que tiene una porción de salida (cigüeñal 3a) para enviar potencia motriz, una primera máquina rotativa 21, y una segunda máquina rotativa 31, incluyendo la primera máquina rotativa 21 un primer rotor (rotor A1 24) que tiene una primera fila de polos magnéticos que está formada por una pluralidad predeterminada de primeros polos magnéticos (imanes permanentes 24a) dispuestos en una primera dirección circunferencial, y tiene cada dos primeros polos magnéticos adyacentes dispuestos de manera que tengan polaridades diferentes uno de otro, siendo rotativo el primer rotor en la primera dirección circunferencial, un primer estator inmóvil (estator 23) que tiene una primera fila de inducidos que está formada por una pluralidad de primeros inducidos (núcleos de hierro 23a, bobinas de fase U a fase W 23c a 23e) dispuestas en la primera dirección circunferencial, y está dispuesto de manera opuesta a la primera fila de polos magnéticos, para generar un primer campo magnético rotativo que gira en la primera dirección circunferencial entre la primera fila de inducidos y la primera fila de polos magnéticos, por una pluralidad predeterminada de primeros polos magnéticos de inducido generados en la pluralidad de primeros inducidos, y un segundo rotor (rotor A2 25) que tiene una primera fila de elementos de material magnético blando que está formada por una pluralidad predeterminada de primeros elementos de material magnético blando (núcleos 25a) dispuestos en la primera dirección circunferencial espaciados uno de otro, y está dispuesto entre la primera fila de polos magnéticos y la primera fila de inducidos, siendo rotativo el segundo rotor en la primera dirección circunferencial, donde una relación entre el número de los primeros polos magnéticos de inducido, el número de los primeros polos magnéticos, y el número de los primeros elementos de material magnético blando se pone a $1:m:(1+m)/2$ ($m \neq 1,0$), incluyendo la segunda máquina rotativa 31 un tercer rotor (rotor B1 34) que tiene una segunda fila de polos magnéticos que está formada por una pluralidad predeterminada de segundos polos magnéticos (imanes permanentes 34a) dispuestos en una segunda dirección circunferencial, y tiene cada dos segundos polos magnéticos adyacentes dispuestos de manera que tengan polaridades diferentes uno de otro, siendo rotativo el tercer rotor en la segunda dirección circunferencial, un segundo estator inmóvil (estator 33) que tiene una segunda fila de inducidos que está formada por una pluralidad de segundos inducidos (núcleos de hierro 33a, bobinas de fase U a fase W 33b) dispuestas en la segunda dirección circunferencial, y está dispuesto de manera opuesta a la segunda fila de polos magnéticos, para generar un segundo campo magnético rotativo que gira en la segunda dirección circunferencial entre la segunda fila de inducidos y la segunda fila de polos magnéticos, por una pluralidad predeterminada de segundos polos magnéticos de inducido generados en la pluralidad de segundos inducidos, y un cuarto rotor (rotor B2 35) que tiene una fila de segundos elementos de material magnético blando que está formada por una pluralidad predeterminada de segundos elementos de material magnético blando (núcleos 35a) dispuestos en la segunda dirección circunferencial espaciados uno de otro, y está dispuesto entre la segunda fila de polos magnéticos y la segunda fila de inducidos, siendo rotativo el cuarto rotor en la segunda dirección circunferencial, donde una relación entre el número de los segundos polos magnéticos de inducido, el número de los segundos polos magnéticos, y el número de los segundos elementos de material magnético blando se pone a $1:n:(1+n)/2$ ($n \neq 1,0$), incluyendo además el grupo motor un primer controlador (primera PDU 41, UEC 2) conectado eléctricamente al primer estator, para controlar la potencia eléctrica generada por el primer estator y la potencia eléctrica suministrada al primer estator, y un segundo controlador (segunda PDU 42, UEC 2) conectado eléctricamente al segundo estator, para controlar la potencia eléctrica generada por el segundo estator y la potencia eléctrica suministrada al segundo estator, donde los estatores primero y segundo están conectados eléctricamente uno a otro mediante los controladores primero y segundo, estando conectados mecánicamente los rotores primero y cuarto a las partes movidas, y estando conectados mecánicamente los rotores segundo y tercero a la porción de salida del motor térmico.

Según la primera máquina rotativa del grupo motor, la primera fila de polos magnéticos del primer rotor rotativo en la primera dirección circunferencial, y la primera fila de inducidos del primer estator inmóvil están una enfrente de otra, y la primera fila de elementos de material magnético blando del segundo rotor rotativo en la primera dirección circunferencial está dispuesta entre la primera fila de polos magnéticos y la primera fila de inducidos. Además, los primeros polos magnéticos que forman la primera fila de polos magnéticos, los primeros inducidos que forman la

primera fila de inducidos, y los primeros elementos de material magnético blando que forman la primera fila de elementos de material magnético blando están dispuestos en la primera dirección circunferencial. Además, la primera fila de inducidos del primer estator es capaz de generar un primer campo magnético rotativo que gira en la primera dirección circunferencial entre la primera fila de inducidos y la primera fila de polos magnéticos, por la pluralidad predeterminada de primeros polos magnéticos de inducido que son generados en los primeros inducidos. Además, cada dos primeros polos magnéticos adyacentes tienen diferentes polaridades uno de otro, y se ha dispuesto un intervalo entre cada dos primeros elementos de material magnético blando adyacentes. Como se ha descrito anteriormente, entre la primera fila de polos magnéticos y la primera fila de inducidos, el primer campo magnético rotativo es generado por la pluralidad de primeros polos magnéticos de inducido, y además la primera fila de elementos de material magnético blando está dispuesta de modo que los primeros elementos de material magnético blando sean magnetizados por los primeros polos magnéticos de inducido y los primeros polos magnéticos. Con esto y el hecho de que el intervalo está dispuesto entre cada dos primeros elementos de material magnético blando adyacentes, se generan líneas de fuerza magnética de una manera que conecta los primeros polos magnéticos, los primeros elementos de material magnético blando, y los primeros polos magnéticos de inducido. Por lo tanto, cuando el primer campo magnético rotativo es generado por el suministro de potencia eléctrica a los primeros inducidos, la acción de magnetismo de las líneas de fuerza magnética convierte la potencia eléctrica suministrada a los primeros inducidos en potencia motriz, y la potencia motriz es enviada desde el primer rotor o el segundo rotor.

Ahora, un par equivalente a la potencia eléctrica suministrada a los primeros inducidos y la velocidad angular eléctrica ω_{mf} del primer campo magnético rotativo se denomina "primer par de accionamiento equivalente Te1". A continuación, se describirá una relación entre el primer par de accionamiento equivalente Te1, los pares transmitidos a los rotores primero y segundo (denominados a continuación el "primer par de rotor transmitido T1", y el "segundo par de rotor transmitido T2", respectivamente), y una relación entre el primer campo magnético rotativo, y las velocidades angulares eléctricas de los rotores primero y segundo.

Cuando la primera máquina rotativa según la presente invención está configurada en las condiciones siguientes (A) y (B), un circuito equivalente correspondiente a la primera máquina rotativa se expresa como se representa en la figura 72.

(A) Los primeros inducidos tienen bobinas trifásicas de fase U, fase V y fase W.

(B) El número de los primeros polos magnéticos de inducido es 2, y el número de los primeros polos magnéticos es 4, es decir, un número de pares de polos de los primeros polos magnéticos de inducido, estando formado cada par por un polo N y un polo S de primeros polos magnéticos de inducido, tiene un valor de 1, un número de pares de polos de los primeros polos magnéticos, estando formado cada par por un polo N y un polo S de primeros polos magnéticos, tiene un valor de 2, y los primeros elementos de material magnético blando están formados por tres elementos magnéticos de material blando formados por un primer núcleo, un segundo núcleo y un tercer núcleo, respectivamente.

Se deberá indicar que, como se ha descrito anteriormente, en toda la descripción, el término "par de polos" pretende significar un par de un polo N y un polo S.

En este caso, un flujo magnético ψ_{mk1} de un primer polo magnético que pasa a través del primer núcleo de los primeros elementos de material magnético blando se expresa por la ecuación siguiente (1):

$$\Psi_{k1} = \psi f \cdot \cos [2(\theta_2 - \theta_1)] \quad \dots \quad (1)$$

donde ψf representa el valor máximo del flujo magnético del primer polo magnético, y θ_1 y θ_2 representan una posición de ángulo rotacional del primer polo magnético y una posición de ángulo rotacional del primer núcleo, con respecto a la bobina de fase U, respectivamente. Además, en este caso, dado que la relación del número de pares de polos de los primeros polos magnéticos al número de pares de polos de los primeros polos magnéticos de inducido es 2,0, el flujo magnético del primer polo magnético gira (cambia) en un período de repetición el doble del período de repetición del primer campo magnético rotativo, de modo que, en dicha ecuación (1), para indicar este hecho, $(\theta_2 - \theta_1)$ se multiplica por 2,0.

Por lo tanto, un flujo magnético Ψ_{u1} del primer polo magnético que pasa a través de la bobina de fase U mediante el primer núcleo se expresa por la ecuación siguiente (2) obtenida multiplicando la ecuación (1) por $\cos \theta_2$.

$$\Psi_{u1} = \psi f \cdot \cos [2(\theta_2 - \theta_1)] \cos \theta_2 \quad \dots \quad (2)$$

Igualmente, un flujo magnético Ψ_{k2} del primer polo magnético que pasa a través del segundo núcleo de los primeros elementos de material magnético blando se expresa por la ecuación siguiente (3):

$$\Psi_{k2} = \psi f \cdot \cos \left[2 \left(\theta_2 + \frac{2\pi}{3} - \theta_1 \right) \right] \quad \dots\dots (3)$$

La posición de ángulo rotacional del segundo núcleo con respecto al primer inducido va delante de la del primer núcleo por $2\pi/3$, de modo que, en dicha ecuación (3), para indicar este hecho, se añade $2\pi/3$ a θ_2 .

- 5 Por lo tanto, un flujo magnético Ψ_{u2} del primer polo magnético que pasa a través de la bobina de fase U mediante el segundo núcleo se expresa por la ecuación siguiente (4) obtenida multiplicando la ecuación (3) por $\cos(\theta_2 + 2\pi/3)$.

$$\Psi_{u2} = \psi f \cdot \cos \left[2 \left(\theta_2 + \frac{2\pi}{3} - \theta_1 \right) \right] \cos \left(\theta_2 + \frac{2\pi}{3} \right) \quad \dots\dots (4)$$

- 10 Igualmente, un flujo magnético Ψ_{u3} del primer polo magnético que pasa a través de la bobina de fase U mediante el tercer núcleo de los primeros elementos de material magnético blando se expresa por la ecuación siguiente (5):

$$\Psi_{u3} = \psi f \cdot \cos \left[2 \left(\theta_2 + \frac{4\pi}{3} - \theta_1 \right) \right] \cos \left(\theta_2 + \frac{4\pi}{3} \right) \quad \dots\dots (5)$$

- 15 En la primera máquina rotativa como se representa en la figura 72, un flujo magnético Ψ_u del primer polo magnético que pasa a través de la bobina de fase U mediante los primeros elementos de material magnético blando se obtiene añadiendo los flujos magnéticos Ψ_{u1} a Ψ_{u3} expresados por las ecuaciones (2), (4) y (5) antes descritas, y por lo tanto el flujo magnético Ψ_u se expresa por la ecuación siguiente (6):

$$\begin{aligned} \Psi_u = & \psi f \cdot \cos [2(\theta_2 - \theta_1)] \cos \theta_2 + \psi f \cdot \cos \left[2 \left(\theta_2 + \frac{2\pi}{3} - \theta_1 \right) \right] \cos \left(\theta_2 + \frac{2\pi}{3} \right) \\ & + \psi f \cdot \cos \left[2 \left(\theta_2 + \frac{4\pi}{3} - \theta_1 \right) \right] \cos \left(\theta_2 + \frac{4\pi}{3} \right) \quad \dots\dots (6) \end{aligned}$$

- 20 Además, cuando se generaliza esta ecuación (6), el flujo magnético Ψ_u del primer polo magnético que pasa a través de la bobina de fase U mediante los primeros elementos de material magnético blando se expresa por la ecuación siguiente (7):

$$\Psi_u = \sum_{i=1}^b \psi f \cdot \cos \left\{ a \left[\theta_2 + (i-1) \frac{2\pi}{b} - \theta_1 \right] \right\} \cos \left\{ c \left[\theta_2 + (i-1) \frac{2\pi}{b} \right] \right\} \quad \dots\dots (7)$$

- 25 donde a, b y c representan el número de pares de polos de primeros polos magnéticos, el número de primeros elementos de material magnético blando, y el número de pares de polos de primeros polos magnéticos de inducido. Además, cuando la ecuación anterior (7) se cambia en base a la fórmula de la suma y el producto de la función trigonométrica, se obtiene la ecuación (8) siguiente:

$$\begin{aligned} \Psi_u = & \sum_{i=1}^b \frac{1}{2} \cdot \psi f \left\{ \cos \left[(a+c) \theta_2 - a \cdot \theta_1 + (a+c) (i-1) \frac{2\pi}{b} \right] \right. \\ & \left. + \cos \left[(a-c) \theta_2 - a \cdot \theta_1 + (a-c) (i-1) \frac{2\pi}{b} \right] \right\} \quad \dots\dots (8) \end{aligned}$$

- 30 Cuando se pone $b = a+c$ en esta ecuación (8), y se lleva a cabo la redistribución en base a $\cos(\theta + 2\pi) = \cos \theta$, se obtiene la ecuación siguiente (9):

$$\Psi_u = \frac{b}{2} \cdot \psi f \cdot \cos[(a+c)\theta_2 - a \cdot \theta_1] + \sum_{i=1}^b \frac{1}{2} \cdot \psi f \left\{ \cos[(a-c)\theta_2 - a \cdot \theta_1 + (a-c)(i-1)\frac{2\pi}{b}] \right\} \dots\dots (9)$$

Cuando esta ecuación (9) se reordena en base al teorema de adición de la función trigonométrica, se obtiene la ecuación siguiente (10):

$$\Psi_u = \frac{b}{2} \cdot \psi f \cdot \cos[(a+c)\theta_2 - a \cdot \theta_1] + \frac{1}{2} \cdot \psi f \cdot \cos[(a-c)\theta_2 - a \cdot \theta_1] \sum_{i=1}^b \cos[(a-c)(i-1)\frac{2\pi}{b}] - \frac{1}{2} \cdot \psi f \cdot \sin[(a-c)\theta_2 - a \cdot \theta_1] \sum_{i=1}^b \sin[(a-c)(i-1)\frac{2\pi}{b}] \dots\dots (10)$$

- 5 El segundo término en el lado derecho de la ecuación (10), cuando se reordena en base a la suma total de la serie y la fórmula de Euler a condición de que $a-c \neq 0$, es igual a 0, como es evidente por la ecuación siguiente (11):

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^b \cos[(a-c)(i-1)\frac{2\pi}{b}] &= \sum_{i=0}^{b-1} \frac{1}{2} \left\{ e^{j[(a-c)\frac{2\pi}{b}i]} + e^{-j[(a-c)\frac{2\pi}{b}i]} \right\} \\ &= \frac{1}{2} \left\{ \frac{e^{j[(a-c)\frac{2\pi}{b}b]} - 1}{e^{j[(a-c)\frac{2\pi}{b}]} - 1} + \frac{e^{-j[(a-c)\frac{2\pi}{b}b]} - 1}{e^{-j[(a-c)\frac{2\pi}{b}]} - 1} \right\} \\ &= \frac{1}{2} \left\{ \frac{e^{j[(a-c)2\pi]} - 1}{e^{j[(a-c)\frac{2\pi}{b}]} - 1} + \frac{e^{-j[(a-c)2\pi]} - 1}{e^{-j[(a-c)\frac{2\pi}{b}]} - 1} \right\} \\ &= \frac{1}{2} \left\{ \frac{0}{e^{j[(a-c)\frac{2\pi}{b}]} - 1} + \frac{0}{e^{-j[(a-c)\frac{2\pi}{b}]} - 1} \right\} \\ &= 0 \dots\dots (11) \end{aligned}$$

- 10 Además, el tercer término en el lado derecho de la ecuación (10) antes descrita, cuando se reordena en base a la suma total de la serie y la fórmula de Euler a condición que $a-c \neq 0$, también es igual a 0, como es evidente por la ecuación siguiente (12):

$$\begin{aligned}
\sum_{i=1}^b \sin \left[(a-c) (i-1) \frac{2\pi}{b} \right] &= \sum_{i=0}^{b-1} \frac{1}{2} \left\{ e^{j \left[(a-c) \frac{2\pi}{b} i \right]} - e^{-j \left[(a-c) \frac{2\pi}{b} i \right]} \right\} \\
&= \frac{1}{2} \left\{ \frac{e^{j \left[(a-c) \frac{2\pi}{b} b \right]} - 1}{e^{j \left[(a-c) \frac{2\pi}{b} \right]} - 1} - \frac{e^{-j \left[(a-c) \frac{2\pi}{b} b \right]} - 1}{e^{-j \left[(a-c) \frac{2\pi}{b} \right]} - 1} \right\} \\
&= \frac{1}{2} \left\{ \frac{e^{j \left[(a-c) 2\pi \right]} - 1}{e^{j \left[(a-c) \frac{2\pi}{b} \right]} - 1} - \frac{e^{-j \left[(a-c) 2\pi \right]} - 1}{e^{-j \left[(a-c) \frac{2\pi}{b} \right]} - 1} \right\} \\
&= \frac{1}{2} \left\{ \frac{0}{e^{j \left[(a-c) \frac{2\pi}{b} \right]} - 1} - \frac{0}{e^{-j \left[(a-c) \frac{2\pi}{b} \right]} - 1} \right\} \\
&= 0 \quad \dots\dots (12)
\end{aligned}$$

Por lo anterior, cuando es válido $a-c \neq 0$, el flujo magnético Ψ_u del primer polo magnético que pasa a través de la bobina de fase U mediante los primeros elementos de material magnético blando se expresa por la ecuación siguiente (13):

$$\Psi_u = \frac{b}{2} \cdot \psi f \cdot \cos \left[(a+c) \theta_2 - a \cdot \theta_1 \right] \quad \dots\dots (13)$$

Además, en esta ecuación (13), si $a/c = \alpha$, se obtiene la ecuación siguiente (14):

$$\Psi_u = \frac{b}{2} \cdot \psi f \cdot \cos \left[(\alpha+1) c \cdot \theta_2 - \alpha \cdot c \cdot \theta_1 \right] \quad \dots\dots (14)$$

Además, en esta ecuación (14), si $c \cdot \theta_2 = \theta_{e2}$ y $c \cdot \theta_1 = \theta_{e1}$, se obtiene la ecuación siguiente (15):

$$\Psi_u = \frac{b}{2} \cdot \psi f \cdot \cos \left[(\alpha+1) \theta_{e2} - \alpha \cdot \theta_{e1} \right] \quad \dots\dots (15)$$

En esta ecuación, como es claro por el hecho de que θ_{e2} se obtiene multiplicando la posición de ángulo rotacional θ_2 del primer núcleo con respecto a la bobina de fase U por el número de pares de polos c de los primeros polos magnéticos de inducido, θ_{e2} representa la posición angular eléctrica del primer núcleo con respecto a la bobina de fase U. Además, como es claro por el hecho de que θ_{e1} se obtiene multiplicando la posición de ángulo rotacional θ_1 del primer polo magnético con respecto a la bobina de fase U por el número de pares de polos c de los primeros polos magnéticos de inducido, θ_{e1} representa la posición angular eléctrica del primer polo magnético con respecto a la bobina de fase U.

Igualmente, dado que la posición angular eléctrica de la bobina de fase V va delante de la de la bobina de fase U el ángulo eléctrico $2\pi/3$, el flujo magnético Ψ_v del primer polo magnético que pasa a través de la bobina de fase V mediante los primeros elementos de material magnético blando se expresa por la ecuación siguiente (16). Además, dado que la posición angular eléctrica de la bobina de fase W se retarda con respecto a la de la bobina de fase U el ángulo eléctrico $2\pi/3$, el flujo magnético Ψ_w del primer polo magnético que pasa a través de la bobina de fase W

mediante los primeros elementos de material magnético blando se expresa por la ecuación siguiente (17):

$$\Psi_v = \frac{b}{2} \cdot \psi f \cdot \cos \left[(\alpha + 1) \theta_{e2} - \alpha \cdot \theta_{e1} - \frac{2\pi}{3} \right] \quad \dots\dots (16)$$

$$\Psi_w = \frac{b}{2} \cdot \psi f \cdot \cos \left[(\alpha + 1) \theta_{e2} - \alpha \cdot \theta_{e1} + \frac{2\pi}{3} \right] \quad \dots\dots (17)$$

Además, cuando los flujos magnéticos Ψ_u a Ψ_w expresados por dichas ecuaciones (15) a (17), respectivamente, se diferencian con respecto al tiempo, se obtienen las ecuaciones siguientes (18) a (20):

$$\frac{d\Psi_u}{dt} = -\frac{b}{2} \cdot \psi f \{ [(\alpha + 1) \omega_{e2} - \alpha \cdot \omega_{e1}] \sin [(\alpha + 1) \theta_{e2} - \alpha \cdot \theta_{e1}] \} \quad \dots\dots (18)$$

$$\frac{d\Psi_v}{dt} = -\frac{b}{2} \cdot \psi f \{ [(\alpha + 1) \omega_{e2} - \alpha \cdot \omega_{e1}] \sin \left[(\alpha + 1) \theta_{e2} - \alpha \cdot \theta_{e1} - \frac{2\pi}{3} \right] \} \quad \dots\dots (19)$$

$$\frac{d\Psi_w}{dt} = -\frac{b}{2} \cdot \psi f \{ [(\alpha + 1) \omega_{e2} - \alpha \cdot \omega_{e1}] \sin \left[(\alpha + 1) \theta_{e2} - \alpha \cdot \theta_{e1} + \frac{2\pi}{3} \right] \} \quad \dots\dots (20)$$

donde Ψ_{e1} representa un valor obtenido diferenciando θ_{e1} con respecto al tiempo, es decir, un valor obtenido convirtiendo una velocidad angular del primer rotor con respecto al primer estator a una velocidad angular eléctrica (denominada a continuación la “velocidad angular eléctrica del primer rotor”). Además, ω_{e2} representa un valor obtenido diferenciando θ_{e2} con respecto a tiempo, es decir, un valor obtenido convirtiendo una velocidad angular del segundo rotor con respecto al primer estator a una velocidad angular eléctrica (denominada a continuación la “velocidad angular eléctrica del segundo rotor”).

Además, los flujos magnéticos de los primeros polos magnéticos que pasan directamente a través de las bobinas de fase U a fase W sin hacerlo mediante los primeros elementos de material magnético blando son muy pequeños, y por lo tanto su avance lento es despreciable. Por lo tanto, $d\Psi_u/dt$ a $d\Psi_w/dt$ (ecuaciones (18) a (20)), que son valores obtenidos diferenciando con respecto al tiempo los flujos magnéticos Ψ_u a Ψ_w de los primeros polos magnéticos, que pasan a través de las bobinas de fase U a fase W mediante los primeros elementos de material magnético blando, respectivamente, representan voltajes de fuerza contraelectromotriz (voltajes electromotores inducidos), que son generados en las bobinas de fase U a fase W cuando los primeros polos magnéticos y los primeros elementos de material magnético blando giran con respecto a la primera fila de inducidos.

Por lo anterior, las corrientes eléctricas i_u , i_v y i_w , que fluyen a través de las bobinas de fase U, fase V y fase W, respectivamente, se expresan por las ecuaciones siguientes (21), (22) y (23):

$$I_u = I \cdot \sin[(\alpha+1)\theta_{e2} - \alpha \cdot \theta_{e1}] \quad \dots\dots (21)$$

$$I_v = I \cdot \sin[(\alpha+1)\theta_{e2} - \alpha \cdot \theta_{e1} - \frac{2\pi}{3}] \quad \dots\dots (22)$$

$$I_w = I \cdot \sin[(\alpha+1)\theta_{e2} - \alpha \cdot \theta_{e1} + \frac{2\pi}{3}] \quad \dots\dots (23)$$

donde I representa la amplitud (valor máximo) de las corrientes eléctricas I_u a I_w que fluyen a través de las bobinas de fase U a fase W, respectivamente.

5 Además, a partir de las ecuaciones anteriores (21) a (23), la posición angular eléctrica θ_{mf} del vector del primer campo magnético rotativo con respecto a la bobina de fase U se expresa por la ecuación siguiente (24), y la velocidad angular eléctrica ω_{mf} del primer campo magnético rotativo con respecto a la bobina de fase U (denominada a continuación la “velocidad angular eléctrica de campo magnético”) se expresa por la ecuación siguiente (25):

$$\theta_{mf} = (\alpha+1)\theta_{e2} - \alpha \cdot \theta_{e1} \quad \dots\dots (24)$$

$$\omega_{mf} = (\alpha+1)\omega_{e2} - \alpha \cdot \omega_{e1} \quad \dots\dots (25)$$

15 Además, la salida mecánica (potencia motriz) W, que es enviada a los rotores primero y segundo por el flujo de las respectivas corrientes eléctricas I_u a I_w a través de las bobinas de fase U a fase W, se representa, a condición de que se excluya una porción asociada con reluctancia, por la ecuación siguiente (26):

$$W = \frac{d\Psi_u}{dt} \cdot I_u + \frac{d\Psi_v}{dt} \cdot I_v + \frac{d\Psi_w}{dt} \cdot I_w \quad \dots\dots (26)$$

20 Cuando las ecuaciones anteriores (18) a (23) son sustituidas en esta ecuación (26) para reordenación, se obtiene la ecuación siguiente (27):

$$W = -\frac{3 \cdot b}{4} \cdot \psi_f \cdot I [(\alpha+1)\omega_{e2} - \alpha \cdot \omega_{e1}] \quad \dots\dots (27)$$

25 Además, la relación entre esta salida mecánica W, dichos pares de transmisión de rotor primero y segundo T1 y T2, y las velocidades angulares eléctricas de los rotores primero y segundo ω_{e1} y ω_{e2} se expresa por la ecuación siguiente (28):

$$W = T1 \cdot \omega_{e1} + T2 \cdot \omega_{e2} \quad \dots\dots (28)$$

Como es claro por las ecuaciones anteriores (27) y (28), los pares de transmisión de rotor primero y segundo T1 y T2 se expresan por las ecuaciones siguientes (29) y (30), respectivamente:

$$T1 = \alpha \cdot \frac{3 \cdot b}{4} \cdot \psi f \cdot I \quad \dots\dots (29)$$

$$T2 = -(\alpha + 1) \cdot \frac{3 \cdot b}{4} \cdot \psi f \cdot I \quad \dots\dots (30)$$

Además, debido al hecho de que la potencia eléctrica suministrada a la primera fila de inducidos y la salida mecánica W son iguales entre sí (a condición de que las pérdidas sean ignoradas), y a partir de dichas ecuaciones (25) y (27), el primer par de accionamiento equivalente Te1 antes descrito se expresa por la ecuación siguiente (31):

$$Te1 = \frac{3 \cdot b}{4} \cdot \psi f \cdot I \quad \dots\dots (31)$$

Además, usando las ecuaciones anteriores (29) a (31), se obtiene la ecuación siguiente (32):

$$Te1 = \frac{T1}{\alpha} = \frac{-T2}{(\alpha + 1)} \quad \dots\dots (32)$$

La relación entre los pares, expresada por la ecuación (32), y la relación entre las velocidades angulares eléctricas, expresada por la ecuación (25), son las mismas que la relación entre los pares y la relación entre las velocidades rotacionales del engranaje solar, el engranaje anular y el soporte de una unidad de engranaje planetario.

Además, como se ha descrito anteriormente, a condición de que $b = a + c$ y $a - c \neq 0$, la relación entre las velocidades angulares eléctricas, expresada por la ecuación (25), y la relación entre los pares, expresada por la ecuación (32), son válidas. La condición anterior $b = a + c$ se expresa por $b = (p + q)/2$, es decir $b/q = (1 + p/q)/2$, suponiendo que el número de los primeros polos magnéticos sea p y el de los primeros polos magnéticos de inducido sea q. Aquí, como es claro por el hecho de que si se obtiene $p/q = m$, $b/q = (1 + m)/2$, el cumplimiento de la condición anterior de $b = a + c$ representa que la relación entre el número de los primeros polos magnéticos de inducido, el número de los primeros polos magnéticos, y el número de los primeros elementos de material magnético blando es $1:m:(1+m)/2$. Además, el cumplimiento de la condición anterior de $a - c \neq 0$ representa que $m = 1,0$ es válido. Según la máquina rotativa de la presente invención, dado que la relación entre el número de los primeros polos magnéticos de inducido, el número de los primeros polos magnéticos, y el número de los primeros elementos de material magnético blando se pone a $1:m:(1+m)/2$ ($m \neq 1,0$), la relación de velocidad angular eléctrica expresada por la ecuación (25) y la relación de par expresada por la ecuación (32) son válidos. A partir de esto, se entiende que la primera máquina rotativa opera adecuadamente.

Además, como es evidente por las ecuaciones (25) y (32), estableciendo $\alpha = a/c$, es decir la relación del número de pares de polos de los primeros polos magnéticos al número de pares de polos de los primeros polos magnéticos de inducido (denominada a continuación la "primera relación de número par de polos"), es posible establecer libremente la relación entre la velocidad angular eléctrica de campo magnético ω_{mf} y las velocidades angulares eléctricas de los rotores primero y segundo ω_{e1} y ω_{e2} , y la relación entre el primer par de accionamiento equivalente Te1, y los pares de transmisión de rotor primero y segundo T1 y T2, y por lo tanto es posible mejorar el grado de libertad de diseño de la primera máquina rotativa. También se pueden obtener los mismos efectos ventajosos cuando el número de fases de las bobinas de la pluralidad de primeros inducidos es distinto de dicho valor de 3.

Como se ha descrito anteriormente, en la primera máquina rotativa, cuando el primer campo magnético rotativo es generado suministrando potencia eléctrica a los primeros inducidos, es decir el primer estator, se generan líneas de fuerza magnética de una manera que conecta entre dichos primeros polos magnéticos, los primeros elementos de material magnético blando, y los primeros polos magnéticos de inducido, y la acción del magnetismo de las líneas de fuerza magnética convierte la potencia eléctrica suministrada al primer estator en potencia motriz. La potencia motriz es enviada desde el primer rotor o el segundo rotor, y se mantienen dicha velocidad angular eléctrica y el par. Por lo tanto, introduciendo potencia motriz a al menos uno de los rotores primero y segundo en un estado donde no se está suministrando potencia eléctrica al primer estator, para hacer por ello que la misma gire con respecto al primer estator, se genera potencia eléctrica en el primer estator, y se genera el primer campo magnético rotativo. También en este caso, se generan dichas líneas de fuerza magnética que conectan entre los primeros polos magnéticos, los primeros elementos de material magnético blando, y los primeros polos magnéticos de inducido, y la acción del magnetismo de las líneas de fuerza magnética hace que la relación de velocidad angular eléctrica representada en la ecuación (25) y la relación de par representada en la ecuación (32), mencionada anteriormente, sean válidas.

Es decir, suponiendo que el par equivalente a la potencia eléctrica generada y la velocidad angular eléctrica de campo magnético ω_{mf} se denomine el "primer par equivalente de generación de potencia eléctrica", una relación representada en la ecuación (32) también es válida entre el primer par equivalente de generación de potencia eléctrica y los pares de transmisión de rotor primero y segundo T1 y T2. Como es claro por lo anterior, la primera máquina rotativa según la presente invención tiene las mismas funciones que las de un aparato formado combinando una unidad de engranaje planetario y una máquina rotativa general del tipo de un rotor.

Además, como es claro por la construcción antes descrita, la segunda máquina rotativa está configurada de forma similar a la primera máquina rotativa, y por lo tanto tiene las mismas funciones que las de un aparato formado combinando una unidad de engranaje planetario y una máquina rotativa general del tipo de un rotor. Más específicamente, durante el suministro de potencia eléctrica al segundo estator y durante la generación de potencia eléctrica por el segundo estator, una relación representada en la ecuación (25) es válida entre la velocidad angular eléctrica del segundo campo magnético rotativo y las velocidades angulares eléctricas de los rotores tercero y cuarto. Además, suponiendo que el par equivalente a la potencia eléctrica suministrada al segundo estator y la velocidad angular eléctrica del segundo campo magnético rotativo se denomina el "segundo par equivalente de accionamiento", tal relación de par expresada por la ecuación (32) es válida entre el segundo par equivalente de accionamiento y los pares transmitidos a los rotores tercero y cuarto. Además, suponiendo que el par equivalente a la potencia eléctrica generada por el segundo estator y la velocidad angular eléctrica del segundo campo magnético rotativo se denomina el "segundo par equivalente de generación de potencia eléctrica", dicha relación de par expresada por la ecuación (32) es válida entre el segundo par equivalente de generación de potencia eléctrica y los pares transmitidos a los rotores tercero y cuarto.

Además, según la construcción antes descrita, como se representa en la figura 73, el segundo rotor de la primera máquina rotativa y el tercer rotor de la segunda máquina rotativa están conectados mecánicamente a la porción de salida del motor térmico, y el primer rotor de la primera máquina rotativa y el cuarto rotor de la segunda máquina rotativa están conectados mecánicamente a las partes movidas. Además, al primer estator de la primera máquina rotativa está conectado eléctricamente el primer controlador para controlar la potencia eléctrica generada por el primer estator y la potencia eléctrica suministrada al primer estator, y al segundo estator de la segunda máquina rotativa está conectado eléctricamente el segundo controlador para controlar la potencia eléctrica generada por el segundo estator y la potencia eléctrica suministrada al segundo estator. Los estatores primero y segundo están conectados eléctricamente uno a otro mediante los controladores primero y segundo. Se deberá indicar que, en la figura 73, las conexiones mecánicas entre los elementos se indican por líneas continuas, las conexiones eléctricas entremedio se indican por líneas de punto y trazo, y las conexiones magnéticas entre ellos se indican por líneas de trazos. Además, los flujos de potencia motriz y potencia eléctrica se indican por líneas gruesas con flechas.

Con la disposición descrita anteriormente, en el grupo motor, la potencia motriz del motor térmico es transmitida a las partes movidas por ejemplo de la siguiente manera: cuando la potencia motriz del motor térmico es transmitida a las partes movidas, el primer estator de la primera máquina rotativa genera potencia eléctrica usando parte de la potencia motriz del motor térmico bajo el control de los controladores primero y segundo, y la potencia eléctrica generada es suministrada al segundo estator de la segunda máquina rotativa. Durante la generación de potencia eléctrica por la primera máquina rotativa, como se representa en la figura 73, dado que parte de la potencia motriz del motor térmico es transmitida al segundo rotor conectado a la porción de salida del motor térmico, y también se transmite al primer estator como potencia eléctrica por el magnetismo antes descrito de las líneas de fuerza magnética, la parte de la potencia motriz del motor térmico también es transmitida al primer rotor por el magnetismo de las líneas de fuerza magnética. Es decir, la potencia motriz del motor térmico transmitida al segundo rotor es distribuida al primer estator y el primer rotor. Además, la potencia motriz distribuida al primer rotor es transmitida a las partes movidas, mientras que la potencia eléctrica distribuida al primer estator es suministrada al segundo estator.

Además, cuando la potencia eléctrica generada por el primer estator es suministrada al segundo estator como se ha descrito anteriormente, esta potencia eléctrica es convertida a potencia motriz, y luego es transmitida al cuarto rotor por el magnetismo de las líneas de fuerza magnética. De acuerdo con ello, el resto de la potencia motriz del motor térmico es transmitido al tercer rotor, y también se transmite al cuarto rotor por el magnetismo de las líneas de fuerza magnética. Además, la potencia motriz transmitida al cuarto rotor es transmitida a las partes movidas. Como resultado, se transmite a las partes movidas una potencia motriz de magnitud igual a la potencia motriz del motor térmico.

Como se ha descrito anteriormente, en el grupo motor según la presente invención, las máquinas rotativas primera y segunda tienen las mismas funciones que las de un aparato formado combinando una unidad de engranaje planetario y una máquina rotativa general del tipo de un rotor, de modo que, de forma diferente al grupo motor convencional antes descrito, es posible prescindir de la unidad de engranaje planetario para distribuir y combinar potencia motriz para transmisión, lo que hace posible reducir el tamaño del grupo motor en la medida correspondiente. Además, de forma diferente a dicho caso convencional, la potencia motriz del motor térmico es transmitida a las partes movidas sin ser recirculada, y por lo tanto es posible reducir la potencia motriz que pasa a través de las máquinas rotativas primera y segunda. Esto hace posible reducir los tamaños y los costos de las

máquinas rotativas primera y segunda, haciendo por ello posible lograr una reducción adicional del tamaño y los costos del grupo motor. Además, se usan las máquinas rotativas primera y segunda que tienen una capacidad de par correspondiente a la potencia motriz reducida, como se ha descrito anteriormente, por lo que es posible suprimir la pérdida de potencia motriz mejorando la eficiencia de accionamiento del grupo motor.

Además, la potencia motriz del motor térmico es transmitida a las partes movidas en un estado dividido mediante un total de tres recorridos, es decir, un primer recorrido de transmisión formado por el segundo rotor, el magnetismo de las líneas de fuerza magnética y el primer rotor, un segundo recorrido de transmisión formado por el segundo rotor, el magnetismo de las líneas de fuerza magnética, el primer estator, el primer controlador, el segundo controlador, el segundo estator, el magnetismo de las líneas de fuerza magnética y el cuarto rotor, y un tercer recorrido de transmisión formado por el tercer rotor, el magnetismo de las líneas de fuerza magnética y el cuarto rotor. Esto hace posible reducir la potencia eléctrica (energía) que pasa a través de los controladores primero y segundo mediante el segundo recorrido de transmisión, de modo que es posible reducir los tamaños y los costos de los controladores primero y segundo, haciendo por ello posible lograr una reducción adicional del tamaño y los costos del grupo motor. Además, aunque en el tercer recorrido de transmisión, la potencia motriz del motor térmico es convertida una vez a potencia eléctrica, y luego es convertida de nuevo a potencia motriz a transmitir a las partes movidas mediante un denominado recorrido eléctrico, mientras que en los recorridos primero y segundo, la potencia motriz es transmitida a las partes movidas sin ser convertida a potencia eléctrica, en modo sin contacto por el magnetismo de las líneas de fuerza magnética, mediante un denominado recorrido magnético, de modo que los recorridos de transmisión primero y segundo tienen una eficiencia de transmisión más alta que el tercer recorrido de transmisión.

Además, cuando se transmite potencia motriz a las partes movidas, como se ha descrito anteriormente, controlando las velocidades rotacionales de los campos magnéticos rotativos primero y segundo usando los controladores primero y segundo, respectivamente, es posible transmitir la potencia motriz del motor térmico a las partes movidas cambiando al mismo tiempo su velocidad. A continuación, se describirá este punto. En la primera máquina rotativa, como es claro por las funciones antes descritas, durante la distribución y combinación de la energía entre el primer estator y los rotores primero y segundo, el primer campo magnético rotativo y los rotores primero y segundo giran manteniendo al mismo tiempo una relación colineal con respecto a la velocidad rotacional, como se representa en la ecuación (25). Además, en la segunda máquina rotativa, como es claro por las funciones antes descritas, durante la distribución y combinación de la energía entre el segundo estator y los rotores tercero y cuarto, el segundo campo magnético rotativo y los rotores tercero y cuarto giran manteniendo al mismo tiempo la relación colineal con respecto a la velocidad rotacional, como se representa en la ecuación (25).

Además, en dicha relación de conexión, cuando ambos rotores segundo y tercero están conectados directamente a la porción de salida del motor térmico sin hacerlo mediante una transmisión, tal como un engranaje, las velocidades rotacionales de los rotores segundo y tercero son iguales a la velocidad rotacional de la porción de salida del motor térmico (denominada a continuación la "velocidad rotacional del motor térmico". Además, cuando ambos rotores primero y cuarto están conectados directamente a las partes movidas, las velocidades rotacionales de los rotores primero y cuarto son iguales a la velocidad de las partes movidas.

Se supone ahora que las velocidades rotacionales de los rotores primero a cuarto son las "velocidades rotacionales de rotor primero a cuarto VR1, VR2, VR3, y VR4", respectivamente, y las velocidades rotacionales de los campos magnéticos rotativos primero y segundo son las "velocidades rotacionales de campo magnético primero y segundo VMF1 y VMF2", respectivamente. Por la relación antes descrita entre las velocidades rotacionales de los elementos rotativos respectivos, la relación entre estas velocidades rotacionales VR1 a VR4, VMF1 y VMF2 se indica por ejemplo con líneas continuas gruesas en la figura 74.

Se deberá indicar que, en la figura 74, realmente, las líneas verticales que intersecan líneas horizontales indicativas de un valor de 0 tienen la finalidad de representar las velocidades rotacionales de los varios elementos rotativos, y la distancia entre cada círculo blanco representado en las líneas verticales y otro asociado de las líneas horizontales corresponde a la velocidad rotacional de cada elemento rotativo, el número de referencia indicativo de la velocidad rotacional de cada elemento rotativo se representa en un extremo de cada línea vertical por razones de conveniencia. Además, en la figura 74, la dirección de rotación normal y la dirección de rotación inversa se representan por "+" y "-". Además, en la figura 74, β representa la relación del número de pares de polos de los segundos polos magnéticos al número de pares de polos de los segundos polos magnéticos de inducido de la segunda máquina rotativa (denominado a continuación la "segunda relación de número de pares de polos β "). Esto también se aplica a otros nomogramas de velocidad, a los que se hace referencia a continuación.

Por lo tanto, como indican líneas de dos puntos y trazo en la figura 74, por ejemplo, incrementando la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 y disminuyendo la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 con respecto a las velocidades rotacionales de rotor segundo y tercero VR2 y VR3, es posible transmitir la potencia motriz del motor térmico a las partes movidas reduciendo al mismo tiempo de forma progresiva su velocidad. Inversamente, como indican líneas de punto y trazo en la figura 74, disminuyendo la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 e incrementando la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 con respecto a las velocidades rotacionales de rotor segundo y tercero VR2 y VR3, es posible transmitir la potencia motriz del motor térmico a las partes movidas incrementando al mismo tiempo de forma progresiva su velocidad.

Además, cuando la primera relación de número de pares de polos α de la primera máquina rotativa es relativamente grande, si la velocidad rotacional del motor térmico es más alta que la velocidad de las partes movidas (véanse las líneas de dos puntos y trazo en la figura 74), la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 es más alta que la velocidad rotacional del motor térmico y a veces es demasiado alta. Por lo tanto, estableciendo la primera relación de número de pares de polos α a un valor menor, como es evidente por una comparación entre las líneas de trazos y las líneas de dos puntos y trazo en el nomograma de velocidad en la figura 74, la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 se puede reducir, por lo que es posible evitar que la eficiencia de accionamiento disminuya por la aparición de pérdida producida al ser demasiado alta la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1. Además, cuando la segunda relación de número de pares de polos β de la segunda máquina rotativa es relativamente grande, si la velocidad de las partes movidas es más alta que la velocidad rotacional del motor térmico (véanse las líneas de punto y trazo en la figura 74), la velocidad rotacional de segundo campo magnético VM F2 es más alta que la velocidad de las partes movidas y a veces es demasiado alta. Por lo tanto, estableciendo la segunda relación de número de pares de polos β a un valor menor, como es evidente por una comparación entre las líneas de trazos y las líneas de punto y trazo en el nomograma de velocidad en la figura 74, la velocidad rotacional de segundo campo magnético VM F2 se puede reducir, por lo que es posible evitar que la eficiencia de accionamiento disminuya por aparición de pérdida producida por la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 sea demasiado alta.

Además, en el grupo motor, por ejemplo, suministrando potencia eléctrica al segundo estator de la segunda máquina rotativa y generando potencia eléctrica por el primer estator de la primera máquina rotativa, es posible transmitir dicho segundo par equivalente de accionamiento de la segunda máquina rotativa a las partes movidas en un estado donde la porción de salida del motor térmico está parada, usando el primer par equivalente de generación de potencia eléctrica de la primera máquina rotativa como una fuerza de reacción, y accionando por ello las partes movidas. Además, durante dicho accionamiento de las partes movidas, es posible arrancar el motor de combustión interna si el motor térmico es un motor de combustión interna. La figura 75 representa la relación entre pares de los varios elementos rotativos en este caso conjuntamente con la relación entre las velocidades rotacionales de los elementos rotativos. En la figura, TDHE representa el par transmitido a la porción de salida del motor térmico (denominado a continuación el "par transmitido de motor térmico"), y TOUT representa el par transmitido a las partes movidas (denominado a continuación el "par transmitido de parte movida"). Además, Tg1 representa el primer par equivalente de generación de potencia eléctrica, y Te2 representa el segundo par equivalente de accionamiento.

Cuando el motor térmico arranca como se ha descrito anteriormente, como es claro por la figura 75, el segundo par equivalente de accionamiento Te2 es transmitido a las partes movidas y a la porción de salida del motor térmico usando el primer par equivalente de generación de potencia eléctrica Tg1 como una fuerza de reacción, y por lo tanto el par demandado de la primera máquina rotativa es mayor que de otro modo. En este caso, el par demandado de la primera máquina rotativa, es decir, el primer par equivalente de generación de potencia eléctrica Tg1 se expresa por la ecuación siguiente (33):

$$Tg1 = -\{ \beta \cdot TOUT + (\beta + 1) TDHE \} / (\alpha + 1 + \beta) \quad \dots \quad (33)$$

Como es evidente por la ecuación (33), cuando la primera relación de número de pares de polos α es mayor, el primer par equivalente de generación de potencia eléctrica Tg1 es menor con respecto al par transmitido de parte movida TOUT y el par transmitido de motor térmico TDHE suponiendo que sus respectivas magnitudes no hayan cambiado. Por lo tanto, estableciendo la primera relación de número de pares de polos α a un valor mayor, es posible reducir más el tamaño y los costos de la primera máquina rotativa.

Además, en el grupo motor, la velocidad de las partes movidas en una condición de baja velocidad se puede incrementar rápidamente, por ejemplo, controlando el motor térmico y las máquinas rotativas primera y segunda de la siguiente manera: la figura 76 representa la relación entre las velocidades rotacionales de los varios elementos rotativos al inicio de dicha operación para incrementar rápidamente la velocidad de las partes movidas conjuntamente con la relación entre los pares de los varios elementos rotativos. En la figura, THE representa el par del motor térmico, y Tg2 representa el segundo par equivalente de generación de potencia eléctrica mencionado anteriormente. En este caso, la velocidad rotacional del motor térmico se incrementa a una velocidad predeterminada rotacional de modo que sea posible obtener su par máximo. Como se representa en la figura 76, la velocidad de las partes movidas no se incrementa inmediatamente, y por lo tanto cuando la velocidad rotacional del motor térmico es más alta que la velocidad de las partes movidas, aumenta la diferencia entre ellas, por lo que la dirección de rotación del segundo campo magnético rotativo determinada por la relación entre la velocidad rotacional del motor térmico y la velocidad de las partes movidas es la dirección de rotación inversa. Por lo tanto, con el fin de producir un par positivo a partir del segundo estator que genera dicho segundo campo magnético rotativo, para actuar en las partes movidas, el segundo estator efectúa generación de potencia eléctrica. Además, la potencia eléctrica generada por el segundo estator es suministrada al primer estator y se hace que el primer campo magnético rotativo efectúe rotación normal.

Como se ha descrito anteriormente, el par de motor térmico THE, el primer par de accionamiento equivalente Te1 y el segundo par equivalente de generación de potencia eléctrica Tg2 son transmitidos a las partes movidas como par positivo, lo que da lugar a un aumento rápido de la velocidad de las partes movidas. Además, cuando la velocidad de las partes movidas en una condición de baja velocidad se incrementa rápidamente como se ha descrito anteriormente, como es evidente por la figura 76, el par de motor térmico THE y el primer par de accionamiento equivalente Te1 son transmitidos a las partes movidas usando el segundo par equivalente de generación de potencia eléctrica Tg2 como una fuerza de reacción, y por lo tanto el par demandado de la segunda máquina rotativa es mayor que en los otros casos. En este caso, el par demandado de la segunda máquina rotativa, es decir, el segundo par equivalente de generación de potencia eléctrica Tg2 se expresa por la ecuación siguiente (34):

$$Tg2 = - \{ \alpha \cdot THE + (1 + \alpha) TOUT \} / (\beta + \alpha + 1) \quad \dots \quad (34)$$

Como es evidente por la ecuación (34), cuando la segunda relación de número de pares de polos β es mayor, el segundo par equivalente de generación de potencia eléctrica Tg2 es menor con respecto al par transmitido de parte movida TOUT y el par de motor térmico THE suponiendo que sus respectivas magnitudes no hayan cambiado. Por lo tanto, estableciendo la segunda relación de número de pares de polos β a un valor mayor, es posible reducir más el tamaño y los costos de la segunda máquina rotativa.

La invención según la reivindicación 2 es el grupo motor 1, 1A a 1E según la reivindicación 1, incluyendo además un dispositivo de almacenamiento de potencia eléctrica (batería 43) que está configurado de manera que sea capaz de cargarse y descargarse y está conectado eléctricamente a los estatores primero y segundo mediante los controladores primero y segundo, respectivamente.

Con esta disposición, el dispositivo de almacenamiento de potencia eléctrica capaz de cargarse y descargarse está conectado a los estatores primero y segundo mediante los controladores primero y segundo, respectivamente. Por lo tanto, por ejemplo, cuando la potencia motriz requerida para mover las partes movidas es menor que la potencia motriz que hará posible obtener un ahorro de carburante del motor térmico que sea óptimo (denominado a continuación el "ahorro óptimo de carburante"), es posible controlar la potencia motriz del motor térmico de tal manera que se pueda obtener el ahorro óptimo de carburante, y cargar la potencia motriz excedente del motor térmico en el dispositivo de almacenamiento de potencia eléctrica como potencia eléctrica. Inversamente, cuando la potencia motriz requerida para mover las partes movidas es mayor que la potencia motriz que hará posible obtener el ahorro óptimo de carburante, es posible controlar la potencia motriz del motor térmico de tal manera que se pueda obtener el ahorro óptimo de carburante, y compensar la escasez de potencia motriz suministrando la potencia eléctrica cargada en el dispositivo de almacenamiento de potencia eléctrica al primer estator y/o el segundo estator. Por lo anterior, el ahorro óptimo de carburante del motor térmico se puede obtener independientemente de la magnitud de carga en las partes movidas, y por lo tanto es posible mejorar más la eficiencia de accionamiento del grupo motor.

La invención según la reivindicación 3 es el grupo motor 1A según la reivindicación 1 o 2, incluyendo además una transmisión 61 para cambiar la velocidad de potencia motriz de los rotores primero y cuarto y transmitir la potencia motriz a las partes movidas.

Con esta disposición, la potencia motriz de los rotores primero y cuarto es transmitida a las partes movidas cambiando al mismo tiempo su velocidad por la transmisión. Por lo tanto, por ejemplo, cuando la carga en las partes movidas es muy grande, controlando la relación de transmisión de la transmisión hacia un lado de velocidad más baja, es posible reducir el par transmitido de los rotores primero y cuarto a la transmisión con respecto al par transmitido desde la transmisión a las partes movidas. Esto hace posible reducir los tamaños de los dos rotores, lo que a su vez hace posible reducir más los tamaños y los costos de las máquinas rotativas primera y segunda.

Además, por ejemplo, cuando la velocidad de las partes movidas es muy alta, la relación de transmisión de la transmisión es controlada hacia un lado de velocidad más alta, por lo que es posible disminuir las velocidades rotacionales de rotor primero y cuarto VR1 y VR4 con respecto a la velocidad de las partes movidas. Esto hace posible evitar que el fallo de las máquinas rotativas primera y segunda sea producido porque la velocidad rotacional de los dos rotores sea demasiado alta. Esto es especialmente efectivo porque, como se ha descrito anteriormente, el primer rotor está formado por imanes y los imanes tienen menor intensidad que los elementos magnéticos de material blando, de modo que dichos inconvenientes tienden a producirse. Además, controlando la relación de transmisión de la transmisión, las velocidades rotacionales de rotor primero y cuarto VR1 y VR4 pueden ser controladas adecuadamente con respecto a la velocidad de las partes movidas, por lo que es posible obtener altas eficiencias de las máquinas rotativas primera y segunda.

Además, por ejemplo, como se ha descrito anteriormente en cuanto a la operación de la reivindicación 1, usando las máquinas rotativas primera y segunda, es posible transmitir la potencia motriz del motor térmico a las partes movidas cambiando al mismo tiempo de forma progresiva su velocidad, y por lo tanto es posible reducir la frecuencia de la operación de cambio de velocidad de la transmisión. Esto hace posible mejorar la eficiencia de accionamiento del grupo motor por la razón siguiente: cuando la velocidad rotacional del motor térmico se reduce cambiando la

velocidad de la potencia motriz procedente del motor térmico por la transmisión, se pierde energía en base a la cantidad reducida de la velocidad rotacional y las inercias del motor térmico y la transmisión por pérdidas de calor, por lo que, cuando la frecuencia de la operación de cambio de velocidad de la transmisión es más alta, la eficiencia de accionamiento del grupo motor es más baja.

La invención según la reivindicación 4 es el grupo motor 1B según la reivindicación 1 o 2, incluyendo además una transmisión 71 para cambiar la velocidad de potencia motriz del primer rotor y transmitir la potencia motriz a las partes movidas.

Con esta disposición, la potencia motriz del primer rotor es transmitida a las partes movidas cambiando al mismo tiempo su velocidad por la transmisión. Por lo tanto, por ejemplo, cuando la carga en las partes movidas es muy grande, controlando la relación de transmisión de la transmisión hacia el lado de velocidad más baja, es posible reducir el par transmitido del primer rotor a la transmisión con respecto al par transmitido desde la transmisión a las partes movidas. Esto hace posible reducir el tamaño del primer rotor, lo que a su vez hace posible reducir más el tamaño y los costos de la primera máquina rotativa.

Además, por ejemplo, cuando la velocidad de las partes movidas es muy alta, controlando la relación de transmisión de la transmisión hacia el lado de velocidad más alta, es posible disminuir la velocidad rotacional de primer rotor VR1 con respecto a la velocidad de las partes movidas. Esto hace posible evitar que el fallo de la primera máquina rotativa sea producido porque la velocidad rotacional de primer rotor VR1 sea demasiado alta. Esto es especialmente efectivo porque el primer rotor está formado por imanes, y por lo tanto dichos inconvenientes tienden a producirse. Además, controlando la relación de transmisión de la transmisión, la velocidad rotacional de primer rotor VR1 puede ser controlada adecuadamente con respecto a la velocidad de las partes movidas, por lo que es posible obtener una eficiencia alta de la primera máquina rotativa.

Además, en un caso donde la porción de salida del motor térmico está conectada a las partes movidas mediante una transmisión escalonada del tipo de engranaje, durante una operación de cambio de velocidad hasta que un tren de engranajes seleccionado para un cambio de la relación de transmisión está conectado, el motor térmico y las partes movidas son desconectadas uno de otro por la transmisión escalonada, por lo que se interrumpe la transmisión del par del motor térmico, que tiende a producir un choque de cambio de velocidad, tal como una repentina disminución de par. Según la presente invención, el cuarto rotor puede estar conectado a las partes movidas sin hacerlo mediante la transmisión escalonada del tipo de engranaje anterior, por lo que, incluso cuando la transmisión escalonada del tipo de engranaje se usa como una transmisión que transmite la potencia motriz del primer rotor a las partes movidas, parte del par del motor térmico puede ser transmitida a las partes movidas mediante el cuarto rotor durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión. Por lo tanto, dado que se puede evitar el choque de cambio de velocidad antes descrito, es posible mejorar la comerciabilidad.

La invención según la reivindicación 5 es el grupo motor 1C según la reivindicación 1 o 2, incluyendo además una transmisión 81 para cambiar la velocidad de potencia motriz del cuarto rotor y transmitir la potencia motriz a las partes movidas.

Con esta disposición, la potencia motriz del cuarto rotor es transmitida a las partes movidas cambiando al mismo tiempo su velocidad por la transmisión. Por lo tanto, por ejemplo, cuando la carga en las partes movidas es muy grande, controlando la relación de transmisión de la transmisión hacia el lado de velocidad más baja, es posible reducir el par transmitido desde el cuarto rotor a la transmisión con respecto al par transmitido desde la transmisión a las partes movidas. Esto hace posible reducir el tamaño del cuarto rotor, lo que a su vez hace posible reducir más el tamaño y los costos de la segunda máquina rotativa. Además, por ejemplo, cuando la velocidad de las partes movidas es muy alta, la relación de transmisión de la transmisión es controlada hacia el lado de velocidad más alta, por lo que es posible disminuir la velocidad rotacional de cuarto rotor VR4 con respecto a la velocidad de las partes movidas. Esto hace posible evitar que se produzca fallo de la segunda máquina rotativa porque la velocidad rotacional de cuarto rotor VR4 sea demasiado alta. Además, controlando la relación de transmisión de la transmisión, la velocidad rotacional de cuarto rotor VR4 puede ser controlada adecuadamente con respecto a la velocidad de las partes movidas, por lo que es posible obtener una eficiencia alta de la segunda máquina rotativa.

Además, como se ha descrito anteriormente con respecto a la operación de la reivindicación 4, en el caso donde la porción de salida del motor térmico está conectada a las partes movidas mediante una transmisión escalonada del tipo de engranaje, tiende a producirse un choque de cambio de velocidad durante una operación de cambio de velocidad de la transmisión. Según la presente invención, el primer rotor puede estar conectado a las partes movidas sin hacerlo mediante la transmisión escalonada del tipo de engranaje anterior, por lo que, incluso cuando la transmisión escalonada del tipo de engranaje se usa como una transmisión que transmite la potencia motriz desde el cuarto rotor a las partes movidas, parte del par del motor térmico puede ser transmitida a las partes movidas mediante el primer rotor durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión. Por lo tanto, dado que se puede evitar el choque de cambio de velocidad antes descrito, es posible mejorar la comerciabilidad.

La invención según la reivindicación 6 es el grupo motor 1D según la reivindicación 1 o 2, incluyendo además una transmisión 91 para cambiar la velocidad de la potencia motriz de la porción de salida del motor térmico y transmitir

la potencia motriz a los rotores segundo y tercero.

Con esta disposición, la potencia motriz procedente de la porción de salida del motor térmico es transmitida a los rotores segundo y tercero cambiando al mismo tiempo su velocidad por la transmisión. Por lo tanto, por ejemplo, controlando la relación de transmisión de la transmisión hacia el lado de velocidad más alta, es posible reducir el par introducido desde la porción de salida del motor térmico a los rotores segundo y tercero, por lo que es posible reducir más los tamaños y los costos de las máquinas rotativas primera y segunda. Además, cuando la velocidad rotacional de la porción de salida del motor térmico es muy alta, controlando la relación de transmisión de la transmisión hacia el lado de velocidad más baja, es posible bajar las velocidades rotacionales de rotor segundo y tercero VR2 y VR3 con respecto a la velocidad rotacional de la porción de salida. Esto hace posible evitar que se produzca fallo de las máquinas rotativas primera y segunda porque las velocidades rotacionales de rotor VR2 y VR3 son demasiado altas. Esto es especialmente efectivo porque el tercer rotor está formado por imanes y por lo tanto dichos inconvenientes tienden a producirse.

Además, controlando la relación de transmisión de la transmisión, las velocidades rotacionales de rotor segundo y tercero VR2 y VR3 pueden ser controladas adecuadamente con respecto a la velocidad rotacional de la porción de salida del motor térmico, por lo que es posible obtener altas eficiencias de las máquinas rotativas primera y segunda. Además, como se ha descrito anteriormente con respecto a la operación de la reivindicación 4, en el caso donde la porción de salida del motor térmico está conectada a las partes movidas mediante una transmisión escalonada del tipo de engranaje, tiende a producirse un choque de cambio de velocidad durante una operación de cambio de velocidad de la transmisión. Según la presente invención, los rotores primero y cuarto pueden estar conectados a las partes movidas sin hacerlo mediante la transmisión escalonada del tipo de engranaje anterior, por lo que, incluso cuando la transmisión escalonada del tipo de engranaje se usa como una transmisión que transmite la potencia motriz desde la porción de salida del motor térmico a los rotores segundo y tercero, se puede evitar dicho choque de cambio de velocidad durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión por una operación descrita a continuación.

En un caso donde los rotores segundo y tercero están conectados uno a otro, cuando la porción de salida del motor térmico y los rotores segundo y tercero se desconectan uno de otro por la operación de cambio de velocidad de la transmisión, si se suministra potencia eléctrica a los estatores primero y segundo, como es claro por dichas funciones de la primera máquina rotativa, el primer par de accionamiento equivalente Te1 del primer estator, y el par transmitido al primer rotor como se describe a continuación son transmitidos al segundo rotor en un estado combinado. El par transmitido al segundo rotor es transmitido al tercer rotor, y luego es transmitido, como es claro por dichas funciones de la segunda máquina rotativa, al cuarto rotor en un estado combinado con el segundo par equivalente de accionamiento Te2 procedente del segundo estator. Parte del par transmitido al cuarto rotor es transmitida a las partes movidas, y el resto es transmitido al primer rotor mediante las partes movidas. Como se ha descrito anteriormente, durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión, se puede transmitir par desde las máquinas rotativas primera y segunda a las partes movidas, y por lo tanto es posible evitar un choque de cambio de velocidad, haciendo por ello posible mejorar la comerciabilidad.

La invención según la reivindicación 7 es el grupo motor 1, 1A a 1E según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, incluyendo además un mecanismo de freno BL para bloquear la rotación inversa de la porción de salida del motor térmico.

Con esta disposición, la rotación inversa de la porción de salida del motor térmico es bloqueada por el mecanismo de freno, y de acuerdo con ello, se evita que los rotores segundo y tercero conectados a la porción de salida giren en una dirección. A continuación, las direcciones rotacionales de los rotores segundo y tercero, bloqueadas por el mecanismo de freno, se denominan la "dirección bloqueada de segundo rotor" y la "dirección bloqueada de tercer rotor", respectivamente. Además, como es claro por dichas funciones de la primera máquina rotativa, suministrando potencia eléctrica al primer estator y haciendo que el primer campo magnético rotativo generado gire en la misma dirección que la dirección bloqueada de segundo rotor antes descrita, es posible transmitir toda la potencia eléctrica suministrada al primer estator al primer rotor como potencia motriz, y además a las partes movidas. Además, como es claro por dichas funciones de la segunda máquina rotativa, suministrando potencia eléctrica al segundo estator y haciendo que el segundo campo magnético rotativo generado gire en una dirección opuesta a la dirección bloqueada de tercer rotor antes descrita, es posible transmitir toda la potencia eléctrica suministrada al segundo estator, al cuarto rotor como potencia motriz, y además a las partes movidas.

Como se ha descrito anteriormente, según la presente invención, es posible accionar las partes movidas por la primera máquina rotativa y/o la segunda máquina rotativa sin usar la potencia motriz del motor térmico. Además, en este caso, es posible accionar las partes movidas evitando al mismo tiempo que no solamente la rotación inversa de la porción de salida del motor térmico por el mecanismo de freno, sino también el arrastre del motor térmico por la operación siguiente: a través de dicho control de la dirección de rotación del primer campo magnético rotativo, el primer par de accionamiento equivalente Te1 del primer estator actúa en el segundo rotor con el fin de hacer que el segundo rotor gire en la dirección bloqueada de segundo rotor, y a través de dicho control de la dirección de rotación del segundo campo magnético rotativo, el segundo par equivalente de accionamiento del segundo estator actúa en el tercer rotor con el fin de hacer que el tercer rotor gire en la dirección bloqueada de tercer rotor. Esto hace que,

durante dicho accionamiento de las partes movidas, la porción de salida del motor térmico se mantenga estacionaria conjuntamente con los rotores segundo y tercero, y por lo tanto el motor térmico no es arrastrado.

Para lograr el objeto, la invención según la reivindicación 8 proporciona un grupo motor 1F a 1U para mover partes movidas (ruedas de accionamiento DW y DW en la realización (lo mismo se aplica a continuación en esta sección)), incluyendo un motor térmico (motor 3) que tiene una primera porción de salida (cigüeñal 3a) para enviar potencia motriz, una primera máquina rotativa 21 (segunda máquina rotativa 31) incluyendo un primer rotor (rotor A1 24, rotor B1 34) que tiene una fila de polos magnéticos que está formada por una pluralidad predeterminada de polos magnéticos (imanes permanentes 24a, 34a) dispuestos en una dirección circunferencial, y tiene cada dos polos magnéticos adyacentes dispuestos de manera que tengan polaridades diferentes uno de otro, siendo rotativo el primer rotor en la dirección circunferencial, un estator inmóvil 23, 33 que tiene una fila de inducidos que está formada por una pluralidad de inducidos (núcleos de hierro 23a, bobinas de fase U a fase W 23c a 23e, núcleos de hierro 33a, bobinas de fase U a fase W 33b) dispuestos en la dirección circunferencial, y está dispuesto de manera opuesta a la fila de polos magnéticos, para generar un campo magnético rotativo que gira en la dirección circunferencial entre la fila de inducidos y la fila de polos magnéticos, por una pluralidad predeterminada de polos magnéticos de inducido generados en la pluralidad de inducidos, y un segundo rotor (rotor A2 25, rotor B2 35) que tiene una fila de elementos de material magnético blando que está formada por una pluralidad predeterminada de elementos magnéticos de material blando (núcleos 25a, núcleos 35a) dispuestos en la dirección circunferencial espaciados uno de otro, y está dispuesto entre la fila de polos magnéticos y la fila de inducidos, siendo rotativo el segundo rotor en la dirección circunferencial, donde una relación entre el número de los polos magnéticos de inducido, el número de los polos magnéticos, y el número de los elementos magnéticos de material blando se pone a $1:m:(1+m)/2$ ($m \neq 1,0$), un primer controlador (primera PDU 41, UEC 2, segunda PDU 42, UEC 2) conectado eléctricamente al estator 23, 33, para controlar la potencia eléctrica generada por el estator 23, 33 y la potencia eléctrica suministrada al estator, un diferencial (primera unidad de engranaje planetario PS1) incluyendo un primer elemento (primer engranaje solar S1, primer engranaje anular R1), un segundo elemento (primer soporte C1) y un tercer elemento (primer engranaje anular R1, primer engranaje solar S1) conectados mecánicamente uno a otro, y que tiene una función de distribuir la potencia motriz introducida al segundo elemento a los elementos primero y tercero y una función de combinar la potencia motriz introducida al primer elemento y la potencia motriz introducida al tercer elemento y luego enviar la potencia motriz combinada al segundo elemento, girando los elementos primero a tercero manteniendo al mismo tiempo una relación colineal con respecto a la velocidad rotacional, durante la distribución y la combinación de la potencia motriz, una segunda máquina rotativa (máquina rotativa 101) incluyendo una segunda porción de salida (rotor 103), y que tiene una función de convertir la potencia eléctrica suministrada a potencia motriz y enviar la potencia motriz a la segunda porción de salida y una función de convertir la potencia motriz introducida a la segunda porción de salida a potencia eléctrica para generar por ello potencia eléctrica, y un segundo controlador (segunda PDU 42, UEC 2, primera PDU 41, UEC 2) conectado eléctricamente a la segunda máquina rotativa, para controlar la potencia eléctrica generada por la segunda máquina rotativa y la potencia eléctrica suministrada a la segunda máquina rotativa, donde uno de un par del primer rotor y el segundo elemento y un par del segundo rotor y el primer elemento están conectados mecánicamente a la primera porción de salida del motor térmico, mientras que el otro del par del primer rotor y el segundo elemento y el par del segundo rotor y el primer elemento están conectados mecánicamente a las partes movidas, estando conectado mecánicamente el tercer elemento a la segunda porción de salida de la segunda máquina rotativa, y estando conectados eléctricamente el estator 23, 33 y la segunda máquina rotativa uno a otro mediante los controladores primero y segundo.

Con esta disposición, la primera máquina rotativa está configurada de forma similar a la primera máquina rotativa según la reivindicación 1, y por lo tanto tiene las mismas funciones que las de la máquina rotativa según la reivindicación 1, es decir, las mismas funciones que las de un aparato formado combinando una unidad de engranaje planetario y una máquina rotativa general del tipo de un rotor. Por lo tanto, suponiendo que la relación del número de pares de polos de los polos magnéticos al número de pares de polos de los polos magnéticos de inducido (denominada a continuación la "relación de número de pares de polos") se representa por α , de forma similar a la primera máquina rotativa según la reivindicación 1, una relación representada en la ecuación (25) es válida entre la velocidad angular eléctrica del campo magnético rotativo y las velocidades angulares eléctricas de los rotores primero y segundo durante el suministro de potencia eléctrica al estator de la primera máquina rotativa y durante la generación de potencia eléctrica por el estator. Además, suponiendo que el par equivalente a la potencia eléctrica suministrada a los inducidos y la velocidad angular eléctrica del campo magnético rotativo se denomine el "par equivalente de accionamiento", dicha relación de par expresada por la ecuación (32) es válida entre el par equivalente de accionamiento y los pares transmitidos a los rotores primero y segundo. Además, suponiendo que el par equivalente a la potencia eléctrica generada por los inducidos y la velocidad angular eléctrica del campo magnético rotativo se denomine el "par equivalente de generación de potencia eléctrica", dicha relación de par expresada por la ecuación (32) es válida entre el par equivalente de generación de potencia eléctrica y los pares transmitidos a los rotores primero y segundo.

Además, como es claro por la construcción antes descrita, el diferencial tiene las mismas funciones que las de la unidad de engranaje planetario, y en la relación entre la entrada de potencia motriz y la salida de potencia motriz, el primer elemento corresponde a uno del engranaje solar y el engranaje anular de la unidad de engranaje planetario, el tercer elemento corresponde al otro, y el segundo elemento corresponde al soporte. Además, uno de un par del

primer rotor y el segundo elemento del diferencial y un par del segundo rotor y el primer elemento del diferencial están conectados mecánicamente a la primera porción de salida del motor térmico, mientras que el otro del par del primer rotor y el segundo elemento y el par del segundo rotor y el primer elemento están conectados mecánicamente a las partes movidas. Además, el tercer elemento del diferencial está conectado mecánicamente a la segunda porción de salida de la segunda máquina rotativa, y el estator y la segunda máquina rotativa están conectados eléctricamente uno a otro mediante los controladores primero y segundo.

Con la disposición anterior, en el grupo motor, la potencia motriz del motor térmico es transmitida a las partes movidas por ejemplo de la siguiente manera. A continuación, el grupo motor en el que el segundo rotor y el primer elemento están conectados a la primera porción de salida del motor térmico, y el primer rotor y el segundo elemento están conectados a las partes movidas se denomina el “primer grupo motor”, y el grupo motor en el que el primer rotor y el segundo elemento están conectados a la primera porción de salida del motor térmico, y el segundo rotor y el primer elemento están conectados a las partes movidas se denomina el “segundo grupo motor”. Además, la transmisión de la potencia motriz del motor térmico a las partes movidas en los grupos motores primero y segundo se describirá secuencialmente comenzando con el primer grupo motor. La figura 77 representa esquemáticamente un ejemplo del estado de transmisión de potencia motriz en el primer grupo motor. Se deberá indicar que, en la figura 77, de forma similar a la figura 73, las conexiones mecánicas entre los elementos se indican con líneas continuas, las conexiones eléctricas entre ellos se indican con líneas de punto y trazo, y las conexiones magnéticas entre ellos se indican con líneas de trazos. Además, los flujos de potencia motriz y potencia eléctrica se indican por líneas gruesas con flechas.

Cuando la potencia motriz del motor térmico es transmitida a las partes movidas, se genera potencia eléctrica por la primera máquina rotativa usando parte de la potencia motriz del motor térmico bajo el control de los controladores primero y segundo, y la potencia eléctrica generada es suministrada a la segunda máquina rotativa. Durante la generación de potencia eléctrica por la primera máquina rotativa, como se representa en la figura 77, parte de la potencia motriz del motor térmico es transmitida al segundo rotor conectado a la primera porción de salida del motor térmico, y también es distribuida al primer rotor y el estator por el magnetismo antes descrito de las líneas de fuerza magnética. En este caso, parte de la potencia motriz transmitida al segundo rotor es convertida a potencia eléctrica y es distribuida al estator. Además, la potencia motriz distribuida al primer rotor, como se ha descrito anteriormente, es transmitida a las partes movidas, y la potencia eléctrica distribuida al estator es suministrada a la segunda máquina rotativa. Además, cuando la potencia eléctrica generada por la primera máquina rotativa, como se ha descrito anteriormente, es suministrada a la segunda máquina rotativa, la potencia eléctrica es convertida a potencia motriz, y entonces la potencia motriz resultante es transmitida al tercer elemento. Además, el resto de la potencia motriz del motor térmico es transmitida al primer elemento, y se combina con la potencia motriz transmitida al tercer elemento, como se ha descrito anteriormente, después de lo que la potencia motriz combinada es transmitida a las partes movidas mediante el segundo elemento. Como resultado, se transmite potencia motriz de magnitud igual a la potencia motriz del motor térmico a las partes movidas.

Como se ha descrito anteriormente, en el primer grupo motor según la presente invención, de forma similar al grupo motor según la reivindicación 1, la primera máquina rotativa tiene las mismas funciones que las de un aparato formado combinando una unidad de engranaje planetario y una máquina rotativa general del tipo de un rotor, y por lo tanto de forma diferente al grupo motor convencional antes descrito, que requiere dos unidades de engranaje planetario para distribuir y combinar potencia motriz para transmisión, el primer grupo motor requiere solamente un diferencial para la misma finalidad. Esto hace posible reducir el tamaño del primer grupo motor en la medida correspondiente. Esto se aplica al segundo grupo motor antes descrito. Además, en el primer grupo motor, de forma diferente al caso convencional antes descrito, la potencia motriz del motor térmico es transmitida a las partes movidas sin ser recirculada, como se ha descrito anteriormente, y por lo tanto es posible reducir la potencia motriz que pasa a través de la primera máquina rotativa, el diferencial y la segunda máquina rotativa. Esto hace posible reducir los tamaños y los costos de la primera máquina rotativa, el diferencial y la segunda máquina rotativa, haciendo por ello posible lograr una reducción adicional del tamaño y los costos del primer grupo motor. Además, usando la primera máquina rotativa, el diferencial y la segunda máquina rotativa teniendo cada uno una capacidad de par correspondiente a la potencia motriz reducida, como se ha descrito anteriormente, es posible suprimir la pérdida de la potencia motriz mejorando la eficiencia de accionamiento del primer grupo motor.

Además, la potencia motriz del motor térmico es transmitida a las partes movidas en un estado dividido mediante un total de tres recorridos, es decir, un primer recorrido de transmisión formado por el segundo rotor, el magnetismo de las líneas de fuerza magnética y el primer rotor, un segundo recorrido de transmisión formado por el segundo rotor, el magnetismo de las líneas de fuerza magnética, el estator, el primer controlador, el segundo controlador, la segunda máquina rotativa, el tercer elemento y el segundo elemento, y un tercer recorrido de transmisión formado por los elementos primero y segundo. Esto hace posible reducir la potencia eléctrica (energía) que pasa a través de los controladores primero y segundo mediante el segundo recorrido de transmisión, de modo que es posible reducir los tamaños y los costos de los controladores primero y segundo, haciendo por ello posible lograr una reducción adicional del tamaño y los costos del primer grupo motor.

Además, cuando se transmite potencia motriz a las partes movidas, como se ha descrito anteriormente, controlando la velocidad rotacional del campo magnético rotativo del estator y la velocidad rotacional de la segunda porción de

salida de la segunda máquina rotativa por los controladores primero y segundo, respectivamente, es posible transmitir la potencia motriz del motor térmico a las partes movidas cambiando al mismo tiempo de forma progresiva su velocidad. A continuación, se describirá este punto. En la primera máquina rotativa, como es claro por las funciones antes descritas, durante la distribución y combinación de la energía entre el estator y los rotores primero y segundo, el campo magnético rotativo y los rotores primero y segundo giran manteniendo al mismo tiempo una relación colineal con respecto a la velocidad rotacional, como se representa en la ecuación (25). Además, en el diferencial, durante la distribución y combinación de la energía entre los elementos primero a tercero, los elementos primero a tercero giran manteniendo al mismo tiempo una relación colineal con respecto a la velocidad rotacional. Además, en dicha relación de conexión, si el segundo rotor y el primer elemento están conectados directamente a la primera porción de salida del motor térmico, las velocidades rotacionales del segundo rotor y el primer elemento son iguales a la velocidad rotacional de la primera porción de salida del motor térmico. Además, si el primer rotor y el segundo elemento están conectados directamente a las partes movidas, las velocidades rotacionales del primer rotor y el segundo elemento son iguales a la velocidad de las partes movidas. Además, si la segunda porción de salida de la segunda máquina rotativa y el tercer elemento están conectados directamente uno a otro, las velocidades rotacionales de la segunda máquina rotativa y el tercer elemento son iguales entre sí.

Ahora, la velocidad rotacional de la primera porción de salida del motor térmico se denomina la “velocidad rotacional del motor térmico”, y la velocidad rotacional de la segunda porción de salida de la segunda máquina rotativa se denomina la “velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa”. Además, la velocidad rotacional del campo magnético rotativo se denomina la “velocidad rotacional de campo magnético VF”, las velocidades rotacionales de los rotores primero y segundo se denominan las “velocidades rotacionales de primer y segundo rotor VR1 y VR2”, respectivamente, y las velocidades rotacionales de los elementos primero a tercero se denominan las “velocidades rotacionales de primer a tercer elemento V1 a V3”, respectivamente. A partir de la relación antes descrita entre las velocidades rotacionales de los elementos rotativos respectivos, la relación entre la velocidad rotacional del motor térmico, la velocidad de las partes movidas, la velocidad rotacional de campo magnético VF, las velocidades rotacionales de rotor primero y segundo VR1 y VR2, las velocidades rotacionales de elemento primero a tercero V1 a V3, y la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa se indican por ejemplo con líneas continuas gruesas en la figura 78.

Por lo tanto, como indican líneas de dos puntos y trazo en la figura 78, por ejemplo, incrementando la velocidad rotacional de campo magnético VF y disminuyendo la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa, con respecto a la velocidad rotacional de segundo rotor VR2 y la velocidad rotacional de primer elemento V1, es posible transmitir la potencia motriz desde el motor térmico a las partes movidas reduciendo al mismo tiempo de forma progresiva su velocidad. Inversamente, como indican líneas de punto y trazo en la figura 78, disminuyendo la velocidad rotacional de campo magnético VF e incrementando la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa, con respecto a la velocidad rotacional de segundo rotor VR2 y la velocidad rotacional de primer elemento V1, es posible transmitir la potencia motriz del motor térmico a las partes movidas incrementando al mismo tiempo de forma progresiva su velocidad.

Además, cuando la relación de número de pares de polos α de la primera máquina rotativa es relativamente grande, si la velocidad rotacional del motor térmico es más alta que la velocidad de las partes movidas (véanse las líneas de dos puntos y trazo en la figura 78), la velocidad rotacional de campo magnético VF es más alta que la velocidad rotacional del motor térmico y a veces es demasiado alta. Por lo tanto, estableciendo la relación de número de pares de polos α de la primera máquina rotativa a un valor menor, como es evidente por una comparación entre las líneas de trazos y las líneas de punto y trazo en el nomograma de velocidad en la figura 78, la velocidad rotacional de campo magnético VF se puede reducir, por lo que es posible evitar que la eficiencia de accionamiento disminuya por la aparición de pérdida producida porque la velocidad rotacional de campo magnético VF sea demasiado alta.

Además, cuando la relación colineal con respecto a las velocidades rotacionales de los elementos primero a tercero del diferencial se pone de tal manera que la diferencia entre las velocidades rotacionales del primer elemento y el segundo elemento y la diferencia entre las velocidades rotacionales del segundo elemento y el tercer elemento sea $1,0:X$ ($X>0$), y cuando X se pone a un valor relativamente grande, si la velocidad de las partes movidas es más alta que la velocidad rotacional del motor térmico (véanse las líneas de punto y trazo en la figura 78), la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa es más alta que la velocidad de las partes movidas y a veces es demasiado alta. Por lo tanto, poniendo dicho X a un valor menor, como es evidente por una comparación entre las líneas de trazos y las líneas de punto y trazo en el nomograma de velocidad en la figura 78, la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa se puede reducir, por lo que es posible evitar que la eficiencia de accionamiento disminuya por la aparición de pérdida producida porque la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa sea demasiado alta.

Además, en el primer grupo motor, suministrando potencia eléctrica a la segunda máquina rotativa y generando potencia eléctrica por el primer estator, el par enviado a la segunda porción de salida de la segunda máquina rotativa (denominado a continuación el “segundo par de máquina rotativa”) puede ser transmitido a las partes movidas en un estado donde la primera porción de salida del motor térmico está parada, usando dicho par equivalente de generación de potencia eléctrica de la primera máquina rotativa como una fuerza de reacción, por lo que es posible accionar las partes movidas. Además, durante dicho accionamiento de las partes movidas, si el motor térmico es un

motor de combustión interna, es posible arrancar el motor de combustión interna. La figura 79 representa la relación entre pares de los varios elementos rotativos en este caso conjuntamente con la relación entre sus velocidades rotacionales. En la figura, TOUT representa el par transmitido de parte movida, de forma similar al caso de la reivindicación 1, y TDHE, Tg y TM2 representan el par transmitido a la primera porción de salida del motor térmico (denominado a continuación el "par transmitido de motor térmico"), el par equivalente de generación de potencia eléctrica, y el segundo par de máquina rotativa, respectivamente.

Cuando el motor térmico arranca como se ha descrito anteriormente, como es claro por la figura 79, el segundo par de máquina rotativa TM2 es transmitido a las partes movidas y a la primera porción de salida del motor térmico usando el par equivalente de generación de potencia eléctrica Tg de la primera máquina rotativa como una fuerza de reacción, y por lo tanto el par demandado de la primera máquina rotativa es mayor que en los otros casos. En este caso, el par demandado de la primera máquina rotativa, es decir, el par equivalente de generación de potencia eléctrica Tg se expresa por la ecuación siguiente (35):

$$Tg = - \{ X \cdot TOUT + (X+1) TDHE \} / (\alpha + 1 + X) \quad \dots \quad (35)$$

Como es evidente por la ecuación (35), cuando la relación de número de pares de polos α de la primera máquina rotativa es mayor, el par equivalente de generación de potencia eléctrica Tg es menor con respecto al par transmitido de parte movida TOUT y el par transmitido de motor térmico TDHE suponiendo que sus respectivas magnitudes no hayan cambiado. Por lo tanto, estableciendo la relación de número de pares de polos α a un valor mayor, es posible reducir más el tamaño y los costos de la primera máquina rotativa.

Además, en el primer grupo motor, la velocidad de las partes movidas en una condición de baja velocidad se puede incrementar rápidamente controlando, por ejemplo, el motor térmico y las máquinas rotativas primera y segunda de la siguiente manera: la figura 80 representa la relación entre las velocidades rotacionales de los varios elementos rotativos en el inicio de la operación para incrementar rápidamente la velocidad de las partes movidas, como se ha descrito anteriormente, conjuntamente con la relación entre los pares de los varios elementos rotativos. En la figura 80, THE representa, de forma similar al caso de la reivindicación 1, el par del motor térmico, y Te representa el par equivalente de accionamiento de la primera máquina rotativa. En este caso, la velocidad rotacional del motor térmico se incrementa a una velocidad rotacional predeterminada tal que sea posible obtener su par máximo. Como se representa en la figura 80, la velocidad de las partes movidas no se incrementa inmediatamente, y por lo tanto cuando la velocidad rotacional del motor térmico es más alta que la velocidad de las partes movidas, la diferencia entre ellas se incrementa, lo que hace que la segunda porción de salida de la segunda máquina rotativa realice rotación inversa. Además, con el fin de hacer que el par positivo procedente de la segunda porción de salida de la segunda máquina rotativa que realiza dicha rotación inversa actúe en las partes movidas, la segunda máquina rotativa realiza generación de potencia eléctrica. Además, la potencia eléctrica generada por la segunda máquina rotativa es suministrada al estator de la primera máquina rotativa para hacer que el campo magnético rotativo generado por el estator realice rotación normal.

Por lo anterior, el par de motor térmico THE, el par equivalente de accionamiento Te y el segundo par de máquina rotativa TM2 son transmitidos a las partes movidas como par positivo, lo que da lugar a un aumento rápido de la velocidad de las partes movidas. Además, cuando la velocidad de las partes movidas en la condición de velocidad baja se incrementa rápidamente como se ha descrito anteriormente, como es evidente por la figura 80, el par de motor térmico THE y el par equivalente de accionamiento Te son transmitidos a las partes movidas usando el segundo par de máquina rotativa TM2 como una fuerza de reacción, de modo que el par demandado de la segunda máquina rotativa sea mayor que en los otros casos. En este caso, el par demandado de la segunda máquina rotativa, es decir, el segundo par de máquina rotativa TM2, se expresa por la ecuación siguiente (36):

$$TM2 = - \{ \alpha \cdot THE + (1 + \alpha) TOUT \} / (X + 1 + \alpha) \quad \dots \quad (36)$$

Como es evidente por la ecuación (36), cuando X es mayor, el segundo par de máquina rotativa TM2 es menor con respecto al par transmitido de parte movida TOUT y el par de motor térmico THE suponiendo que sus respectivas magnitudes no hayan cambiado. Por lo tanto, poniendo X a un valor mayor, es posible reducir más el tamaño y los costos de la segunda máquina rotativa.

Además, la figura 81 representa esquemáticamente un ejemplo del estado de transmisión de la potencia motriz desde el motor térmico de dicho segundo grupo motor a las partes movidas. Se deberá indicar que el método de indicar la relación de conexión entre los elementos rotativos respectivos en la figura 81 es el mismo que el método empleado en la figura 77. En el segundo grupo motor, la potencia motriz del motor térmico es transmitida a las partes movidas por ejemplo como sigue: se genera potencia eléctrica por la segunda máquina rotativa usando parte de la potencia motriz del motor térmico bajo el control de los controladores primero y segundo, y la potencia eléctrica generada es suministrada al estator de la primera máquina rotativa. Durante la generación de potencia eléctrica por la segunda máquina rotativa, como se representa en la figura 81, parte de la potencia motriz del motor térmico es

transmitida al segundo elemento conectado a la primera porción de salida del motor térmico, y es distribuida a los elementos primero y tercero. La potencia motriz distribuida al primer elemento es transmitida a las partes movidas, mientras que la potencia motriz distribuida al tercer elemento es transmitida a la segunda máquina rotativa para ser convertida en potencia eléctrica y luego se suministra al estator.

Además, cuando la potencia eléctrica generada por la segunda máquina rotativa es suministrada al estator, como se ha descrito anteriormente, la potencia eléctrica es convertida a potencia motriz, y luego es transmitida al segundo rotor por el magnetismo de las líneas de fuerza magnética. De acuerdo con ello, el resto de la potencia motriz del motor térmico es transmitido al primer rotor, y también se transmite al segundo rotor por el magnetismo de las líneas de fuerza magnética. Además, la potencia motriz transmitida al segundo rotor es transmitida a las partes movidas. Como resultado, se transmite potencia motriz de magnitud igual a la potencia motriz del motor térmico a las partes movidas.

Como se ha descrito anteriormente, también en el segundo grupo motor, al igual que en el primer grupo motor antes descrito, la potencia motriz del motor térmico es transmitida a las partes movidas sin ser recirculada, y por lo tanto es posible reducir la potencia motriz que pasa a través de la primera máquina rotativa, el diferencial y la segunda máquina rotativa. Por lo tanto, al igual que en el primer grupo motor, es posible reducir los tamaños y los costos de la primera máquina rotativa, el diferencial y la segunda máquina rotativa, haciendo por ello posible lograr una reducción adicional del tamaño y los costos del segundo grupo motor y mejorar la eficiencia de accionamiento del segundo grupo motor. Además, el primer grupo motor y el segundo grupo motor solamente son diferentes en que la distribución y la combinación de potencia motriz en la primera máquina rotativa y el diferencial están en una relación opuesta, y por lo tanto también en el segundo grupo motor, como se representa en la figura 81, la potencia motriz del motor térmico es transmitida a las partes movidas en un estado dividido mediante el total de tres recorridos de transmisión, es decir, los recorridos de transmisión primero a tercero antes descritos. Por lo tanto, de forma similar al primer grupo motor, es posible reducir los tamaños y los costos de los controladores primero y segundo, haciendo por ello posible lograr una reducción adicional del tamaño y los costos del segundo grupo motor.

Además, también en el segundo grupo motor, de forma similar al primer grupo motor, cuando se transmite potencia motriz a las partes movidas, como se ha descrito anteriormente, controlando la velocidad rotacional de campo magnético VF y la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa usando los controladores primero y segundo, respectivamente, es posible transmitir la potencia motriz del motor térmico a las partes movidas al mismo tiempo que se cambia de forma progresiva la velocidad de la potencia motriz. Más específicamente, en el segundo grupo motor, la relación entre la velocidad rotacional del motor térmico, la velocidad de las partes movidas, la velocidad rotacional de campo magnético VF, las velocidades rotacionales de rotor primero y segundo VR1 y VR2, las velocidades rotacionales de elemento primero a tercero V1 a V3, y la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa se indica por ejemplo por líneas continuas gruesas en la figura 82. Como indican líneas de dos puntos y trazo en la figura, por ejemplo, incrementando la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa y disminuyendo la velocidad rotacional de campo magnético VF, con respecto a la velocidad rotacional de segundo elemento V2 y la velocidad rotacional de primer rotor VR1, es posible transmitir la potencia motriz desde el motor térmico a las partes movidas reduciendo al mismo tiempo de forma progresiva su velocidad. Inversamente, como indican líneas de punto y trazo en la figura 82, disminuyendo la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa e incrementando la velocidad rotacional de campo magnético VF, con respecto a la velocidad rotacional de segundo elemento V2 y la velocidad rotacional de primer rotor VR1, es posible transmitir la potencia motriz desde el motor térmico a las partes movidas incrementando al mismo tiempo de forma progresiva su velocidad.

Además, cuando la relación de número de pares de polos α de la primera máquina rotativa es relativamente grande, si la velocidad de las partes movidas es más alta que la velocidad rotacional del motor térmico (véanse las líneas de punto y trazo en la figura 82), la velocidad rotacional de campo magnético VF es más alta que la velocidad de las partes movidas y a veces es demasiado alta. Por lo tanto, estableciendo la relación de número de pares de polos α a un valor menor, como es evidente por una comparación entre las líneas de trazos y las líneas de punto y trazo en el nomograma de velocidad en la figura 82, la velocidad rotacional de campo magnético VF se puede reducir, por lo que es posible evitar que la eficiencia de accionamiento disminuya por la aparición de pérdida producida porque la velocidad rotacional de campo magnético VF sea demasiado alta.

Además, cuando dicho X que determina que la relación colineal con respecto a las velocidades rotacionales del diferencial es relativamente grande, si la velocidad rotacional del motor térmico es más alta que la velocidad de las partes movidas (véanse las líneas de dos puntos y trazo en la figura 82), la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa es más alta que la velocidad rotacional del motor térmico y a veces es demasiado alta. Por lo tanto, estableciendo X anterior a un valor menor, como es evidente por una comparación entre las líneas de trazos y las líneas de dos puntos y trazo en el nomograma de velocidad en la figura 82, la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa se puede reducir, por lo que es posible evitar que la eficiencia de accionamiento disminuya por la aparición de pérdida producida porque la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa sea demasiado alta.

Además, en el segundo grupo motor, suministrando potencia eléctrica al estator de la primera máquina rotativa y generando potencia eléctrica por la segunda máquina rotativa, el par equivalente de accionamiento T_e de la primera máquina rotativa puede ser transmitido a las partes movidas en un estado donde la primera porción de salida del

motor térmico está parada, usando el segundo par de máquina rotativa TM2 como una fuerza de reacción, por lo que es posible accionar las partes movidas. Además, durante dicho accionamiento de las partes movidas, si el motor térmico es un motor de combustión interna, al igual que en el primer grupo motor, es posible arrancar el motor de combustión interna. La figura 83 representa la relación entre pares de los varios elementos rotativos en este caso conjuntamente con la relación entre las velocidades rotacionales del mismo.

Cuando el motor térmico arranca como se ha descrito anteriormente, como es evidente por la figura 83, el par equivalente de accionamiento T_e es transmitido a las partes movidas y la porción de salida del motor térmico usando el segundo par de máquina rotativa TM2 como una fuerza de reacción, y por lo tanto el par demandado de la segunda máquina rotativa es mayor que en los otros casos. En este caso, el par demandado de la segunda máquina rotativa, es decir, el segundo par de máquina rotativa TM2 se expresa por la ecuación siguiente (37):

$$TM2 = - \{ \alpha \cdot T_{OUT} + (1 + \alpha) T_{DHE} \} / (X + \alpha + 1) \quad \dots \quad (37)$$

Como es evidente por la ecuación (37), cuando X es mayor, el segundo par de máquina rotativa TM2 es menor con respecto al par transmitido de parte movida TOUT y el par transmitido de motor térmico TDHE suponiendo que sus respectivas magnitudes no hayan cambiado. Por lo tanto, poniendo X a un valor mayor, es posible reducir más el tamaño y los costos de la segunda máquina rotativa.

Además, en el segundo grupo motor, al igual que en el primer grupo motor, la velocidad de las partes movidas en una condición de baja velocidad se puede incrementar rápidamente controlando por ejemplo el motor térmico y las máquinas rotativas primera y segunda de la siguiente manera: la figura 84 representa la relación entre las velocidades rotacionales de los varios elementos rotativos conjuntamente con la relación entre pares del mismo al inicio de dicha operación para incrementar rápidamente la velocidad de las partes movidas. En este caso, la velocidad rotacional del motor térmico se incrementa a una velocidad rotacional predeterminada tal que sea posible obtener su par máximo. Como se representa en la figura 84, la velocidad de las partes movidas no se incrementa inmediatamente, y por lo tanto, cuando la velocidad rotacional del motor térmico es más alta que la velocidad de las partes movidas, la diferencia entre ellas incrementa, por lo que la dirección de rotación del campo magnético rotativo determinada por la relación entre ellas es la dirección de rotación inversa. Por lo tanto, con el fin de hacer que el par positivo actúe en las partes movidas desde el estator de la primera máquina rotativa que genera dicho campo magnético rotativo, el estator lleva a cabo la generación de potencia eléctrica. Además, la potencia eléctrica generada por el estator es suministrada a la segunda máquina rotativa para hacer que la segunda porción de salida de la segunda máquina rotativa realice rotación normal.

Por lo anterior, el par de motor térmico THE, el segundo par de máquina rotativa TM2 y el par equivalente de generación de potencia eléctrica T_g son transmitidos a las partes movidas como par positivo, lo que da lugar a un aumento rápido de la velocidad de las partes movidas. Además, cuando la velocidad de las partes movidas en la condición de velocidad baja se incrementa rápidamente como se ha descrito anteriormente, como es evidente por la figura 84, el par de motor térmico THE y el segundo par de máquina rotativa TM2 son transmitidos a las partes movidas usando el par equivalente de generación de potencia eléctrica T_g de la primera máquina rotativa como una fuerza de reacción, de modo que el par demandado de la primera máquina rotativa es mayor que en los otros casos. En este caso, el par demandado de la primera máquina rotativa, es decir, el par equivalente de generación de potencia eléctrica T_g se expresa por la ecuación siguiente (38):

$$T_g = - \{ X \cdot T_{HE} + (1 + X) T_{OUT} \} / (\alpha + 1 + X) \quad \dots \quad (38)$$

Como es evidente por la ecuación (38), cuando la relación de número de pares de polos α es mayor, el par equivalente de generación de potencia eléctrica T_g es menor con respecto al par transmitido de parte movida TOUT y el par de motor térmico THE suponiendo que sus respectivas magnitudes no hayan cambiado. Por lo tanto, estableciendo la relación de número de pares de polos α a un valor mayor, es posible reducir más el tamaño y los costos de la primera máquina rotativa.

La invención según la reivindicación 9 es el grupo motor 1F a 1U según la reivindicación 8, incluyendo además un dispositivo de almacenamiento de potencia eléctrica (batería 43) que está configurado de manera que sea capaz de cargarse y descargarse y está conectado eléctricamente al estator 23, 33 y la segunda máquina rotativa mediante los controladores primero y segundo, respectivamente.

Con esta disposición, el dispositivo de almacenamiento de potencia eléctrica capaz de cargarse y descargarse está conectado al estator y la segunda máquina rotativa mediante los controladores primero y segundo, respectivamente. Por lo tanto, es posible obtener el ahorro óptimo de carburante del motor térmico, por ejemplo. Específicamente, cuando la potencia motriz demandada para mover las partes movidas es menor que la potencia motriz de ahorro óptimo de carburante que hace posible obtener un ahorro óptimo de carburante del motor térmico, es posible controlar la potencia motriz del motor térmico de tal manera que se pueda obtener el ahorro óptimo de carburante, y

convertir la potencia motriz excedente del motor térmico a potencia eléctrica por la primera o la segunda máquina rotativa para cargar la potencia eléctrica en el dispositivo de almacenamiento de potencia eléctrica. Inversamente, cuando la potencia motriz demandada es mayor que la potencia motriz de ahorro óptimo de carburante, es posible controlar la potencia motriz del motor térmico de tal manera que se pueda obtener el ahorro óptimo de carburante, e introducir la potencia eléctrica cargada en el dispositivo de almacenamiento de potencia eléctrica antes descrito a las partes movidas como potencia motriz rotacional mediante la primera y/o la segunda máquina rotativa, para compensar por ello la escasez de potencia motriz. Con esto, independientemente de la magnitud de carga en las partes movidas, se puede lograr el ahorro óptimo de carburante del motor térmico, y por lo tanto es posible mejorar más la eficiencia de accionamiento del grupo motor.

La invención según la reivindicación 10 es el grupo motor 1G, 10 según la reivindicación 8 o 9, incluyendo además una transmisión 111, 161 para cambiar la velocidad de potencia motriz del otro del par del primer rotor y el segundo elemento y el par del segundo rotor y el primer elemento y transmitir la potencia motriz a las partes movidas.

Con esta disposición, la potencia motriz del otro par (denominado a continuación el “elemento de conexión de parte movida”) del par del primer rotor y el segundo elemento y el par del segundo rotor y el primer elemento es transmitida a las partes movidas cambiando al mismo tiempo la velocidad de la potencia motriz por la transmisión. Por lo tanto, por ejemplo, cuando la carga en las partes movidas es muy grande, y por lo tanto el par transmitido a las partes movidas es demasiado grande, controlando la relación de transmisión de la transmisión hacia el lado de velocidad más baja, el par transmitido del elemento de conexión de parte movida a la transmisión se puede reducir con respecto al par transmitido desde la transmisión a las partes movidas. Esto hace posible reducir el tamaño del primero o del segundo rotor, lo que a su vez hace posible reducir más el tamaño y los costos de la primera máquina rotativa.

Además, por ejemplo, tanto en un caso donde el primer elemento está conectado a las partes movidas como en un caso donde el segundo elemento está conectado a las partes movidas, es posible reducir más los tamaños y los costos de la segunda máquina rotativa y el diferencial. Específicamente, en el caso donde el primer elemento está conectado a las partes movidas (véase la figura 81), cuando la carga en las partes movidas es muy grande, la relación de transmisión de la transmisión es controlada hacia el lado de velocidad más baja, por lo que el par transmitido desde el primer elemento a la transmisión se reduce con respecto al par transmitido desde la transmisión a las partes movidas. Esto hace posible reducir el par distribuido a los elementos primero y tercero mediante el segundo elemento, y por lo tanto es posible reducir más el tamaño y los costos del diferencial. Además, cuando el par distribuido al tercer elemento es menor como se ha descrito anteriormente, el par transmitido desde el tercer elemento a la segunda máquina rotativa se puede reducir, y por lo tanto es posible reducir más el tamaño y los costos de la segunda máquina rotativa.

Además, por ejemplo, en el caso donde el segundo elemento está conectado a las partes movidas (véase la figura 77), cuando la carga en las partes movidas es muy grande, controlando la relación de transmisión de la transmisión hacia el lado de velocidad más baja, el par transmitido desde la segunda máquina rotativa a la transmisión mediante los elementos tercero y segundo se puede reducir con respecto al par transmitido de la transmisión a las partes movidas. Esto hace posible reducir más los tamaños y los costos de la segunda máquina rotativa y el diferencial.

Además, por ejemplo, cuando la velocidad de las partes movidas es muy alta, controlando la relación de transmisión de la transmisión hacia el lado de velocidad más alta, es posible disminuir la velocidad rotacional de rotor primero o segundo VR1 o VR2 con respecto a la velocidad de las partes movidas, de modo que es posible evitar que se produzca fallo de la primera máquina rotativa porque la velocidad rotacional de rotor primero o segundo VR1 o VR2 sea demasiado alta. Esto es especialmente efectivo cuando el primer rotor está conectado a las partes movidas porque el primer rotor está formado por imanes y los imanes tienen menor intensidad que los elementos magnéticos de material blando, como se ha descrito anteriormente, de modo que dichos inconvenientes tienden a producirse.

Además, en el caso donde el segundo elemento está conectado a las partes movidas, cuando la velocidad de las partes movidas es más alta que la velocidad rotacional del motor térmico, como es evidente por la figura 78, a la que se hace referencia anteriormente, la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa es a veces demasiado alta. Por lo tanto, en tal caso, por ejemplo, controlando la relación de transmisión de la transmisión hacia el lado de velocidad más alta, para disminuir por ello la velocidad rotacional de segundo elemento V2 con respecto a la velocidad de las partes movidas, es posible disminuir la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa, como es evidente por la figura 78, de modo que es posible evitar que se produzca fallo de la segunda máquina rotativa porque la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa sea demasiado alta.

Además, en el caso donde el primer elemento está conectado a las partes movidas, cuando la velocidad rotacional del motor térmico es más alta que la velocidad de las partes movidas, como es claro por la figura 82, a la que se hace referencia anteriormente, la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa es a veces demasiado alta. Por lo tanto, en tal caso, por ejemplo, controlando la relación de transmisión de la transmisión hacia el lado de velocidad más baja, para aumentar por ello la velocidad rotacional de primer elemento V1 con respecto a la velocidad de las partes movidas, es posible disminuir la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa, como es evidente por la figura 82. Esto hace posible evitar que el fallo de la segunda máquina rotativa sea producido

porque la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa sea demasiado alta.

Además, por ejemplo, controlando la relación de transmisión de la transmisión, es posible controlar la velocidad rotacional de rotor primero o segundo VR1 o VR2 a una velocidad apropiada con respecto a la velocidad de las partes movidas, por lo que es posible obtener una eficiencia alta de la primera máquina rotativa. Además, controlando la relación de transmisión de la transmisión, la velocidad rotacional de primer o segundo elemento V2 o V1 se incrementa o disminuye con respecto a la velocidad de las partes movidas, por lo que, como es evidente por la figura 78 y la figura 82, la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa puede ser controlada a una velocidad apropiada, haciendo por ello posible obtener una eficiencia alta de la segunda máquina rotativa.

Además, por ejemplo, como se ha descrito anteriormente con respecto a la operación de la reivindicación 8, usando la primera máquina rotativa, el diferencial y la segunda máquina rotativa, es posible transmitir la potencia motriz del motor térmico a las partes movidas cambiando al mismo tiempo de forma progresiva su velocidad, y por lo tanto es posible reducir la frecuencia de la operación de cambio de velocidad de la transmisión. Esto hace posible mejorar la eficiencia de accionamiento del grupo motor, al igual que en el grupo motor según la reivindicación 3.

La invención según la reivindicación 11 es el grupo motor 1H, 1P según la reivindicación 8 o 9, incluyendo además una transmisión 121, 171 para cambiar la velocidad de la potencia motriz desde la primera porción de salida del motor térmico y transmitir la potencia motriz a uno del par del primer rotor y el segundo elemento y el par del segundo rotor y el primer elemento.

Con esta disposición, la potencia motriz de la primera porción de salida del motor térmico es transmitida a un par (denominado a continuación el "elemento de conexión de motor térmico") del par del primer rotor y el segundo elemento y el par del segundo rotor y el primer elemento cambiando al mismo tiempo la velocidad de la potencia motriz por la transmisión. Por lo tanto, controlando la relación de transmisión de la transmisión hacia el lado de velocidad más alta, por ejemplo, es posible reducir el par introducido desde la primera porción de salida del motor térmico al elemento de conexión de motor térmico, haciendo por ello posible reducir más los tamaños y los costos de la primera máquina rotativa, el diferencial y la segunda máquina rotativa.

Además, por ejemplo, cuando la velocidad rotacional del motor térmico es muy alta, controlando la relación de transmisión de la transmisión hacia el lado de velocidad más baja, la velocidad rotacional de rotor primero o segundo VR1 o VR2 se puede disminuir con respecto a la velocidad rotacional del motor térmico, de modo que es posible evitar que el fallo de la primera máquina rotativa sea producido porque la velocidad rotacional de rotor primero o segundo VR1 o VR2 sea demasiado alta. En el caso donde el primer rotor está conectado a la primera porción de salida del motor térmico, esto es especialmente efectivo porque el primer rotor está formado por imanes y por lo tanto dichos inconvenientes tienden a producirse.

Además, por ejemplo, tanto en el caso donde el segundo elemento está conectado a la primera porción de salida del motor térmico como en el caso donde el primer elemento está conectado a la primera porción de salida del motor térmico, es posible evitar que el fallo de la segunda máquina rotativa sea producido porque la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa sea demasiado alta. Específicamente, en el caso donde el primer elemento está conectado a la primera porción de salida del motor térmico, cuando la velocidad de las partes movidas es más alta que la velocidad rotacional del motor térmico, como es evidente por la figura 78, la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa es a veces demasiado alta. Por lo tanto, en tal caso, por ejemplo, controlando la relación de transmisión de la transmisión hacia el lado de velocidad más alta, para aumentar por ello la velocidad rotacional de primer elemento V1 con respecto a la velocidad rotacional del motor térmico, es posible, como es evidente por la figura 78, disminuir la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa, de modo que es posible evitar que el fallo de la segunda máquina rotativa sea producido porque la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa sea demasiado alta.

Además, en el caso donde el segundo elemento está conectado a la primera porción de salida del motor térmico, cuando la velocidad rotacional del motor térmico es más alta que la velocidad de las partes movidas, como es evidente por la figura 82, la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa es a veces demasiado alta. Por lo tanto, en tal caso, por ejemplo, controlando la relación de transmisión de la transmisión hacia el lado de velocidad más baja para disminuir por ello la velocidad rotacional de segundo elemento V2 con respecto a la velocidad rotacional del motor térmico, es posible, como es evidente por la figura 82, disminuir la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa, de modo que es posible evitar que el fallo de la segunda máquina rotativa sea producido porque la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa sea demasiado alta.

Además, por ejemplo, controlando la relación de transmisión de la transmisión, es posible controlar la velocidad rotacional de rotor primero o segundo VR1 o VR2 a una velocidad apropiada con respecto a la velocidad rotacional del motor térmico, por lo que es posible obtener una eficiencia alta de la primera máquina rotativa. Además, controlando la relación de transmisión de la transmisión, la velocidad rotacional de primer o segundo elemento V1 o V2 se incrementa o disminuye con respecto a la velocidad rotacional del motor térmico, por lo que, como es evidente por la figura 78 y la figura 82, la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa puede ser controlada a una velocidad apropiada, haciendo por ello posible obtener una eficiencia alta de la segunda máquina rotativa.

Además, en un caso donde la primera porción de salida del motor térmico está conectada a las partes movidas mediante una transmisión escalonada del tipo de engranaje, durante una operación de cambio de velocidad hasta que un tren de engranajes seleccionado para un cambio de la relación de transmisión, el motor térmico y las partes movidas están desconectados uno de otro por la transmisión escalonada, por lo que se interrumpe la transmisión del par del motor térmico, que tiende a producir un choque de cambio de velocidad, tal como una repentina disminución de par. Según la presente invención, el otro del par del primer rotor y el segundo elemento y el par del segundo rotor y el primer elemento se puede conectar a las partes movidas sin hacerlo mediante la transmisión escalonada anterior, por ejemplo, por lo que es posible, incluso cuando la transmisión escalonada se usa como una transmisión para transmitir potencia motriz procedente de la primera porción de salida del motor térmico al elemento de conexión de motor térmico, suprimir dicho choque de cambio de velocidad durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión por la operación siguiente:

En el caso donde el segundo rotor y el primer elemento están conectados a la primera porción de salida del motor térmico y el segundo rotor y el primer elemento están conectados uno a otro, cuando la primera porción de salida del motor térmico es desconectada del segundo rotor y el primer elemento por la operación de cambio de velocidad de la transmisión, se suministra potencia eléctrica al estator de la primera máquina rotativa y la segunda máquina rotativa. Como consecuencia, por dichas funciones de la primera máquina rotativa, se combinan dicho par equivalente de accionamiento T_e del estator y el par transmitido al primer rotor, como se describe a continuación, y luego el par combinado es transmitido al segundo rotor. Dado que el segundo rotor y el primer elemento están conectados uno a otro como se ha mencionado anteriormente, el par transmitido al segundo rotor es transmitido al primer elemento, y se combina con el par transmitido desde la segunda máquina rotativa al tercer elemento, y luego el par combinado es transmitido al segundo elemento. Parte del par transmitido al segundo elemento es transmitida a las partes movidas, y el resto es transmitido al primer rotor mediante las partes movidas. Como se ha descrito anteriormente, durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión, el par puede ser transmitido desde las máquinas rotativas primera y segunda a las partes movidas, y por lo tanto es posible suprimir el choque de cambio de velocidad, haciendo por ello posible mejorar la comerciabilidad.

Los efectos anteriores se pueden obtener igualmente también cuando el primer rotor y el segundo elemento están conectados a la primera porción de salida del motor térmico, y el primer rotor y el segundo elemento están conectados uno a otro. Específicamente, en este caso, cuando se suministra potencia eléctrica al estator y la segunda máquina rotativa, el par de la segunda máquina rotativa es transmitido al tercer elemento y se combina con el par transmitido al primer elemento, como se describe a continuación. El par combinado es transmitido al segundo elemento. Dado que el primer rotor y el segundo elemento están conectados uno a otro, el par transmitido al segundo elemento es transmitido al primer rotor y se combina con el par equivalente de accionamiento T_e del estator, y luego el par combinado es transmitido al segundo rotor. Parte del par transmitido al segundo rotor es transmitida a las partes movidas, y el resto es transmitido al primer elemento mediante las partes movidas. Por lo tanto, también en este caso, durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión, es posible evitar un choque de cambio de velocidad, haciendo por ello posible mejorar la comerciabilidad.

La invención según la reivindicación 12 es el grupo motor 11 según la reivindicación 8 o 9, donde el segundo rotor y el primer elemento están conectados mecánicamente a la primera porción de salida del motor térmico, y el primer rotor y el segundo elemento están conectados mecánicamente a las partes movidas, y el grupo motor también incluye una transmisión 131 para cambiar la velocidad de potencia motriz del primer rotor y transmitir la potencia motriz a las partes movidas.

Con esta disposición, el segundo rotor y el primer elemento están conectados mecánicamente a la primera porción de salida del motor térmico, mientras que el primer rotor y el segundo elemento están conectados mecánicamente a las partes movidas, y la transmisión transmite la potencia motriz del primer rotor a las partes movidas cambiando al mismo tiempo la velocidad de la potencia motriz. Por lo tanto, por ejemplo durante la transmisión de potencia motriz a las partes movidas, descrita anteriormente con referencia a la figura 77, cuando la carga ejercida en las partes movidas es muy grande, controlando la relación de transmisión de la transmisión hacia el lado de velocidad más baja, el par transmitido desde el primer rotor a la transmisión se puede reducir con respecto al par transmitido desde la transmisión a las partes movidas. Esto hace posible reducir el tamaño del primer rotor, lo que a su vez hace posible reducir más el tamaño y los costos de la primera máquina rotativa.

Además, por ejemplo, cuando la velocidad de las partes movidas es muy alta, controlando la relación de transmisión de la transmisión hacia el lado de velocidad más alta, es posible disminuir la velocidad rotacional de primer rotor VR1 con respecto a la velocidad de las partes movidas, de modo que es posible evitar que el fallo de la primera máquina rotativa sea producido porque la velocidad rotacional de primer rotor VR1 sea demasiado alta. Esto es especialmente efectivo porque el primer rotor está formado por imanes, como se ha descrito anteriormente, y por lo tanto dichos inconvenientes tienden a producirse. Además, controlando la relación de transmisión de la transmisión, la velocidad rotacional de primer rotor VR1 puede ser controlada a una velocidad apropiada con respecto a la velocidad de las partes movidas, por lo que es posible obtener una eficiencia alta de la primera máquina rotativa.

Además, como se ha descrito anteriormente con respecto a la operación de la reivindicación 11, cuando la primera

porción de salida del motor térmico está conectada a las partes movidas mediante una transmisión escalonada del tipo de engranaje, durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión, tiende a producirse un choque de cambio de velocidad. Según la presente invención, por ejemplo, el segundo elemento se puede conectar a las partes movidas sin hacerlo mediante dicha transmisión escalonada y por lo tanto, incluso cuando la transmisión escalonada se usa como una transmisión para transmitir potencia motriz desde el primer rotor a las partes movidas, parte de par del motor térmico puede ser transmitida a las partes movidas mediante los elementos primero y segundo durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión, como es evidente por la figura 77. Esto permite evitar el choque de cambio de velocidad antes descrito, y por lo tanto es posible mejorar la comerciabilidad.

Además, por ejemplo, como se ha descrito anteriormente con respecto a la operación de la reivindicación 8, usando la primera máquina rotativa, el diferencial y la segunda máquina rotativa, es posible transmitir la potencia motriz del motor térmico a las partes movidas cambiando al mismo tiempo de forma progresiva su velocidad, y por lo tanto es posible reducir la frecuencia de la operación de cambio de velocidad de la transmisión. Esto hace posible mejorar la eficiencia de accionamiento del grupo motor, al igual que en el grupo motor según la reivindicación 10.

La invención según la reivindicación 13 es el grupo motor 1J según la reivindicación 8 o 9, donde el segundo rotor y el primer elemento están conectados mecánicamente a la primera porción de salida del motor térmico, y el primer rotor y el segundo elemento están conectados mecánicamente a las partes movidas, el grupo motor incluyendo también una transmisión 141 para cambiar la velocidad de potencia motriz desde la segunda porción de salida de la segunda máquina rotativa y transmitir la potencia motriz al tercer elemento.

Con esta disposición, el segundo rotor y el primer elemento están conectados mecánicamente a la primera porción de salida del motor térmico, y el primer rotor y el segundo elemento están conectados mecánicamente a las partes movidas. La transmisión transmite la potencia motriz desde la segunda porción de salida de la segunda máquina rotativa al tercer elemento cambiando al mismo tiempo la velocidad de la potencia motriz. Por lo tanto, por ejemplo durante la transmisión de potencia motriz a las partes movidas, descrita anteriormente con referencia a la figura 77, cuando la carga en las partes movidas es muy grande, controlando la relación de transmisión de la transmisión hacia el lado de velocidad más baja, el par transmitido desde la segunda máquina rotativa a la transmisión se puede reducir con respecto al par transmitido desde la transmisión a las partes movidas mediante los elementos tercero y segundo. Esto hace posible reducir más el tamaño y los costos de la segunda máquina rotativa.

Además, cuando la velocidad de las partes movidas es más alta que la velocidad rotacional del motor térmico, como es evidente por la figura 78, la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa es a veces demasiado alta. Por lo tanto, en tal caso, por ejemplo, controlando la relación de transmisión de la transmisión hacia el lado de velocidad más alta, es posible disminuir la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa con respecto a la velocidad rotacional de tercer elemento V3 que se determina por la relación entre la velocidad de las partes movidas y la velocidad rotacional del motor térmico, de modo que es posible evitar que el fallo de la segunda máquina rotativa sea producido porque la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa sea demasiado alta. Además, controlando la relación de transmisión de la transmisión, la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa puede ser controlada a una velocidad apropiada con respecto a la velocidad rotacional de tercer elemento V3 que se determina por la relación entre la velocidad de las partes movidas y la velocidad rotacional del motor térmico, asumida en ese momento, haciendo por ello posible obtener una eficiencia alta de la segunda máquina rotativa.

Además, como se ha descrito anteriormente con respecto a la operación de la reivindicación 11, al conectar la primera porción de salida del motor térmico a las partes movidas mediante una transmisión escalonada del tipo de engranaje, tiende a producirse un choque de cambio de velocidad durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión. Según la presente invención, por ejemplo, el primer rotor se puede conectar a las partes movidas sin hacerlo mediante dicha transmisión escalonada, por lo que incluso cuando la transmisión escalonada se usa como una transmisión para transmitir potencia motriz desde la segunda máquina rotativa al tercer elemento, parte de par del motor térmico puede ser transmitida a las partes movidas mediante los rotores segundo y primero durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión, como es evidente por la figura 77. Por lo tanto, se puede evitar el choque de cambio de velocidad antes descrito, lo que hace posible mejorar la comerciabilidad.

Además, por ejemplo, como se ha descrito anteriormente con respecto a la operación de la reivindicación 8, usando la primera máquina rotativa, el diferencial y la segunda máquina rotativa, la potencia motriz del motor térmico puede ser transmitida a las partes movidas cambiando al mismo tiempo su velocidad de forma progresiva, y por lo tanto es posible reducir la frecuencia de la operación de cambio de velocidad de la transmisión. Esto hace posible mejorar la eficiencia de accionamiento del grupo motor, al igual que en el grupo motor según la reivindicación 10.

La invención según la reivindicación 14 es el grupo motor 1K según la reivindicación 8 o 9, donde el segundo rotor y el primer elemento están conectados mecánicamente a la primera porción de salida del motor térmico, y el primer rotor y el segundo elemento están conectados mecánicamente a las partes movidas, incluyendo además el grupo motor una transmisión 151 para cambiar la velocidad de potencia motriz desde el segundo elemento y transmitir la potencia motriz a las partes movidas.

Con esta disposición, el segundo rotor y el primer elemento están conectados mecánicamente a la primera porción

de salida del motor térmico, y el primer rotor y el segundo elemento están conectados mecánicamente a las partes movidas. La transmisión transmite potencia motriz desde el segundo elemento a las partes movidas cambiando al mismo tiempo la velocidad de la potencia. Por lo tanto, por ejemplo, durante la transmisión de potencia motriz a las partes movidas, descrita anteriormente con referencia a la figura 77, cuando la carga ejercida en las partes movidas es muy grande, controlando la relación de transmisión de la transmisión hacia el lado de velocidad más baja, el par transmitido desde el segundo elemento a la transmisión se puede reducir con respecto al par transmitido desde la transmisión a las partes movidas, lo que a su vez hace posible reducir el par combinado mediante los elementos primero y tercero del diferencial. Por lo tanto, es posible reducir los tamaños y los costos del diferencial y la segunda máquina rotativa.

Además, cuando la velocidad de las partes movidas es más alta que la velocidad rotacional del motor térmico, como es evidente por la figura 78, la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa es a veces demasiado alta. Por lo tanto, en tal caso, por ejemplo, controlando la relación de transmisión de la transmisión hacia el lado de velocidad más alta, es posible disminuir la velocidad rotacional de segundo elemento V2 con respecto a la velocidad de las partes movidas, haciendo por ello posible disminuir la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa, como es evidente por la figura 78. Por lo tanto, es posible evitar que el fallo de la segunda máquina rotativa sea producido porque la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa sea demasiado alta. Además, controlando la relación de transmisión de la transmisión, por ejemplo, la velocidad rotacional de segundo elemento V2 se incrementa o disminuye con respecto a la velocidad de las partes movidas, por lo que, como es evidente por la figura 78, la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa puede ser controlada a una velocidad apropiada, haciendo por ello posible obtener una eficiencia alta de la segunda máquina rotativa.

Además, como se ha descrito anteriormente con respecto a la operación de la reivindicación 11, al conectar la primera porción de salida del motor térmico a las partes movidas mediante una transmisión escalonada del tipo de engranaje, tiende a producirse un choque de cambio de velocidad durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión. Según la presente invención, por ejemplo, el primer rotor se puede conectar a las partes movidas sin hacerlo mediante dicha transmisión escalonada, por lo que incluso cuando la transmisión escalonada se usa como una transmisión para transmitir potencia motriz desde el segundo elemento a las partes movidas, es posible, como es evidente por la figura 77, transmitir parte de par del motor térmico a las partes movidas mediante los rotores segundo y primero durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión. Por lo tanto, dado que se puede evitar el choque de cambio de velocidad antes descrito, es posible mejorar la comerciabilidad.

Además, por ejemplo, como se ha descrito anteriormente con respecto a la operación de la reivindicación 8, usando la primera máquina rotativa, el diferencial y la segunda máquina rotativa, la potencia motriz del motor térmico puede ser transmitida a las partes movidas cambiando al mismo tiempo su velocidad de forma progresiva, y por lo tanto es posible reducir la frecuencia de la operación de cambio de velocidad de la transmisión. Esto hace posible mejorar la eficiencia de accionamiento del grupo motor, al igual que en el grupo motor según la reivindicación 10.

La invención según la reivindicación 15 es el grupo motor 1L según la reivindicación 8 o 9, donde el segundo rotor y el primer elemento están conectados mecánicamente a la primera porción de salida del motor térmico, estando conectados mecánicamente el primer rotor y el segundo elemento a las partes movidas, incluyendo además el grupo motor una unidad de engranaje planetario (segunda unidad de engranaje planetario PS2) incluyendo un engranaje solar (segundo engranaje solar S2), un engranaje anular (segundo engranaje anular R2), y un soporte (segundo soporte C2) que soporta rotativamente engranajes planetarios (segundos engranajes planetarios P2) en engrane con el engranaje solar y el engranaje anular, un primer embrague CL1, y un segundo embrague CL2, donde uno del engranaje solar y el engranaje anular está conectado mecánicamente al segundo elemento, donde el soporte está conectado mecánicamente al tercer elemento, y está conectado mecánicamente a la segunda porción de salida de la segunda máquina rotativa mediante el primer embrague CL1, y donde el otro del engranaje solar y el engranaje anular está conectado mecánicamente a la segunda porción de salida mediante el segundo embrague CL2.

Con esta disposición, el segundo rotor y el primer elemento están conectados mecánicamente a la primera porción de salida del motor térmico, y el primer rotor y el segundo elemento están conectados mecánicamente a las partes movidas. Además, uno del engranaje solar y el engranaje anular de la unidad de engranaje planetario (denominado a continuación "un engranaje") está conectado mecánicamente al segundo elemento conectado a las partes movidas, y el soporte está conectado mecánicamente al tercer elemento. El soporte está conectado mecánicamente a la segunda porción de salida de la segunda máquina rotativa mediante el primer embrague. Además, el otro del engranaje solar y el engranaje anular (denominado a continuación el "otro engranaje") está conectado mecánicamente a la segunda porción de salida de la segunda máquina rotativa mediante el segundo embrague. Así, la segunda porción de salida de la segunda máquina rotativa está conectada mecánicamente al tercer elemento mediante el primer embrague y el soporte, y está conectada mecánicamente al tercer elemento mediante el segundo embrague, el otro engranaje, los engranajes planetarios, y el soporte.

Ahora, la velocidad rotacional de un engranaje se denomina la "velocidad rotacional de primer engranaje VG1", la velocidad rotacional del otro engranaje, la "velocidad rotacional de segundo engranaje VG2", y la velocidad rotacional del soporte, la "velocidad rotacional de soporte VC". En la relación de conexión antes descrita, cuando los elementos rotativos están conectados directamente uno a otro, y al mismo tiempo el primer embrague está

enganchado para conectar por ello la segunda porción de salida de la segunda máquina rotativa al soporte mientras el segundo embrague está desenganchado para desconectar por ello entre la segunda porción de salida y el otro engranaje (a continuación, dicho estado de primer embrague enganchado y segundo embrague desenganchado se denomina el "primer modo de cambio de velocidad"), la relación entre la velocidad rotacional del motor térmico, la velocidad de las partes movidas, etc, se expresa por ejemplo como se representa en la figura 85(a). Además, cuando el primer embrague se desengancha para desconectar por ello entre la segunda porción de salida de la segunda máquina rotativa y el soporte mientras el segundo embrague se engancha para conectar por ello la segunda porción de salida al otro engranaje (a continuación, dicho estado de primer embrague desenganchado y segundo embrague enganchado se denomina el "segundo modo de cambio de velocidad"), la relación entre la velocidad rotacional del motor térmico, la velocidad de las partes movidas, etc, se expresa por ejemplo como se representa en la figura 85(b).

Se deberá indicar que, como se ha descrito anteriormente, la primera máquina rotativa según la presente invención tiene las mismas funciones que la primera máquina rotativa según la reivindicación 1, y por lo tanto, como es claro por dicha ecuación (25), la relación entre la velocidad rotacional de campo magnético VF, la velocidad rotacional de primer rotor VR1 y la velocidad rotacional de segundo rotor VR2 se expresa por una ecuación $VF = (\alpha + 1) VR2 - \alpha \cdot VR1$. Por lo tanto, en el nomograma de velocidad ilustrado en la figura 85, la relación entre la distancia desde una línea vertical que representa la velocidad rotacional de campo magnético VF a una línea vertical que representa la velocidad rotacional de segundo rotor VR2, y la distancia desde la línea vertical que representa la velocidad rotacional de segundo rotor VR2 a una línea vertical que representa la velocidad rotacional de primer rotor VR1 es $1:(1/\alpha)$. Además, la distancia desde una línea vertical que representa la velocidad rotacional de primer engranaje VG1 a una línea vertical que representa la velocidad rotacional de soporte VC se representa por Y, y la distancia desde una línea vertical que representa la velocidad rotacional de soporte VC a una línea vertical que representa la velocidad rotacional de segundo engranaje VG2 se representa por Z.

Como es claro por una comparación entre las figuras 85(a) y 85(b), en el nomograma de velocidad, la distancia entre una línea vertical que representa la velocidad de las partes movidas y una línea vertical que representa la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa es más corta en el primer modo de cambio de velocidad que en el segundo modo de cambio de velocidad, y por lo tanto una relación $(D2/D1)$ entre una diferencia de velocidad D2 entre la segunda porción de salida de la segunda máquina rotativa y las partes movidas y una diferencia de velocidad D1 entre las partes movidas y el motor térmico es menor en el primer modo de cambio de velocidad. Además, cuando la velocidad de las partes movidas es más alta que la velocidad rotacional del motor térmico, la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa es más alta que la velocidad de las partes movidas, y a veces es demasiado alta. Por lo tanto, en tal caso, por ejemplo, usando el primer modo de cambio de velocidad, como es claro por la relación de la relación antes descrita entre las diferencias de velocidad D1 y D2, la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa se puede hacer menor que cuando se usa el segundo modo de cambio de velocidad, y por lo tanto es posible evitar que el fallo de la segunda máquina rotativa sea producido porque la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa sea demasiado alta.

Además, en un caso donde el par demandado de la segunda máquina rotativa es grande, como se ha descrito anteriormente con referencia a la figura 80, cuando se usa el primer modo de cambio de velocidad, la relación entre el par equivalente de accionamiento Te, el par de motor térmico THE, el par transmitido de parte movida TOUT, y el segundo par de máquina rotativa TM2 se representa por ejemplo en la figura 86(a). Además, el par demandado de la segunda máquina rotativa, es decir, el segundo par de máquina rotativa TM2 se representa por la ecuación siguiente (39):

$$TM2 = - \{ THE + [(1/\alpha) + 1] TOUT \} / [Y + ((1/\alpha) + 1)] \quad \dots (39)$$

Por otra parte, cuando se usa el segundo modo de cambio de velocidad, la relación entre el par equivalente de accionamiento Te, el par de motor térmico THE, el par transmitido de parte movida TOUT, y el segundo par de máquina rotativa TM2 se representa por ejemplo en la figura 86(b). Además, el segundo par de máquina rotativa TM2 se representa por la ecuación siguiente (40):

$$TM2 = - \{ THE + [(1/\alpha) + 1] TOUT \} / [Z + Y + ((1/\alpha) + 1)] \quad \dots (40)$$

Como es claro por una comparación entre las ecuaciones (39) y (40) antes descritas, el par TM2 de la segunda máquina rotativa es menor en el segundo modo de cambio de velocidad con respecto al par transmitido de parte movida TOUT y el par THE del motor térmico suponiendo que sus respectivas magnitudes no hayan cambiado. Por lo tanto, por ejemplo, en un caso donde el par demandado de la segunda máquina rotativa es grande, como se ha mencionado anteriormente, usando el segundo modo de cambio de velocidad, es posible reducir el segundo par de

máquina rotativa TM2, lo que a su vez hace posible reducir más el tamaño y los costos de la segunda máquina rotativa.

Además, por ejemplo, seleccionando el primer o el segundo modo de cambio de velocidad según la velocidad rotacional del motor térmico y la velocidad de las partes movidas, es posible controlar la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa a una velocidad apropiada, haciendo por ello posible obtener una eficiencia alta de la segunda máquina rotativa. Además, realizando conmutación entre los modos de cambio de velocidad primero y segundo cuando la velocidad rotacional de soporte VC y la velocidad rotacional de segundo engranaje VG2 son iguales entre sí, como se ilustra en la figura 87, es posible efectuar suavemente la conmutación manteniendo al mismo tiempo las respectivas rotaciones de las partes movidas y el motor térmico, haciendo por ello posible asegurar una excelente conducibilidad.

Además, por ejemplo, el primer rotor se puede conectar a las partes movidas sin hacerlo mediante la transmisión escalonada del tipo de engranaje, por lo que durante la conmutación entre los modos de cambio de velocidad primero y segundo, aunque ambos embragues primero y segundo se desenganchen para desconectar entre la segunda máquina rotativa y las partes movidas, como es evidente por la figura 77, parte del par THE del motor térmico puede ser transmitida a las partes movidas mediante los rotores segundo y primero. Por lo tanto, durante la conmutación entre los modos de cambio de velocidad primero y segundo, es posible evitar un choque de cambio de velocidad, haciendo por ello posible mejorar la comerciabilidad.

La invención según la reivindicación 16 es el grupo motor 1Q según la reivindicación 8 o 9, donde el primer rotor y el segundo elemento están conectados mecánicamente a la primera porción de salida del motor térmico, y el segundo rotor y el primer elemento están conectados mecánicamente a las partes movidas, incluyendo además el grupo motor una transmisión 181 para cambiar la velocidad de potencia motriz transmitida entre la segunda porción de salida de la segunda máquina rotativa y el tercer elemento.

Con esta disposición, el primer rotor y el segundo elemento están conectados mecánicamente a la primera porción de salida del motor térmico, el segundo rotor y el primer elemento están conectados mecánicamente a las partes movidas, y la transmisión cambia la velocidad de la potencia motriz transmitida entre la segunda porción de salida de la segunda máquina rotativa y el tercer elemento. Por lo tanto, por ejemplo, durante la transmisión de la potencia motriz a las partes movidas, descrita anteriormente con referencia a la figura 81, cuando la carga ejercida en las partes movidas es muy grande, de modo que se transmita un par muy grande a la segunda máquina rotativa mediante el diferencial, la relación de transmisión de la transmisión es controlada en una dirección en la que la potencia motriz transmitida a la segunda máquina rotativa se incrementa. Esto hace posible reducir el par transmitido desde la transmisión a la segunda máquina rotativa con respecto al par transmitido desde el tercer elemento a la transmisión, y por lo tanto es posible reducir el tamaño y los costos de la segunda máquina rotativa.

Además, en este caso, incluso cuando la operación de cambio de velocidad descrita anteriormente la efectúa la transmisión, la magnitud propiamente dicha de la potencia motriz transmitida desde el tercer elemento a la segunda máquina rotativa no se cambia, y cuando la potencia eléctrica generada por la segunda máquina rotativa es transmitida como potencia motriz al segundo rotor mediante el estator, el par transmitido a las partes movidas mediante el segundo rotor puede ser controlado a una magnitud deseada. Esto hace posible transmitir a las partes movidas un par que tenga una magnitud suficiente.

Además, cuando la velocidad rotacional del motor térmico es más alta que la velocidad de las partes movidas, como es evidente por la figura 82, la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa es a veces demasiado alta. Por lo tanto, en tal caso, por ejemplo, controlando la relación de transmisión de la transmisión en una dirección en la que se reduce la potencia motriz transmitida a la segunda máquina rotativa, la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa se puede disminuir con respecto a la velocidad rotacional de tercer elemento V3 que se determina por la relación entre la velocidad rotacional del motor térmico y la velocidad de las partes movidas, asumida entonces, y por lo tanto es posible evitar que el fallo de la segunda máquina rotativa sea producido porque la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa sea demasiado alta. Además, controlando la relación de transmisión de la transmisión, la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa puede ser controlada a una velocidad apropiada con respecto a la velocidad rotacional de tercer elemento V3 que se determina por la relación entre la velocidad rotacional del motor térmico y la velocidad de las partes movidas, supuesta en el tiempo, haciendo por ello posible obtener una eficiencia alta de la segunda máquina rotativa.

Además, durante la transmisión de la potencia motriz a las partes movidas, descrita anteriormente con referencia a la figura 81, el par del motor térmico transmitido al segundo elemento es transmitido a las partes movidas mediante el primer elemento usando par de carga que actúa en el tercer elemento junto con la generación de potencia eléctrica por la segunda máquina rotativa, como una fuerza de reacción. Por lo tanto, cuando la transmisión escalonada del tipo de engranaje se usa como la transmisión de la presente invención, el tercer elemento y la segunda máquina rotativa se desconectan uno de otro por la operación de cambio de velocidad de la transmisión, por lo que el par de carga de la segunda máquina rotativa deja de actuar en el tercer elemento. Como consecuencia, el par transmitido desde el motor térmico mediante los elementos segundo y primero es muy pequeño. Según la presente invención, el segundo rotor se puede conectar a las partes movidas sin hacerlo mediante la transmisión

escalonada del tipo de engranaje, por ejemplo, por lo que durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión, como es evidente por la figura 81, parte del par del motor térmico puede ser transmitida a las partes movidas mediante los rotores primero y segundo. Esto hace posible evitar un choque de cambio de velocidad, tal como una repentina disminución de par, y por lo tanto es posible mejorar la comerciabilidad.

Además, por ejemplo, como se ha descrito anteriormente con respecto a la operación de la reivindicación 8, la potencia motriz del motor térmico puede ser transmitida a las partes movidas cambiando al mismo tiempo su velocidad de forma progresiva usando la primera máquina rotativa, el diferencial y la segunda máquina rotativa, y por lo tanto es posible reducir la frecuencia de la operación de cambio de velocidad de la transmisión. Esto hace posible mejorar la eficiencia de accionamiento del grupo motor, al igual que en el grupo motor según la reivindicación 10.

La invención según la reivindicación 17 es el grupo motor 1R según la reivindicación 8 o 9, donde el primer rotor y el segundo elemento están conectados mecánicamente a la primera porción de salida del motor térmico, y el segundo rotor y el primer elemento están conectados mecánicamente a las partes movidas, incluyendo además el grupo motor una transmisión 191 para transmitir la potencia motriz desde el primer elemento a las partes movidas cambiando al mismo tiempo la velocidad de la potencia motriz.

Con esta disposición, el primer rotor y el segundo elemento están conectados mecánicamente a la primera porción de salida del motor térmico, y el segundo rotor y el primer elemento están conectados mecánicamente a las partes movidas. La transmisión transmite la potencia motriz desde el primer elemento a las partes movidas cambiando al mismo tiempo la velocidad de la potencia motriz. Como consecuencia, por ejemplo, durante la transmisión de la potencia motriz a las partes movidas, descrita anteriormente con referencia a la figura 81, cuando la carga ejercida en las partes movidas es muy grande, controlando la relación de transmisión de la transmisión hacia el lado de velocidad más baja, el par transmitido desde el primer elemento a la transmisión se puede reducir con respecto al par transmitido desde la transmisión a las partes movidas, por lo que es posible reducir los tamaños y los costos del diferencial y la segunda máquina rotativa.

Además, por ejemplo, cuando la velocidad rotacional del motor térmico es más alta que la velocidad de las partes movidas, como es evidente por la figura 82, la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa es a veces demasiado alta. Por lo tanto, en tal caso, por ejemplo, controlando la relación de transmisión de la transmisión hacia el lado de velocidad más baja e incrementando por ello la velocidad rotacional de primer elemento V1 con respecto a la velocidad de las partes movidas, como es evidente por la figura 82, es posible disminuir la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa, de modo que es posible evitar que el fallo de la segunda máquina rotativa sea producido porque la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa sea demasiado alta. Además, controlando la relación de transmisión de la transmisión, la velocidad rotacional de primer elemento V1 se incrementa o disminuye con respecto a la velocidad de las partes movidas, por lo que, como es evidente por la figura 82, la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa puede ser controlada a una velocidad apropiada, haciendo por ello posible obtener una eficiencia alta de la segunda máquina rotativa.

Además, como se ha descrito anteriormente con respecto a la operación de la reivindicación 11, cuando la primera porción de salida del motor térmico está conectada a las partes movidas mediante una transmisión escalonada del tipo de engranaje, durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión, tiende a producirse un choque de cambio de velocidad. Según la presente invención, por ejemplo, el segundo rotor se puede conectar a las partes movidas sin hacerlo mediante tal transmisión escalonada, por lo que incluso cuando la transmisión escalonada se usa como una transmisión para transmitir potencia motriz desde el primer elemento a las partes movidas, parte de par del motor térmico puede ser transmitida a las partes movidas mediante los rotores primero y segundo durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión, como es evidente por la figura 81. Por lo tanto, dado que se puede evitar el choque de cambio de velocidad antes descrito, es posible mejorar la comerciabilidad.

Además, por ejemplo, como se ha descrito anteriormente con respecto a la operación de la reivindicación 8, la potencia motriz del motor térmico puede ser transmitida a las partes movidas cambiando al mismo tiempo su velocidad de forma progresiva usando la primera máquina rotativa, el diferencial y la segunda máquina rotativa, y por lo tanto es posible reducir la frecuencia de la operación de cambio de velocidad de la transmisión. Esto hace posible mejorar la eficiencia de accionamiento del grupo motor, al igual que en el grupo motor según la reivindicación 10.

La invención según la reivindicación 18 es el grupo motor 1S según la reivindicación 8 o 9, donde el primer rotor y el segundo elemento están conectados mecánicamente a la primera porción de salida del motor térmico, y el segundo rotor y el primer elemento están conectados mecánicamente a las partes movidas, incluyendo además el grupo motor una unidad de engranaje planetario (segunda unidad de engranaje planetario PS2) incluyendo un engranaje solar (segundo engranaje solar S2), un engranaje anular (segundo engranaje anular R2), y un soporte (segundo soporte C2) que soporta rotativamente engranajes planetarios (segundos engranajes planetarios P2) en engrane con el engranaje solar y el engranaje anular, un primer embrague CL1, y un segundo embrague CL2, donde uno del engranaje solar y el engranaje anular está conectado mecánicamente al segundo elemento, donde el soporte está conectado mecánicamente al tercer elemento y está conectado mecánicamente a la segunda porción de salida de la segunda máquina rotativa mediante el primer embrague CL1, y donde el otro del engranaje solar y el engranaje anular está conectado mecánicamente a la segunda porción de salida mediante el segundo embrague CL2.

Con esta disposición, el primer rotor y el segundo elemento están conectados mecánicamente a la primera porción de salida del motor térmico, y el segundo rotor y el primer elemento están conectados mecánicamente a las partes movidas. Además, uno del engranaje solar y el engranaje anular de la unidad de engranaje planetario, es decir, un engranaje está conectado mecánicamente al segundo elemento conectado al motor térmico, y el soporte está conectado mecánicamente al tercer elemento y está conectado mecánicamente a la segunda porción de salida de la segunda máquina rotativa mediante el primer embrague. Además, el otro del engranaje solar y el engranaje anular, es decir, el otro engranaje está conectado mecánicamente a la segunda porción de salida de la segunda máquina rotativa mediante el segundo embrague. Como se ha descrito anteriormente, la segunda porción de salida de la segunda máquina rotativa está conectada mecánicamente al tercer elemento mediante el primer embrague y el soporte, y está conectada mecánicamente al tercer elemento mediante el segundo embrague, el otro embrague, los engranajes planetarios y el soporte.

Ahora, de forma similar al caso de la reivindicación 15, la velocidad rotacional de un engranaje se denomina la velocidad rotacional de primer engranaje VG1, la velocidad rotacional del otro engranaje se denomina la velocidad rotacional de segundo engranaje VG2, y la velocidad rotacional del soporte se denomina la velocidad rotacional de soporte VC. En la relación de conexión antes descrita, cuando los elementos rotativos están conectados directamente uno a otro, y al mismo tiempo el primer embrague está enganchado para conectar por ello la segunda porción de salida de la segunda máquina rotativa al soporte mientras el segundo embrague está desenganchado para desconectar por ello entre la segunda porción de salida y el otro engranaje, la relación entre la velocidad rotacional del motor térmico, la velocidad de las partes movidas, etc, se expresa por ejemplo como se representa en la figura 88(a). A continuación, dicho estado de primer embrague enganchado y segundo embrague desenganchado se denomina el "primer modo de cambio de velocidad", de forma similar al caso de la reivindicación 15. Además, cuando el primer embrague se desengancha para desconectar por ello entre la segunda porción de salida de la segunda máquina rotativa y el soporte mientras el segundo embrague se engancha para conectar por ello la segunda porción de salida al otro engranaje, la relación entre la velocidad rotacional del motor térmico, la velocidad de las partes movidas, etc, se expresa por ejemplo como se representa en la figura 88(b). A continuación, dicho estado de primer embrague desenganchado y segundo embrague enganchado se denomina el "segundo modo de cambio de velocidad", de forma similar al caso de la reivindicación 15.

Se deberá indicar que, de forma similar al caso de la reivindicación 15, en el nomograma de velocidad en la figura 88, la relación entre la distancia desde una línea vertical que representa la velocidad rotacional de campo magnético VF a una línea vertical que representa la velocidad rotacional de segundo rotor VR2, y la distancia desde la línea vertical que representa la velocidad rotacional de segundo rotor VR2 a una línea vertical que representa la velocidad rotacional de primer rotor VR1 es $1:(1/\alpha)$. Además, en la figura 88, la distancia desde una línea vertical que representa la velocidad rotacional de primer engranaje VG1 a una línea vertical que representa la velocidad rotacional de soporte VC se representa por Y, y la distancia desde la línea vertical que representa la velocidad rotacional de soporte VC a una línea vertical que representa la velocidad rotacional de segundo engranaje VG2 se representa por Z.

Como es claro por una comparación entre las figuras 88(a) y 88(b), en el nomograma de velocidad, la distancia entre una línea vertical que representa la velocidad de las partes movidas y una línea vertical que representa la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa es más corta en el primer modo de cambio de velocidad que en el segundo modo de cambio de velocidad, y por lo tanto una relación $(D2/D1)$ entre una diferencia de velocidad D2 entre la segunda porción de salida de la segunda máquina rotativa y las partes movidas y una diferencia de velocidad D1 entre el motor térmico y las partes movidas es menor en el primer modo de cambio de velocidad. Además, cuando la velocidad rotacional del motor térmico es más alta que la velocidad de las partes movidas, la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa es más alta que la velocidad de las partes movidas, y a veces es demasiado alta. Por lo tanto, en tal caso, por ejemplo, usando el primer modo de cambio de velocidad, como es claro por la relación de la relación antes descrita entre las diferencias de velocidad D2 y D1, la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa se puede hacer menor que cuando se usa el segundo modo de cambio de velocidad, y por lo tanto es posible evitar que el fallo de la segunda máquina rotativa sea producido porque la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa sea demasiado alta.

Además, en el caso donde el par demandado de la segunda máquina rotativa sea grande, como se ha descrito anteriormente con referencia a la figura 83, cuando se usa el primer modo de cambio de velocidad, la relación entre el par equivalente de accionamiento T_e , el par de transmisión de motor térmico TDHE, el par transmitido de parte movida TOUT, y el segundo par de máquina rotativa TM2 se representa por ejemplo como en la figura 89(a). Además, el par demandado de la segunda máquina rotativa, es decir el segundo par de máquina rotativa TM2 se representa por la ecuación siguiente (41):

$$TM2 = - \{ TOUT + [(1/\alpha) + 1] TDHE \} / [Y + ((1/\alpha) + 1)] \quad \dots \quad (41)$$

Por otra parte, cuando se usa el segundo modo de cambio de velocidad, la relación entre el par equivalente de accionamiento T_e , el par de transmisión de motor térmico TDHE, el par transmitido de parte movida TOUT, y el segundo par de máquina rotativa TM2 se representa por ejemplo como en la figura 89(b). Además, el segundo par de máquina rotativa TM2 se representa por la ecuación siguiente (42):

$$TM2 = - \{ TOUT + [(1 / \alpha) + 1] TDHE \} / [Z + Y + (1 / \alpha) + 1] \quad \dots \quad (42)$$

Como es claro por una comparación entre las ecuaciones (41) y (42) antes descritas, el segundo par de máquina rotativa TM2 es menor en el segundo modo de cambio de velocidad con respecto al par de transmisión de motor térmico TDHE y el par transmitido de parte movida TOUT suponiendo que sus respectivas magnitudes no hayan cambiado. Por lo tanto, por ejemplo, en tal caso, dado que el par demandado de la segunda máquina rotativa es grande, como se ha descrito anteriormente, usando el segundo modo de cambio de velocidad, es posible reducir el segundo par de máquina rotativa TM2, lo que a su vez hace posible reducir más el tamaño y los costos de la segunda máquina rotativa.

Además, por ejemplo, seleccionando el primer o el segundo modo de cambio de velocidad según la velocidad rotacional del motor térmico y la velocidad de las partes movidas, es posible controlar la velocidad rotacional de la segunda máquina rotativa a una velocidad apropiada, haciendo por ello posible obtener una eficiencia alta de la segunda máquina rotativa. Además, de forma similar al caso de la reivindicación 15, efectuando la conmutación entre los modos de cambio de velocidad primero y segundo cuando la velocidad rotacional de soporte VC y la velocidad rotacional de segundo engranaje VG2 son iguales entre sí, es posible efectuar suavemente la conmutación manteniendo al mismo tiempo las respectivas rotaciones de las partes movidas y el motor térmico, haciendo por ello posible asegurar una excelente conducibilidad.

Además, de forma similar al caso de la reivindicación 16, durante la transmisión de la potencia motriz desde el motor térmico a las partes movidas, descrita anteriormente con referencia a la figura 81, el par THE del motor térmico transmitido al segundo elemento es transmitido a las partes movidas mediante el primer elemento usando par de carga que actúa en el tercer elemento junto con la generación de potencia eléctrica por la segunda máquina rotativa, como una fuerza de reacción. Por lo tanto, durante la conmutación entre los modos de cambio de velocidad primero y segundo, si ambos embragues primero y segundo se desenganchan, el tercer elemento y la segunda máquina rotativa se desconectan uno de otro, por lo que el par de carga de la segunda máquina rotativa deja de actuar en el tercer elemento. Como consecuencia, el par THE del motor térmico transmitido mediante los elementos segundo y primero es muy pequeño. Según la presente invención, el segundo rotor se puede conectar a las partes movidas sin hacerlo mediante la transmisión escalonada del tipo de engranaje, por ejemplo, por lo que, aunque ambos embragues primero y segundo estén desenganchados, como es evidente por la figura 81, parte del par THE del motor térmico puede ser transmitida a las partes movidas mediante los rotores primero y segundo. Esto hace posible evitar un choque de cambio de velocidad, tal como una repentina disminución de par, y por lo tanto es posible mejorar la comerciabilidad.

La invención según la reivindicación 19 es el grupo motor 1T según la reivindicación 8 o 9, donde el primer rotor y el segundo elemento están conectados mecánicamente a la primera porción de salida del motor térmico, y el segundo rotor y el primer elemento están conectados mecánicamente a las partes movidas, incluyendo además el grupo motor una transmisión 201 para cambiar la velocidad de potencia motriz del segundo rotor y transmitir la potencia motriz a las partes movidas.

Con esta disposición, el primer rotor y el segundo elemento están conectados mecánicamente a la primera porción de salida del motor térmico, y el segundo rotor y el primer elemento están conectados mecánicamente a las partes movidas. La transmisión transmite la potencia motriz desde el segundo rotor a las partes movidas cambiando al mismo tiempo la velocidad de la potencia motriz. Como consecuencia, por ejemplo, durante la transmisión de potencia motriz a las partes movidas, descrita anteriormente con referencia a la figura 81, cuando la carga ejercida en las partes movidas es muy grande, controlando la relación de transmisión de la transmisión hacia el lado de velocidad más baja, el par transmitido desde el segundo rotor a la transmisión se puede reducir con respecto al par transmitido desde la transmisión a las partes movidas, por lo que es posible reducir el tamaño del segundo rotor, lo que a su vez hace posible reducir más el tamaño y los costos de la primera máquina rotativa.

Además, por ejemplo, cuando la velocidad de las partes movidas es muy alta, controlando la relación de transmisión de la transmisión hacia el lado de velocidad más alta, es posible disminuir la velocidad rotacional de segundo rotor VR2 con respecto a la velocidad de las partes movidas, de modo que es posible evitar que el fallo de la primera máquina rotativa sea producido porque la velocidad rotacional de segundo rotor VR2 sea demasiado alta. Además, controlando la relación de transmisión de la transmisión, la velocidad rotacional de segundo rotor VR2 puede ser controlada a una velocidad apropiada con respecto a la velocidad de las partes movidas, por lo que es posible obtener una eficiencia alta de la primera máquina rotativa.

Además, como se ha descrito con relación a la operación de la reivindicación 11, cuando la primera porción de salida del motor térmico está conectada a las partes movidas mediante una transmisión escalonada del tipo de engranaje, tiende a producirse un choque de cambio de velocidad durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión. Según la presente invención, por ejemplo, el primer elemento se puede conectar a las partes movidas sin hacerlo mediante dicha transmisión escalonada y, por lo tanto, incluso cuando la transmisión escalonada se usa como una transmisión para transmitir potencia motriz desde el segundo rotor a las partes movidas, como es evidente por la figura 81, parte de par del motor térmico puede ser transmitida a las partes movidas mediante los elementos segundo y primero durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión. Por lo tanto, dado que se puede evitar el choque de cambio de velocidad antes descrito, es posible mejorar la comerciabilidad.

Además, por ejemplo, como se ha descrito anteriormente con respecto a la operación de la reivindicación 8, usando la primera máquina rotativa, el diferencial y la segunda máquina rotativa, la potencia motriz del motor térmico puede ser transmitida a las partes movidas cambiando al mismo tiempo su velocidad de forma progresiva, y por lo tanto es posible reducir la frecuencia de la operación de cambio de velocidad de la transmisión. Esto hace posible mejorar la eficiencia de accionamiento del grupo motor, al igual que en el grupo motor según la reivindicación 10.

La invención según la reivindicación 20 es el grupo motor 1M, 1U según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 19, incluyendo además un mecanismo de freno BL para bloquear la rotación inversa de la primera porción de salida del motor térmico.

Con esta disposición, la rotación inversa de la primera porción de salida del motor térmico es bloqueada por el mecanismo de freno, y de acuerdo con ello, uno de un par del primer rotor y el segundo elemento y un par del segundo rotor y el primer elemento, que están conectados a la primera porción de salida, se evita que gire en una dirección. A continuación se describirán la operación y los efectos de la presente invención. En primer lugar, con respecto al primer grupo motor en el que el segundo rotor y el primer elemento están conectados a la primera porción de salida del motor térmico, y el primer rotor y el segundo elemento están conectados a las partes movidas. Además, las direcciones de rotación del segundo rotor y el primer elemento, que están bloqueadas por el mecanismo de freno, se denominan la "dirección bloqueada de segundo rotor" y la "dirección bloqueada de primer elemento", respectivamente. Como es claro por dichas funciones de la primera máquina rotativa, suministrando potencia eléctrica al estator, y haciendo por ello que se genere un campo magnético rotativo para girar en la misma dirección que dicha dirección bloqueada de segundo rotor, es posible transmitir toda la potencia eléctrica suministrada al estator al primer rotor como potencia motriz, y además a las partes movidas. Además, el diferencial tiene las mismas funciones que las de la unidad de engranaje planetario como se ha descrito anteriormente, y por lo tanto suministrando potencia eléctrica a la segunda máquina rotativa y haciendo que la segunda porción de salida de la segunda máquina rotativa gire en una dirección opuesta a dicha dirección bloqueada de primer elemento conjuntamente con el tercer elemento, es posible transmitir toda la potencia motriz de la segunda máquina rotativa al segundo elemento, y además a las partes movidas.

Como se ha descrito anteriormente, según el primer grupo motor, es posible accionar las partes movidas por la primera máquina rotativa y/o la segunda máquina rotativa sin usar la potencia motriz del motor térmico. Además, en este caso, es posible accionar las partes movidas evitando al mismo tiempo no solamente la rotación inversa de la primera porción de salida del motor térmico por el mecanismo de freno, sino también el arrastre del motor térmico por la operación siguiente: a través de dicho control de la dirección de rotación del campo magnético rotativo, el par equivalente de accionamiento T_e del estator actúa en el segundo rotor con el fin de hacer que el segundo rotor gire en la dirección bloqueada de segundo rotor, y a través de dicho control de la dirección de rotación de la segunda porción de salida, el segundo par de máquina rotativa TM_2 actúa en el primer elemento, mediante los elementos tercero y segundo, con el fin de hacer que el primer elemento gire en la dirección bloqueada de primer elemento. Esto hace, durante dicho accionamiento de las partes movidas, que la primera porción de salida del motor térmico se mantenga estacionaria conjuntamente con el segundo rotor y el primer elemento, y por lo tanto la primera porción de salida no arrastra el motor térmico.

También se pueden obtener los efectos antes descritos por el segundo grupo motor en el que el primer rotor y el segundo elemento están conectados a la primera porción de salida del motor térmico, y el segundo rotor y el primer elemento están conectados a las partes movidas. A continuación, las direcciones de rotación del primer rotor y el segundo elemento, bloqueados por el mecanismo de freno, se denominan la "dirección bloqueada de primer rotor" y la "dirección bloqueada de segundo rotor", respectivamente. Usando dichas funciones de la primera máquina rotativa, suministrando potencia eléctrica al estator y haciendo que un campo magnético rotativo generado gire en una dirección opuesta a dicha dirección bloqueada de primer rotor, es posible transmitir toda la potencia eléctrica suministrada al estator, al segundo rotor como potencia motriz, y además a las partes movidas. Además, dado que el diferencial tiene las mismas funciones que las de la unidad de engranaje planetario, suministrando potencia eléctrica a la segunda máquina rotativa y haciendo que la segunda porción de salida de la segunda máquina rotativa gire en la misma dirección que dicha dirección bloqueada de segundo elemento conjuntamente con el tercer elemento, es posible transmitir toda la potencia motriz desde la segunda máquina rotativa al primer elemento, y además a las partes movidas.

Como se ha descrito anteriormente, según el segundo grupo motor, al igual que en el primer grupo motor, es posible

accionar las partes movidas por la primera máquina rotativa y/o la segunda máquina rotativa sin usar la potencia motriz del motor térmico. Además, en este caso, al igual que en el primer grupo motor, es posible accionar las partes movidas evitando al mismo tiempo no solamente la rotación inversa de la primera porción de salida del motor térmico por el mecanismo de freno, sino también el arrastre del motor térmico por la operación siguiente: a través de dicho control de la dirección de rotación del campo magnético rotativo, el par equivalente de accionamiento T_e del estator actúa en el primer rotor con el fin de hacer que el primer rotor gire en la dirección bloqueada de primer rotor, y a través de dicho control de la dirección de rotación de la segunda porción de salida, el segundo par de máquina rotativa $TM2$ actúa en el segundo elemento, mediante el tercer elemento, con el fin de hacer que el segundo elemento gire en la dirección bloqueada de segundo elemento. Esto hace, durante dicho accionamiento de las partes movidas, que la primera porción de salida del motor térmico se mantenga estacionaria conjuntamente con el primer rotor y el segundo elemento, y por lo tanto la primera porción de salida no arrastra el motor térmico.

[Breve descripción de los dibujos]

[Figura 1] Un diagrama esquemático de un grupo motor según una primera realización de la presente invención.

[Figura 2] Un diagrama de bloques de un sistema de control para controlar un motor, etc, que aparece en la figura 1.

[Figura 3] Una vista en sección transversal ampliada de la primera máquina rotativa que aparece en la figura 1.

[Figura 4] Una vista esquemática de desarrollo que representa un estator y rotores A1 y A2 de la primera máquina rotativa que aparece en la figura 1, en un estado desarrollado en la dirección circunferencial.

[Figura 5] Un nomograma de velocidad que ilustra un ejemplo de la relación entre una velocidad angular eléctrica de primer campo magnético, y velocidades angulares eléctricas de rotor A1 y A2 de la primera máquina rotativa que aparece en la figura 1.

[Figura 6] Diagramas que ilustran la operación de la primera máquina rotativa que aparece en la figura 1 en un caso donde se suministra potencia eléctrica al estator en un estado donde el rotor A1 se mantiene no rotativo.

[Figura 7] Diagramas que ilustran una continuación de la operación ilustrada en la figura 6.

[Figura 8] Diagramas que ilustran una continuación de la operación ilustrada en la figura 7.

[Figura 9] Un diagrama que ilustra la relación posicional entre primeros polos magnéticos de inducido y núcleos en un caso donde los primeros polos magnéticos de inducido han girado un ángulo eléctrico de 2π desde el estado representado en la figura 6.

[Figura 10] Diagramas que ilustran la operación de la primera máquina rotativa que aparece en la figura 1 en un caso donde se suministra potencia eléctrica al estator en un estado en el que el rotor A2 se mantiene no rotativo.

[Figura 11] Diagramas que ilustran una continuación de la operación ilustrada en la figura 10.

[Figura 12] Diagramas que ilustran una continuación de la operación ilustrada en la figura 11.

[Figura 13] Un diagrama que ilustra un ejemplo de los cambios en los voltajes de fuerza contraelectromotriz de fase U a fase W en un caso donde el rotor A1 de la primera máquina rotativa en la presente invención se mantiene no rotativo.

[Figura 14] Un diagrama que ilustra un ejemplo de los cambios en un primer par de accionamiento equivalente y los pares transmitidos de rotor A1 y A2 en el caso donde el rotor A1 de la primera máquina rotativa en la presente invención se mantiene no rotativo.

[Figura 15] Un diagrama que ilustra un ejemplo de los cambios en los voltajes de fuerza contraelectromotriz de fase U a fase W en el caso donde el rotor A2 de la primera máquina rotativa en la presente invención se mantiene no rotativo.

[Figura 16] Un diagrama que ilustra un ejemplo de los cambios en el primer par de accionamiento equivalente y los pares transmitidos de rotor A1 y A2 en el caso donde el rotor A2 de la primera máquina rotativa en la presente invención se mantiene no rotativo.

[Figura 17] Una vista en sección transversal ampliada de la segunda máquina rotativa representada en la figura 1.

[Figura 18] Un diagrama que representa un estado de transmisión de par en el grupo motor representado en la figura 1 durante avance lento EV.

[Figura 19] Un nomograma de velocidad que ilustra un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales, tal como la velocidad del motor, de elementos rotativos del grupo motor representado en la figura 1 durante el avance lento EV.

5 [Figura 20] Un nomograma de velocidad que ilustra un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales de los varios elementos rotativos del grupo motor representado en la figura 1 al tiempo de arranque parado EV.

[Figura 21] Un diagrama que representa un estado de transmisión de par en el grupo motor representado en la figura 1 al tiempo de arranque ENG durante la marcha EV.

10 [Figura 22] Un nomograma de velocidad que ilustra un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales de los varios elementos rotativos del grupo motor representado en la figura 1 al tiempo del arranque ENG durante la marcha EV.

15 [Figura 23] Un diagrama que representa un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales y los pares de los varios elementos rotativos del grupo motor representado en la figura 1 al tiempo del arranque ENG durante la marcha EV.

[Figura 24] Un diagrama que representa un estado de transmisión de par en el grupo motor representado en la figura 1 en un modo de entrada/salida de batería cero.

[Figura 25] Un diagrama que es útil para explicar operaciones de cambio de velocidad realizadas por las máquinas rotativas primera y segunda del grupo motor representado en la figura 1.

25 [Figura 26] Un diagrama que representa un estado de transmisión de par en el grupo motor representado en la figura 1 en un modo de asistencia.

[Figura 27] Un diagrama que representa un estado de transmisión de par en el grupo motor representado en la figura 1 en un modo de carga al tiempo de accionamiento.

30 [Figura 28] Un diagrama que representa un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales y los pares de los varios elementos rotativos del grupo motor representado en la figura 1 al inicio de la operación de aceleración rápida durante la marcha ENG.

35 [Figura 29] Un diagrama que representa un estado de transmisión de par en el grupo motor representado en la figura 1 durante la regeneración de deceleración.

[Figura 30] Un diagrama que representa un estado de transmisión de par en el grupo motor representado en la figura 1 en el tiempo de arranque ENG durante la parada del vehículo.

40 [Figura 31] Un nomograma de velocidad que ilustra un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales de los varios elementos rotativos del grupo motor representado en la figura 1 al tiempo del arranque ENG durante la parada del vehículo.

45 [Figura 32] Un diagrama que representa un estado de transmisión de par en el grupo motor representado en la figura 1 durante avance lento ENG.

[Figura 33] Un nomograma de velocidad que ilustra un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales de los varios elementos rotativos del grupo motor representado en la figura 1 durante el avance lento ENG.

50 [Figura 34] Un nomograma de velocidad que ilustra un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales de los varios elementos rotativos del grupo motor representado en la figura 1 al tiempo del arranque parado basado en ENG.

55 [Figura 35] Un diagrama esquemático de un grupo motor según una segunda realización de la presente invención.

[Figura 36] Un diagrama esquemático de un grupo motor según una tercera realización de la presente invención.

[Figura 37] Un diagrama esquemático de un grupo motor según una cuarta realización de la presente invención.

60 [Figura 38] Un diagrama esquemático de un grupo motor según una quinta realización de la presente invención.

[Figura 39] Un diagrama esquemático de un grupo motor según una sexta realización de la presente invención.

65 [Figura 40] Un diagrama esquemático de un grupo motor según una séptima realización de la presente invención.

[Figura 41] Un diagrama de bloques de un sistema de control para controlar un motor, etc, que aparecen en la figura 40.

[Figura 42] Un diagrama que representa un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales y los pares de varios elementos rotativos del grupo motor representado en la figura 40 al tiempo del arranque ENG durante la marcha EV.

[Figura 43] Un diagrama que es útil para explicar las operaciones de cambio de velocidad realizadas por una primera máquina rotativa y una máquina rotativa del grupo motor representado en la figura 40.

[Figura 44] Un diagrama que representa un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales y los pares de varios elementos rotativos del grupo motor representado en la figura 40 al inicio de la operación de aceleración rápida durante la marcha ENG.

[Figura 45] Un diagrama esquemático de un grupo motor según una octava realización de la presente invención.

[Figura 46] Un diagrama esquemático de un grupo motor según una novena realización de la presente invención.

[Figura 47] Un diagrama esquemático de un grupo motor según una décima realización de la presente invención.

[Figura 48] Un diagrama esquemático de un grupo motor según una undécima realización de la presente invención.

[Figura 49] Un diagrama esquemático de un grupo motor según una duodécima realización de la presente invención.

[Figura 50] Un diagrama esquemático de un grupo motor según una decimotercera realización de la presente invención.

[Figura 51] (a) un nomograma de velocidad que ilustra un ejemplo de la relación entre una velocidad rotacional de primer engranaje solar, una velocidad rotacional de primer soporte y una velocidad rotacional de primer engranaje anular, un nomograma de velocidad que ilustra un ejemplo de la relación entre una velocidad rotacional de segundo engranaje solar, una velocidad rotacional de segundo soporte y una velocidad rotacional de segundo engranaje anular; y (b) un nomograma de velocidad que ilustra un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales de cuatro elementos rotativos formados conectando las unidades primera y segunda de engranajes planetarios del grupo motor representado en la figura 50.

[Figura 52] (a) un nomograma de velocidad que ilustra un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales de los cuatro elementos rotativos formados conectando las unidades primera y segunda de engranajes planetarios del grupo motor representado en la figura 50, ilustrado conjuntamente con un nomograma de velocidad que ilustra un ejemplo de la relación entre la velocidad rotacional de primer campo magnético, y las velocidades rotacionales de rotor A1 y A2; y (b) un nomograma de velocidad que ilustra un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales de cinco elementos rotativos formados conectando la segunda máquina rotativa, y las unidades primera y segunda de engranajes planetarios del grupo motor representado en la figura 50.

[Figura 53] Nomogramas de velocidad que ilustran ejemplos de la relación entre las velocidades rotacionales de los varios elementos rotativos del grupo motor representado en la figura 50, durante (a) un primer modo de cambio de velocidad y (b) un segundo modo de cambio de velocidad, respectivamente.

[Figura 54] Diagramas que ilustran ejemplos de la relación entre las velocidades rotacionales y los pares de los varios elementos rotativos del grupo motor representado en la figura 50 al inicio de la operación de aceleración rápida durante la marcha ENG, en los casos respectivos de (a) el primer modo de cambio de velocidad y (b) el segundo modo de cambio de velocidad.

[Figura 55] Un diagrama esquemático de un grupo motor según una decimocuarta realización de la presente invención.

[Figura 56] Un diagrama esquemático de un grupo motor según una decimoquinta realización de la presente invención.

[Figura 57] Un diagrama que representa un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales y los pares de varios elementos rotativos del grupo motor representado en la figura 56 al tiempo del arranque ENG durante la marcha EV.

[Figura 58] Un diagrama que es útil para explicar las operaciones de cambio de velocidad realizadas por una máquina rotativa y una segunda máquina rotativa del grupo motor representado en la figura 56.

[Figura 59] Un diagrama que representa un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales y los pares de

los varios elementos rotativos del grupo motor representado en la figura 56 al inicio de la operación de aceleración rápida durante la marcha ENG.

- 5 [Figura 60] Un diagrama esquemático de un grupo motor según una decimosexta realización de la presente invención.
- [Figura 61] Un diagrama esquemático de un grupo motor según una realización decimoséptima de la presente invención.
- 10 [Figura 62] Un diagrama esquemático de un grupo motor según una realización decimooctava de la presente invención.
- [Figura 63] Un diagrama esquemático de un grupo motor según una decimonovena realización de la presente invención.
- 15 [Figura 64] Un diagrama esquemático de un grupo motor según una vigésima realización de la presente invención.
- [Figura 65] (a) un nomograma de velocidad que ilustra un ejemplo de la relación entre la velocidad rotacional de primer engranaje solar, la velocidad rotacional de primer soporte y la velocidad rotacional de primer engranaje anular, ilustrado conjuntamente con un nomograma de velocidad que ilustra un ejemplo de la relación entre la velocidad rotacional de segundo engranaje solar, la velocidad rotacional de segundo soporte y la velocidad rotacional de segundo engranaje anular; y (b) un nomograma de velocidad que ilustra un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales de cuatro elementos rotativos formados conectando unidades primera y segunda de engranajes planetarios del grupo motor representado en la figura 64.
- 20 [Figura 66] (a) un nomograma de velocidad que ilustra un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales de los cuatro elementos rotativos formados conectando las unidades primera y segunda de engranajes planetarios del grupo motor representado en la figura 64, ilustrado conjuntamente con un nomograma de velocidad que ilustra un ejemplo de la relación entre una velocidad rotacional de segundo campo magnético, y las velocidades rotacionales de rotor B1 y B2 ; y (b) un nomograma de velocidad que ilustra un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales de cinco elementos rotativos formados conectando una segunda máquina rotativa, y las unidades primera y segunda de engranajes planetarios del grupo motor representado en la figura 64.
- 25 [Figura 67] Nomogramas de velocidad que ilustran ejemplos de la relación entre las velocidades rotacionales de los varios elementos rotativos del grupo motor representado en la figura 64, durante (a) el primer modo de cambio de velocidad y (b) el segundo modo de cambio de velocidad, respectivamente.
- 30 [Figura 68] Diagramas que ilustran ejemplos de la relación entre las velocidades rotacionales y los pares de los varios elementos rotativos del grupo motor representado en la figura 64 al tiempo del arranque ENG durante la marcha EV, en los casos respectivos de (a) el primer modo de cambio de velocidad y (b) el segundo modo de cambio de velocidad.
- 40 [Figura 69] Un diagrama esquemático de un grupo motor según una vigésimo primera realización de la presente invención.
- 45 [Figura 70] Un diagrama esquemático de un grupo motor según una vigésimo segunda realización de la presente invención.
- [Figura 71] Un diagrama que es útil para explicar un ejemplo de la operación del grupo motor convencional.
- 50 [Figura 72] Un diagrama que representa un circuito equivalente de la primera máquina rotativa de la presente invención.
- [Figura 73] Un diagrama que es útil para explicar un ejemplo de la operación de un grupo motor de la invención según la reivindicación 1.
- 55 [Figura 74] Un diagrama que es útil para explicar una operación de cambio de velocidad del grupo motor de la invención según la reivindicación 1.
- [Figura 75] Un diagrama que representa un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales y los pares de varios elementos rotativos del grupo motor de la invención según la reivindicación 1 en un caso donde un motor térmico arranca durante el accionamiento de partes movidas por las máquinas rotativas primera y segunda.
- 60 [Figura 76] Un diagrama que representa un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales y los pares de los varios elementos rotativos del grupo motor de la invención según la reivindicación 1 en un caso donde la velocidad de las partes movidas se incrementa rápidamente.
- 65

[Figura 77] Un diagrama que es útil para explicar un ejemplo de la operación de un primer grupo motor de la invención según la reivindicación 8.

5 [Figura 78] Un diagrama que es útil para explicar una operación de cambio de velocidad del primer grupo motor de la invención según la reivindicación 8.

[Figura 79] Un diagrama que representa un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales y los pares de
10 varios elementos rotativos del primer grupo motor de la invención según la reivindicación 8 en un caso donde el motor térmico arranca durante el accionamiento de las partes movidas por las máquinas rotativas primera y segunda.

[Figura 80] Un diagrama que representa un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales y los pares de
15 los varios elementos rotativos del primer grupo motor de la invención según la reivindicación 8 en el caso donde la velocidad de las partes movidas se incrementa rápidamente.

[Figura 81] Un diagrama que es útil para explicar un ejemplo de la operación de un segundo grupo motor de la invención según la reivindicación 8.

20 [Figura 82] Un diagrama que es útil para explicar una operación de cambio de velocidad del segundo grupo motor de la invención según la reivindicación 8.

[Figura 83] Un diagrama que representa un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales y los pares de
25 varios elementos rotativos del segundo grupo motor de la invención según la reivindicación 8 en el caso donde el motor térmico arranca durante el accionamiento de las partes movidas por las máquinas rotativas primera y segunda.

[Figura 84] Un diagrama que representa un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales de los varios
30 elementos rotativos del segundo grupo motor de la invención según la reivindicación 8 y la relación entre sus pares en el caso donde la velocidad de las partes movidas se incrementa rápidamente.

[Figura 85] Nomogramas de velocidad que ilustran ejemplos de la relación entre las velocidades rotacionales de
35 varios elementos rotativos de un grupo motor de la invención según la reivindicación 15, durante (a) el primer modo de cambio de velocidad y (b) el segundo modo de cambio de velocidad, respectivamente.

[Figura 86] Diagramas que ilustran ejemplos de la relación entre las velocidades rotacionales y los pares de los
40 varios elementos rotativos del grupo motor de la invención según la reivindicación 15 cuando la velocidad de las partes movidas se incrementa rápidamente en los casos respectivos de (a) el primer modo de cambio de velocidad y (b) el segundo modo de cambio de velocidad.

[Figura 87] Un diagrama que es útil para explicar la conmutación entre los modos de cambio de velocidad primero y
segundo en el grupo motor de la invención según la reivindicación 15.

45 [Figura 88] Nomogramas de velocidad que ilustran ejemplos de la relación entre las velocidades rotacionales de varios elementos rotativos de un grupo motor de la invención según la reivindicación 18, durante (a) el primer modo de cambio de velocidad y (b) el segundo modo de cambio de velocidad, respectivamente.

[Figura 89] Diagramas que ilustran ejemplos de la relación entre las velocidades rotacionales y los pares de varios
50 elementos rotativos del grupo motor de la invención según la reivindicación 18 cuando el motor térmico arranca durante el accionamiento de las partes movidas por las máquinas rotativas primera y segunda y al mismo tiempo en los casos respectivos de (a) el primer modo de cambio de velocidad y (b) el segundo modo de cambio de velocidad.

[Descripción de realizaciones]

55 La presente invención se describirá ahora en detalle con referencia a los dibujos que representan sus realizaciones preferidas. Se deberá indicar que, en las figuras, el sombreado en porciones que ilustran secciones transversales se omite por razones de conveniencia, si resulta apropiado. Las figuras 1 y 2 representan esquemáticamente un grupo motor 1 según una primera realización de la presente invención. El grupo motor 1 tiene la finalidad de mover ruedas de accionamiento izquierda y derecha DW y DW (partes movidas) de un vehículo (no representado), y como se
60 representa en la figura 1, incluye un motor de combustión interna 3 (motor térmico), una primera máquina rotativa 21 y una segunda máquina rotativa 31 como fuentes de potencia motriz, y un mecanismo de engranajes diferenciales 9 conectado a las ruedas motrices DW y DW mediante ejes de accionamiento 10 y 10. Además, como se representa en la figura 2, el grupo motor 1 incluye una UEC 2, una primera unidad de accionamiento de potencia (denominada a continuación la "primera PDU") 41 y una segunda unidad de accionamiento de potencia (denominada a continuación la "segunda PDU") 42, para controlar las respectivas operaciones del motor de combustión interna 3 y las máquinas
65 rotativas primera y segunda 21 y 31. Las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31 también funcionan como

transmisiones no etápicas, como se describirá a continuación.

El motor de combustión interna (denominado a continuación el "motor") 3 es, por ejemplo, un motor de gasolina, y tiene un cigüeñal 3a a que está conectado directamente a un primer eje de giro 4 soportado rotativamente por un cojinete 4a, mediante un volante 5. Además, un eje de conexión 6 y un segundo eje de giro 7 están dispuestos concéntricamente con el primer eje de giro 4, y un eje loco 8 está dispuesto en paralelo con el primer eje de giro 4. El eje de conexión 6, el segundo eje de giro 7, y el eje loco 8 se soportan rotativamente por cojinetes 6a, 7a, y 8a y 8a, respectivamente.

El eje de conexión 6 se forma de manera que sea hueco, y el primer eje de giro 4 está montado rotativamente a través del eje de conexión 6. El eje loco 8 está formado integralmente con un primer engranaje 8b y un segundo engranaje 8c. El primer engranaje 8b está en engrane con un engranaje 7b formado integralmente con el segundo eje de giro 7, y el segundo engranaje 8c está en engrane con un engranaje 9a del mecanismo de engranajes diferenciales 9. Con la disposición anterior, el segundo eje de giro 7 está conectado a las ruedas motrices DW y DW mediante el eje loco 8 y el mecanismo de engranajes diferenciales 9. A continuación, la dirección de circunferencia, la dirección de eje y la dirección de radio del primer eje de giro 4, el eje de conexión 6 y el segundo eje de giro 7 se denominan simplemente "la dirección circunferencial", "la dirección axial" y "la dirección radial", respectivamente.

Como se representa en las figuras 1 y 3, la primera máquina rotativa 21 incluye un estator 23, un rotor A1 24 dispuesto de manera opuesta al estator 23, y un rotor A2 25 dispuesto entre los dos 23 y 24. El estator 23, el rotor A2 25 y el rotor A1 24 están dispuestos concéntricamente uno con otro en la dirección radial desde fuera en el orden mencionado. En la figura 3, algunos elementos, tales como el primer eje de giro 4, se ilustran a modo de diagrama esquemático por razones de conveniencia de la ilustración.

Dicho estator 23 tiene la finalidad de generar un primer campo magnético rotativo, y como se representa en las figuras 3 y 4, incluye un núcleo de hierro 23a, y bobinas de fase U, fase V y fase W 23c, 23d y 23e dispuestas en el núcleo de hierro 23a. Se deberá indicar que, en la figura 3, solamente se representa la bobina de fase U 23c por razones de conveniencia. El núcleo de hierro 23a, que tiene una forma cilíndrica hueca formada laminando una pluralidad de chapas de acero, se extiende en la dirección axial, y está fijado a una caja inmóvil CA. Además, la superficie periférica interior del núcleo de hierro 23a se ha formado con doce ranuras 23b. Las ranuras 23b se extienden en la dirección axial, y están dispuestas a intervalos igualmente espaciados en la dirección circunferencial. Las bobinas de fase U a fase W 23c a 23e están devanadas en las ranuras 23b por devanado distribuido (devanado de onda), y están conectadas a una batería 43 mediante dicha primera PDU 41. La primera PDU 41 se implementa como un circuito eléctrico incluyendo un inversor, y está conectado a la UEC 2 (véase la figura 2).

En el estator 23 construido como antes, cuando se suministra potencia eléctrica desde la batería 43, para hacer por ello que circulen corrientes eléctricas a través de las bobinas de fase U a fase W 23c a 23e, o cuando se genera potencia eléctrica, como se describe a continuación, se generan cuatro polos magnéticos en respectivos extremos del núcleo de hierro 23a hacia el rotor A1 24 a intervalos igualmente espaciados en la dirección circunferencial (véase la figura 6), y el primer campo magnético rotativo generado por los polos magnéticos gira en la dirección circunferencial. A continuación, los polos magnéticos generados en el núcleo de hierro 23a se denominan los "primeros polos magnéticos de inducido". Además, cada dos primeros polos magnéticos de inducido que son circunferencialmente adyacentes uno a otro tienen polaridades diferentes uno de otro. Se deberá indicar que, en la figura 6 y otras figuras, a las que se hace referencia a continuación, los primeros polos magnéticos de inducido se representan por (N) y (S) sobre el núcleo de hierro 23a y las bobinas de fase U a fase W 23c a 23e.

Como se representa en la figura 4, el rotor A1 24 incluye una primera fila de polos magnéticos incluyendo ocho imanes permanentes 24a. Estos imanes permanentes 24a están dispuestos a intervalos igualmente espaciados en la dirección circunferencial, y la primera fila de polos magnéticos está enfrente del núcleo de hierro 23a del estator 23. Cada imán permanente 24a se extiende en la dirección axial, y su longitud en la dirección axial se pone a la misma longitud que la del núcleo de hierro 23a del estator 23.

Además, los imanes permanentes 24a están montados en una superficie periférica exterior de una porción anular fija 24b. Esta porción fija 24b se hace de un material magnético blando, tal como hierro o un laminado de una pluralidad de chapas de acero, y tiene su superficie periférica interior montada en la superficie periférica exterior de una pestaña en forma de chapa anular. La pestaña está formada integralmente en dicho eje de conexión 6. Así, el rotor A1 24, incluyendo los imanes permanentes 24a, es rotativo al unísono con el eje de conexión 6. Además, los imanes permanentes 24a están montados en la superficie periférica exterior de la porción fija 24b formada por el material magnético blando, como se ha descrito anteriormente, y por lo tanto aparece un polo magnético de (N) o (S) en un extremo de cada imán permanente 24a hacia el estator 23. Se deberá indicar que, en la figura 4 y otras figuras, a las que se hace referencia a continuación, los polos magnéticos de los imanes permanentes 24a se denotan con (N) y (S). Además, cada dos imanes permanentes 24a circunferencialmente adyacentes uno a otro tienen polaridades diferentes uno de otro.

El rotor A2 25 incluye una primera fila de elementos de material magnético blando formada por seis núcleos 25a. Estos núcleos 25a están dispuestos a intervalos igualmente espaciados en la dirección circunferencial, y la primera

fila de elementos de material magnético blando está dispuesta entre el núcleo de hierro 23a del estator 23 y la primera fila de polos magnéticos del rotor A1 24, espaciadas respectivas distancias predeterminadas. Cada núcleo 25a está formado por un material magnético blando, tal como un laminado de una pluralidad de chapas de acero, y se extiende en la dirección axial. Además, de forma similar al imán permanente 24a, la longitud del núcleo 25a en la dirección axial se pone a la misma longitud que la del núcleo de hierro 23a del estator 23. Además, el núcleo 25a está montado en un extremo exterior de una pestaña en forma de disco 25b mediante una porción de conexión cilíndrica hueca 25c que se extiende ligeramente en la dirección axial. Esta pestaña 25b está formada integralmente en dicho primer eje de giro 4. Esta disposición hace que el rotor A2 25, incluyendo los núcleos 25a, sea rotativo al unísono con el primer eje de giro 4. Se deberá indicar que, en las figuras 4 y 6, la porción de conexión 25c y la pestaña 25b se omiten por razones de conveniencia.

Ahora se describirá la operación de la primera máquina rotativa 21 construida como se ha descrito anteriormente. Como se ha descrito anteriormente, la primera máquina rotativa 21 incluye los cuatro primeros polos magnéticos de inducido, los ocho polos magnéticos de los imanes permanentes 24a (denominados a continuación los "primeros polos magnéticos"), y los seis núcleos 25a. Es decir, la relación entre el número de los primeros polos magnéticos de inducido, el número de los primeros polos magnéticos, y el número de los núcleos 25a se pone a 1:2,0:(1+2,0)/2. La relación del número de pares de polos de los primeros polos magnéticos al número de pares de polos de los primeros polos magnéticos de inducido (denominada a continuación la "primera relación de número de pares de polos α ") se pone a 2,0. Como es claro por esta configuración y dichas ecuaciones (18) a (20), los voltajes de fuerza contraelectromotriz, que son generados por las bobinas de fase U a fase W 23c a 23e cuando el rotor A1 24 y el rotor A2 25 giran con respecto al estator 23 (denominado a continuación el "voltaje de fuerza contraelectromotriz de fase U V_{cu} ", el "voltaje de fuerza contraelectromotriz de fase V V_{cv} " y el "voltaje de fuerza contraelectromotriz de fase W V_{cw} ", respectivamente), se expresan mediante las ecuaciones siguientes (43), (44) y (45).

$$V_{cu} = -3 \cdot \psi F [(3 \cdot \omega_{ER2} - 2 \cdot \omega_{ER1}) \sin(3 \cdot \theta_{ER2} - 2 \cdot \theta_{ER1})] \quad \dots \quad (43)$$

$$V_{cv} = -3 \cdot \psi F [(3 \cdot \omega_{ER2} - 2 \cdot \omega_{ER1}) \sin(3 \cdot \theta_{ER2} - 2 \cdot \theta_{ER1} - \frac{2\pi}{3})] \quad \dots \quad (44)$$

$$V_{cw} = -3 \cdot \psi F [(3 \cdot \omega_{ER2} - 2 \cdot \omega_{ER1}) \sin(3 \cdot \theta_{ER2} - 2 \cdot \theta_{ER1} + \frac{2\pi}{3})] \quad \dots \quad (45)$$

En estas ecuaciones ψF representa el valor máximo de los flujos magnéticos de los primeros polos magnéticos. Además, θ_{ER1} representa un ángulo eléctrico de rotor A1, que es un valor obtenido convirtiendo una posición rotacional angular de un imán permanente específico 24a del rotor A1 24 con respecto a una bobina de fase U específica 23c (denominada a continuación la "primera bobina de referencia") a una posición angular eléctrica. Más específicamente, el ángulo eléctrico de rotor A1 θ_{ER1} es un valor obtenido multiplicando la posición de ángulo rotacional del imán permanente específico 24a (denominado a continuación el "ángulo rotacional de rotor A1 θ_{A1} ") por un número de pares de polos de los primeros polos magnéticos de inducido, es decir, un valor de 2. Además, θ_{ER2} representa un ángulo eléctrico de rotor A2, que es un valor obtenido convirtiendo una posición de ángulo rotacional de un núcleo específico 25a del rotor A2 25 con respecto a dicha primera bobina de referencia a una posición angular eléctrica. Más específicamente, el ángulo eléctrico de rotor A2 θ_{ER2} es un valor obtenido multiplicando la posición de ángulo rotacional de este núcleo específico 25a (denominado a continuación el "ángulo rotacional de rotor A2 θ_{A2} ") por un número de pares de polos (valor de 2) de los primeros polos magnéticos de inducido.

Además, ω_{ER1} en las ecuaciones (43) a (45) representa un valor obtenido diferenciando θ_{ER1} con respecto al tiempo, es decir, un valor obtenido convirtiendo una velocidad angular del rotor A1 24 con respecto al estator 23 a una velocidad angular eléctrica (denominada a continuación la "velocidad angular eléctrica de rotor A1"). Además, ω_{ER2} representa un valor obtenido diferenciando ω_{ER2} con respecto al tiempo, es decir, un valor obtenido convirtiendo una velocidad angular del rotor A2 25 con respecto al estator 23 a una velocidad angular eléctrica (denominada a continuación la "velocidad angular eléctrica de rotor A2").

Además, como es claro por dicha primera relación de número de pares de polos α (= 2,0) y dichas ecuaciones (21) a

(23), las corrientes que circulan a través de las respectivas bobinas de fase U, fase V y fase W 23c, 23d y 23e (denominadas a continuación la “corriente de fase U lu”, la “corriente de fase V lv” y la “corriente de fase W lw”) se expresan por las ecuaciones siguientes (46), (47) y (48), respectivamente.

$$I_u = I \cdot \sin(3 \cdot \theta_{ER2} - 2 \cdot \theta_{ER1}) \quad \dots\dots (46)$$

$$I_v = I \cdot \sin(3 \cdot \theta_{ER2} - 2 \cdot \theta_{ER1} - \frac{2\pi}{3}) \quad \dots\dots (47)$$

$$I_w = I \cdot \sin(3 \cdot \theta_{ER2} - 2 \cdot \theta_{ER1} + \frac{2\pi}{3}) \quad \dots\dots (48)$$

5 En estas ecuaciones, I representa la amplitud (valor máximo) de las corrientes que fluyen a través de las bobinas de fase U a fase W 23c a 23e. Además, como es claro por la primera relación de número de pares de polos α ($= 2,0$) y dichas ecuaciones (24) y (25), la posición angular eléctrica de un vector del primer campo magnético rotativo del estator 23 con respecto a la primera bobina de referencia (denominada a continuación la “posición angular eléctrica de primer campo magnético θ_{MFR} ”) se expresa por la ecuación siguiente (49), y la velocidad angular eléctrica del primer campo magnético rotativo con respecto al estator 23 (denominada a continuación la “velocidad angular eléctrica de primer campo magnético ω_{MFR} ”) se expresa por la ecuación siguiente (50):

$$\theta_{MFR} = (\alpha + 1) \theta_{ER2} - \alpha \cdot \theta_{ER1} = 3 \cdot \theta_{ER2} - 2 \cdot \theta_{ER1} \quad \dots\dots (49)$$

$$\omega_{MFR} = (\alpha + 1) \omega_{ER2} - \alpha \cdot \omega_{ER1} = 3 \cdot \omega_{ER2} - 2 \cdot \omega_{ER1} \quad \dots\dots (50)$$

15 Por lo tanto, la relación entre la velocidad angular eléctrica de primer campo magnético ω_{MFR} , la velocidad angular eléctrica de rotor A1 ω_{ER1} , y la velocidad angular eléctrica de rotor A2 ω_{ER2} , que se representa en el denominado nomograma, se ilustra por ejemplo en la figura 5.

20 Además, suponiendo que un par equivalente a la potencia eléctrica suministrada al estator 23 y la velocidad angular eléctrica de primer campo magnético ω_{MFR} es un primer par de accionamiento equivalente TSE1, como es claro por la primera relación de número de pares de polos α ($= 2,0$) y dicha ecuación (32), la relación entre el primer par de accionamiento equivalente TSE1, un par transmitido al rotor A1 24 (denominado a continuación el “par transmitido de rotor A1”) TRA1, y un par transmitido al rotor A2 25 (denominado a continuación el “par transmitido de rotor A2”) TRA2 se expresa por la ecuación siguiente (51):

$$TSE1 = \frac{TRA1}{\alpha} = \frac{-TRA2}{(\alpha + 1)} = \frac{TRA1}{2} = \frac{-TRA2}{3} \quad \dots\dots (51)$$

25 Las relaciones entre las velocidades angulares eléctricas y los pares expresadas por las ecuaciones (50) y (51) son bastante similares a las relaciones entre las velocidades rotacionales y los pares del engranaje solar, el engranaje anular, y el soporte de una unidad de engranaje planetario que tiene una relación de engranaje entre el engranaje solar y el engranaje anular puesta a 1:2.

30 A continuación se describirá más específicamente cómo la potencia eléctrica suministrada al estator 23 es convertida a potencia motriz y sale del rotor A1 24 y el rotor A2 25. En primer lugar se describirá con referencia a las figuras 6 a 8 un caso donde la potencia eléctrica es suministrada al estator 23 en un estado en el que el rotor A1 24 se mantiene no rotativo. Se deberá indicar que, en las figuras 6 a 8, los números de referencia indicativos de una pluralidad de elementos componentes se omiten por razones de conveniencia. Esto también se aplica a otras figuras, a las que se hace referencia a continuación. Además, en las figuras 6 a 8, un primer polo magnético de inducido idéntico y un núcleo idéntico 25a se indican por sombreado para mayor claridad.

En primer lugar, como se representa en la figura 6(a), a partir de un estado donde el centro de un cierto núcleo 25a y el centro de un cierto imán permanente 24a son circunferencialmente coincidentes uno con otro, y el centro de un tercer núcleo 25a del cierto núcleo 25a y el centro de un cuarto imán permanente 24a del cierto imán permanente 24a son circunferencialmente coincidentes uno con otro, el primer campo magnético rotativo se genera de tal manera que gire hacia la izquierda, según se ve en la figura. Al inicio de la generación del primer campo magnético rotativo, se hace que las posiciones de dos primeros polos magnéticos de inducido adyacentes, excepto uno, uno a otro que tienen la misma polaridad coincidan circunferencialmente con los centros de los imanes permanentes 24a cuyos centros son coincidentes con los centros de núcleos 25a, respectivamente, y la polaridad de estos primeros polos magnéticos de inducido se hace diferente de la polaridad de los primeros polos magnéticos de estos imanes permanentes 24a.

Dado que el primer campo magnético rotativo es generado por el estator 23, entre él y el rotor A1 24, y el rotor A2 25 que tiene los núcleos 25a está dispuesto entre el estator 23 y el rotor A1 24, como se ha descrito anteriormente, los núcleos 25a son magnetizados por los primeros polos magnéticos de inducido y los primeros polos magnéticos. A causa de este hecho y el hecho de que los núcleos 25a adyacentes uno a otro están espaciados uno de otro, se generan líneas de fuerza magnética ML de una manera que conecta entre los primeros polos magnéticos de inducido, los núcleos 25a, y los primeros polos magnéticos. Se deberá indicar que, en las figuras 6 a 8, las líneas de fuerza magnética ML en el núcleo de hierro 23a y la porción fija 24b se omiten por razones de conveniencia. Esto también se aplica a otras figuras, a las que se hace referencia a continuación.

En el estado representado en la figura 6(a), las líneas de fuerza magnética ML son generadas de una manera que conecta los primeros polos magnéticos de inducido, los núcleos 25a y los primeros polos magnéticos cuyas posiciones circunferenciales son coincidentes una con otra, y al mismo tiempo de una manera que conecta los primeros polos magnéticos de inducido, los núcleos 25a y los primeros polos magnéticos que son adyacentes a dichos primeros polos magnéticos de inducido, los núcleos 25a y los primeros polos magnéticos, en sus respectivos lados circunferencialmente opuestos. Además, en este estado, dado que las líneas de fuerza magnética ML son rectas, no actúan fuerzas magnéticas para girar circunferencialmente los núcleos 25a en los núcleos 25a.

Cuando los primeros polos magnéticos de inducido giran a partir de las posiciones representadas en la figura 6(a) a posiciones respectivas representadas en la figura 6(b) según la rotación del primer campo magnético rotativo, las líneas de fuerza magnética ML están curvadas, y consiguientemente las fuerzas magnéticas actúan en los núcleos 25a de tal manera que las líneas de fuerza magnética ML sean rectas. En este caso, las líneas de fuerza magnética ML están curvadas en los núcleos 25a en forma convexa curvada en una dirección opuesta a una dirección de rotación del primer campo magnético rotativo (a continuación, esta dirección se denomina la "dirección de rotación de campo magnético") con respecto a las líneas rectas que conectan un primer polo magnético de inducido y un primer polo magnético que están conectados uno a otro por una línea asociada de las líneas de fuerza magnética ML. Por lo tanto, las fuerzas magnéticas antes descritas actúan en los núcleos 25a para accionarlos en la dirección de rotación de campo magnético. Los núcleos 25a son movidos en la dirección de rotación de campo magnético por dicha acción de las fuerzas magnéticas producidas por las líneas de fuerza magnética ML, para rotación a posiciones respectivas representadas en la figura 6(c), y el rotor A2 25 provisto de los núcleos 25a también gira en la dirección de rotación de campo magnético. Se deberá indicar que las líneas de trazos en las figuras 6(b) y 6(c) representan cantidades de flujo magnético muy pequeñas de las líneas de fuerza magnética ML, y por lo tanto débiles conexiones magnéticas entre los primeros polos magnéticos de inducido, los núcleos 25a y los primeros polos magnéticos. Esto también se aplica a otras figuras, a las que se hace referencia a continuación.

Cuando el primer campo magnético rotativo gira más, una secuencia de las operaciones antes descritas, es decir, las operaciones de que las líneas de fuerza magnética ML se curvan en los núcleos 25a de forma convexa curvada en la dirección opuesta a la dirección de rotación de campo magnético → las fuerzas magnéticas actúan en los núcleos 25a de tal manera que las líneas de fuerza magnética ML sean rectas → los núcleos 25a y el rotor A2 25 giran en la dirección de rotación de campo magnético, se lleva a cabo repetidas veces como se representa en las figuras 7(a) a 7(d) y las figuras 8(a) y 8(b). Como se ha descrito anteriormente, en el caso donde se suministra potencia eléctrica al estator 23 en el estado en el que el rotor A1 24 se mantiene no rotativo, la acción de las fuerzas magnéticas producidas por las líneas de fuerza magnética ML como se ha descrito anteriormente convierte la potencia eléctrica suministrada al estator 23 a potencia motriz, y la potencia motriz sale del rotor A2 25.

La figura 9 representa un estado en el que los primeros polos magnéticos de inducido han girado desde el estado de la figura 6(a) un ángulo eléctrico de 2π . Como es evidente por una comparación entre la figura 9 y la figura 6(a), se entiende que los núcleos 25a han girado en la misma dirección $1/3$ de un ángulo rotacional de los primeros polos magnéticos de inducido. Esto concuerda con el hecho de que, sustituyendo $\omega_{ER1} = 0$ en dicha ecuación (50), se obtiene $\omega_{ER2} = \omega_{MFR}/3$.

A continuación se describirá con referencia a las figuras 10 a 12 una operación en un caso donde se suministra potencia eléctrica al estator 23 en un estado en el que el rotor A2 25 se mantiene no rotativo. Se deberá indicar que, en las figuras 10 a 12, un primer polo magnético de inducido idéntico y un imán permanente idéntico 24a se indican por sombreado para mayor claridad. En primer lugar, como se representa en la figura 10(a), de forma similar al caso antes descrito representado en la figura 6(a), a partir de un estado donde el centro de un cierto núcleo 25a y el

centro de un cierto imán permanente 24a son circunferencialmente coincidentes uno con otro, y el centro del tercer núcleo 25a del cierto núcleo 25a y el centro del cuarto imán permanente 24a del imán permanente 24a son circunferencialmente coincidentes uno con otro, el primer campo magnético rotativo se genera de tal manera que gire hacia la izquierda, según se ve en la figura. Al inicio de la generación del primer campo magnético rotativo, las posiciones de dos primeros polos magnéticos de inducido adyacentes, excepto uno, uno a otro que tienen la misma polaridad se hacen coincidir circunferencialmente con los centros de imanes correspondientes de los respectivos imanes permanentes 24a que tienen centros coincidentes con los centros de núcleos 25a, y la polaridad de estos primeros polos magnéticos de inducido se hace diferente de la polaridad de los primeros polos magnéticos de estos imanes permanentes 24a.

En el estado representado en la figura 10(a), de forma similar al caso representado en la figura 6(a), se generan líneas de fuerza magnética ML de una manera que conecta los primeros polos magnéticos de inducido, los núcleos 25a y los primeros polos magnéticos cuyas posiciones circunferenciales son coincidentes una con otra, y al mismo tiempo de una manera que conecta primeros polos magnéticos de inducido, los núcleos 25a y los primeros polos magnéticos que son adyacentes a dicho primer polo magnético de inducido, el núcleo 25a y el primer polo magnético, en sus respectivos lados circunferencialmente opuestos. Además, en este estado, dado que las líneas de fuerza magnética ML son rectas, en los imanes permanentes 24a no actúan fuerzas magnéticas para girar circunferencialmente los imanes permanentes 24a.

Cuando los primeros polos magnéticos de inducido giran desde las posiciones representadas en la figura 10(a) a posiciones respectivas representadas en la figura 10(b) según la rotación del primer campo magnético rotativo, las líneas de fuerza magnética ML se curvan, y consiguientemente actúan fuerzas magnéticas en los imanes permanentes 24a de tal manera que las líneas de fuerza magnética ML sean rectas. En este caso, los imanes permanentes 24a están colocados hacia delante de una línea de extensión desde un primer polo magnético de inducido y un núcleo 25a que están conectados uno a otro por una línea asociada de las líneas de fuerza magnética ML, en la dirección de rotación de campo magnético, y por lo tanto las fuerzas magnéticas antes descritas actúan en los imanes permanentes 24a de tal manera que cada imán permanente 24a se tenga que colocar en la línea de extensión, es decir, de tal manera que el imán permanente 24a sea movido en una dirección opuesta a la dirección de rotación de campo magnético. Los imanes permanentes 24a son movidos en una dirección opuesta a la dirección de rotación de campo magnético por dicha acción de las fuerzas magnéticas producidas por las líneas de fuerza magnética ML, y giran a posiciones respectivas representadas en la figura 10(c). El rotor A1 24 provisto de los imanes permanentes 24a también gira en la dirección opuesta a la dirección de rotación de campo magnético.

Cuando el primer campo magnético rotativo gira más, una secuencia de las operaciones antes descritas, es decir, las operaciones de que "las líneas de fuerza magnética ML se curvan y los imanes permanentes 24a se colocan hacia delante de una línea de extensión de un primer polo magnético de inducido y un núcleo 25a que están conectados uno a otro por una línea asociada de las líneas de fuerza magnética ML, en la dirección de rotación de campo magnético → las fuerzas magnéticas actúan en los imanes permanentes 24a de tal manera que las líneas de fuerza magnética ML sean rectas → los imanes permanentes 24a y el rotor A1 24 giran en la dirección opuesta a la dirección de rotación de campo magnético" se llevan a cabo repetidas veces como se representa en las figuras 11(a) a 11(d) y las figuras 12(a) y 12(b). Como se ha descrito anteriormente, en el caso donde se suministra potencia eléctrica al estator 23 en el estado en el que el rotor A2 25 se mantiene no rotativo, la acción antes descrita de las fuerzas magnéticas producidas por las líneas de fuerza magnética ML convierte la potencia eléctrica suministrada al estator 23 a potencia motriz, y la potencia motriz sale del rotor A1 24.

La figura 12(b) representa un estado en el que los primeros polos magnéticos de inducido han girado desde el estado de la figura 10(a) el ángulo eléctrico de 2π . Como es evidente por una comparación entre la figura 12(b) y la figura 10(a), se entiende que los imanes permanentes 24a han girado en la dirección opuesta $1/2$ ángulo rotacional de los primeros polos magnéticos de inducido. Esto concuerda con el hecho de que, sustituyendo $\omega_{ER2} = 0$ en dicha ecuación (50), se obtiene $-\omega_{ER1} = \omega_{MFR}/2$.

Las figuras 13 y 14 muestran los resultados de una simulación de control en la que los números de los primeros polos magnéticos de inducido, los núcleos 25a, y los imanes permanentes 24a se ponen a 16, 18 y 20, respectivamente; el rotor A1 24 se mantiene no rotativo; y sale potencia motriz del rotor A2 25 suministrando potencia eléctrica al estator 23. La figura 13 representa un ejemplo de los cambios en los voltajes de fuerza contraelectromotriz de fase U a fase W V_{cu} a V_{cw} durante un período de tiempo en el que el ángulo eléctrico de rotor A2 θ_{ER2} cambia de 0 a 2π .

En este caso, debido al hecho de que el rotor A1 24 se mantiene no rotativo, y el hecho de que los números de pares de polos de los primeros polos magnéticos de inducido y los primeros polos magnéticos son iguales a 8 y 10, respectivamente, y de dicha ecuación (25), la relación entre la velocidad angular eléctrica de primer campo magnético ω_{MFR} y las velocidades angulares eléctricas de rotor A1 y A2 ω_{ER1} y ω_{ER2} se expresa por $\omega_{MFR} = 2,25 \cdot \omega_{ER2}$. Como se representa en la figura 13, durante un período de tiempo en el que el ángulo eléctrico de rotor A2 θ_{ER2} cambia de 0 a 2π , los voltajes de fuerza contraelectromotriz de fase U a fase W V_{cu} a V_{cw} son generados en sus aproximadamente 2,25 períodos de repetición. Además, la figura 13 representa cambios en los voltajes de fuerza contraelectromotriz de fase U a fase W V_{cu} a V_{cw} , según se ve desde el rotor A2 25. Como se representa en

la figura, con el ángulo eléctrico de rotor A2 θ_{ER2} como el eje horizontal, los voltajes de fuerza contraelectromotriz están dispuestos en el orden del voltaje de fuerza contraelectromotriz de fase W V_{cw} , el voltaje de fuerza contraelectromotriz de fase V V_{cv} , y el voltaje de fuerza contraelectromotriz de fase U V_{cu} . Esto representa que el rotor A2 25 gira en la dirección de rotación de campo magnético. Los resultados de simulación descritos anteriormente con referencia a la figura 13 concuerdan con la relación de $\omega_{MFR} = 2,25 \cdot \omega_{ER2}$, en base a dicha ecuación (25).

Además, la figura 14 representa un ejemplo de los cambios en el primer par de accionamiento equivalente TSE1, y los pares transmitidos de rotor A1 y A2 TRA1 y TRA2. En este caso, debido al hecho de que los números de polos de los primeros polos magnéticos de inducido y los primeros polos magnéticos son iguales a 8 y 10, respectivamente, y de dicha ecuación (32), la relación entre el primer par de accionamiento equivalente TSE1, y los pares transmitidos de rotor A1 y A2 TRA1 y TRA2 se representa por $TSE1 = TRA1/1,25 = -TRA2/2,25$. Como se representa en la figura 14, el primer par de accionamiento equivalente TSE1 es aproximadamente igual a -TREF; el par transmitido de rotor A1 TRA1 es aproximadamente igual a $1,25 \cdot (-TREF)$; y el par transmitido de rotor A2 TRA2 es aproximadamente igual a $2,25 \cdot TREF$. Este TREF representa un valor de par predeterminado (por ejemplo 200 Nm). Los resultados de simulación descritos anteriormente con referencia a la figura 14 concuerdan con la relación de $TSE1 = TRA1/1,25 = -TRA2/2,25$, en base a dicha ecuación (32).

Las figuras 15 y 16 muestran los resultados de una simulación de control en la que los números de los primeros polos magnéticos de inducido, los núcleos 25a, y los imanes permanentes 24a se ponen de la misma manera que en los casos ilustrados en las figuras 13 y 14; el rotor A2 25 se mantiene no rotativo en lugar del rotor A1 24; y sale potencia motriz del rotor A1 24 suministrando potencia eléctrica al estator 23. La figura 15 representa un ejemplo de los cambios de los voltajes de fuerza contraelectromotriz de fase U a fase W V_{cu} a V_{cw} durante un período de tiempo en el que el ángulo eléctrico de rotor A1 θ_{ER1} cambia de 0 a 2π .

En este caso, debido al hecho de que el rotor A2 25 se mantiene no rotativo, y el hecho de que los números de polos de los primeros polos magnéticos de inducido y los primeros polos magnéticos son iguales a 8 y 10, respectivamente, y de dicha ecuación (25), la relación entre la velocidad angular eléctrica de campo magnético ω_{MFR} , y las velocidades angulares eléctricas de rotor A1 y A2 ω_{ER1} y ω_{ER2} se expresa por $\omega_{MFR} = -1,25 \cdot \omega_{ER1}$. Como se representa en la figura 15, durante un período de tiempo en el que el ángulo eléctrico de rotor A1 θ_{ER1} cambia de 0 a 2π , los voltajes de fuerza contraelectromotriz de fase U a fase W V_{cu} a V_{cw} son generados durante aproximadamente 1,25 períodos de repetición. Además, la figura 15 representa cambios en los voltajes de fuerza contraelectromotriz de fase U a fase W V_{cu} a V_{cw} , según se ve desde el rotor A1 24. Como se representa en la figura, con el ángulo eléctrico de rotor A1 θ_{ER1} como el eje horizontal, los voltajes de fuerza contraelectromotriz están dispuestos en el orden del voltaje de fuerza contraelectromotriz de fase U V_{cu} , el voltaje de fuerza contraelectromotriz de fase V V_{cv} , y el voltaje de fuerza contraelectromotriz de fase W V_{cw} . Esto representa que el rotor A1 24 gira en la dirección opuesta a la dirección de rotación de campo magnético. Los resultados de simulación descritos anteriormente con referencia a la figura 15 concuerdan con la relación de $\omega_{MFR} = -1,25 \cdot \omega_{ER1}$, en base a dicha ecuación (25).

Además, la figura 16 representa un ejemplo de los cambios en el primer par de accionamiento equivalente TSE1 y los pares transmitidos de rotor A1 y A2 TRA1 y TRA2. También en este caso, de forma similar al caso de la figura 14, la relación entre el primer par de accionamiento equivalente TSE1, y los pares transmitidos de rotor A1 y A2 TRA1 y TRA2 se representa por $TSE1 = TRA1/1,25 = -TRA2/2,25$ de dicha ecuación (32). Como se representa en la figura 16, el primer par de accionamiento equivalente TSE1 es aproximadamente igual a TREF; el par transmitido de rotor A1 TRA1 es aproximadamente igual a $1,25 \cdot TREF$; y el par transmitido de rotor A2 TRA2 es aproximadamente igual a $-2,25 \cdot TREF$. Los resultados de simulación descritos anteriormente con referencia a la figura 16 concuerdan con la relación de $TSE1 = TRA1/1,25 = -TRA2/2,25$, en base a dicha ecuación (32).

Como se ha descrito anteriormente, en la primera máquina rotativa 21, cuando el primer campo magnético rotativo es generado suministrando potencia eléctrica al estator 23, dichas líneas de fuerza magnética ML son generadas de una manera que conecta entre los primeros polos magnéticos, los núcleos 25a y los primeros polos magnéticos de inducido, y la acción de las fuerzas magnéticas producidas por las líneas de fuerza magnética ML convierte la potencia eléctrica suministrada al estator 23 a potencia motriz, y la potencia motriz sale del rotor A1 24 o el rotor A2 25. En este caso, la relación expresada por dicha ecuación (50) es válida entre la velocidad angular eléctrica de campo magnético ω_{MFR} , y las velocidades angulares eléctricas de rotor A1 y A2 ω_{ER1} y ω_{ER2} , y la relación expresada por dicha ecuación (51) es válida entre el primer par de accionamiento equivalente TSE1, y los pares transmitidos de rotor A1 y A2 TRA1 y TRA2.

Por lo tanto, suministrando potencia motriz a al menos uno de los rotores A1 y A2 24 y 25, sin que se suministre potencia eléctrica al estator 23, el al menos único rotor se hace girar con respecto al estator 23. Esto hace que se genere potencia eléctrica por el estator 23, y genere un primer campo magnético rotativo. También en este caso, se generan líneas de fuerza magnética ML de una manera que conecte entre los primeros polos magnéticos, los núcleos 25a, y los primeros polos magnéticos de inducido, y la acción de las fuerzas magnéticas producidas por las líneas de fuerza magnética ML hace que la relación de las velocidades angulares eléctricas representada en la ecuación (50) y la relación de los pares representada en la ecuación (51) vean válidas.

Es decir, suponiendo que un par equivalente a la potencia eléctrica generada y la velocidad angular eléctrica de primer campo magnético (ω_{MFR} es un primer par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE1, es válida la relación expresada por la ecuación (52) entre este primer par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE1 y los pares transmitidos de rotor A1 y A2 TRA1 y TRA2.

$$TGE1 = TRA1 / \alpha = -TRA2 / (\alpha + 1) = TRA1 / 2 = -TRA2 / 3 \dots (52)$$

Además, durante el suministro de potencia eléctrica al estator 23 y durante la generación de potencia eléctrica por el estator 23, es válida la ecuación siguiente (53) entre la velocidad rotacional del primer campo magnético rotativo (denominada a continuación la "velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1"), y las velocidades rotacionales de los rotores A1 y A2 24 y 25 (denominada a continuación la "velocidad rotacional de rotor A1 VRA1" y la "velocidad rotacional de rotor A2 VRA2", respectivamente):

$$VMF1 = (\alpha + 1) VRA2 - \alpha \cdot VRA1 = 3 \cdot VRA2 - 2 \cdot VRA1 \dots (53)$$

Como es claro por lo anterior, la primera máquina rotativa 21 tiene las mismas funciones que las de un aparato formado combinando una unidad de engranaje planetario y una máquina rotativa general del tipo de un rotor.

Mediante el control de la primera PDU 41, la UEC 2 controla la potencia eléctrica suministrada al estator 23 de la primera máquina rotativa 21 y la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 del primer campo magnético rotativo generado por el estator 23 según el suministro de potencia eléctrica. Además, mediante el control de la primera PDU 41, la UEC 2 controla la potencia eléctrica generada por el estator 23 y la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 del primer campo magnético rotativo generado por el estator 23 junto con la generación de potencia eléctrica.

Además, la segunda máquina rotativa 31 está configurada de forma similar a la primera máquina rotativa 21, y a continuación se describirá brevemente su construcción y operaciones. Como se representa en las figuras 1 y 17, la segunda máquina rotativa 31 incluye un estator 33, un rotor B1 34 dispuesto de manera opuesta al estator 33, y un rotor B2 35 dispuesto entre los dos 33 y 34. El estator 33, el rotor B2 35 y el rotor B1 34 están dispuestos concéntricamente uno con otro en la dirección radial desde fuera en el orden mencionado. En la figura 17, de forma similar a la figura 3, algunos elementos, tales como el primer eje de giro 4 y análogos, se ilustran a modo de diagrama esquemático por razones de conveniencia de la ilustración.

Dicho estator 33 tiene la finalidad de generar un segundo campo magnético rotativo, e incluye un núcleo de hierro 33a, y bobinas de fase U, fase V y fase W 33b dispuestas en el núcleo de hierro 33a. El núcleo de hierro 33a, que tiene una forma cilíndrica hueca formada laminando una pluralidad de chapas de acero, se extiende en la dirección axial, y está fijado a la caja CA. Además, la superficie periférica interior del núcleo de hierro 33a se ha formado con doce ranuras (no representadas). Las ranuras están dispuestas a intervalos igualmente espaciados en la dirección circunferencial. Las bobinas de fase U a fase W 33b antes descritas se devanan en las ranuras por devanado distribuido (devanado de onda), y están conectadas a la batería 43 mediante dicha segunda PDU 42. De forma similar a la primera PDU 41, la segunda PDU 42 se implementa como un circuito eléctrico incluyendo un inversor, y está conectada a la primera PDU 41 y la UEC 2 (véase la figura 2).

En el estator 33 construido como antes, cuando se suministra potencia eléctrica desde la batería 43, para hacer por ello que fluyan corrientes eléctricas a través de las bobinas de fase U a fase W 33b, o cuando se genera potencia eléctrica, como se describe a continuación, se generan cuatro polos magnéticos en respectivos extremos del núcleo de hierro 33a hacia el rotor B1 34 a intervalos igualmente espaciados en la dirección circunferencial, y el segundo campo magnético rotativo generado por los polos magnéticos gira en la dirección circunferencial. A continuación, los polos magnéticos generados en el núcleo de hierro 33a se denominan los "segundos polos magnéticos de inducido". Además, cada dos segundos polos magnéticos de inducido que están circunferencialmente adyacentes uno a otro tienen polaridades diferentes uno de otro.

El rotor B1 34 incluye una segunda fila de polos magnéticos incluyendo ocho imanes permanentes 34a (de los que se representan solamente dos). Estos imanes permanentes 34a están dispuestos a intervalos igualmente espaciados en la dirección circunferencial, y la segunda fila de polos magnéticos está enfrente del núcleo de hierro 33a del estator 33. Cada imán permanente 34a se extiende en la dirección axial, y su longitud en la dirección axial se pone a la misma longitud que la del núcleo de hierro 33a del estator 33.

Además, los imanes permanentes 34a están montados en una superficie periférica exterior de una porción anular fija 34b. Esta porción fija 34b está formada por un material magnético blando, tal como hierro o un laminado de una pluralidad de chapas de acero, y tiene su superficie periférica interior montada en la superficie periférica exterior de una pestaña en forma de disco 34c. La pestaña 34c está formada integralmente en dicho primer eje de giro 4. Así, el rotor B1 34 incluyendo los imanes permanentes 34a es rotativo al unísono con el primer eje de giro 4. Además, los imanes permanentes 34a están montados en la superficie periférica exterior de la porción fija 34b formada por el material magnético blando, como se ha descrito anteriormente, y por lo tanto un polo magnético de (N) o (S) aparece en un extremo de cada imán permanente 34a hacia el estator 33. Además, cada dos imanes permanentes 34a circunferencialmente adyacentes uno a otro tienen polaridades diferentes uno de otro.

El rotor B2 35 incluye una fila de segundos elementos de material magnético blando incluyendo seis núcleos 35a (de los que se representan solamente dos). Estos núcleos 35a están dispuestos a intervalos igualmente espaciados en la dirección circunferencial, y la fila de segundos elementos de material magnético blando está dispuesta entre el núcleo de hierro 33a del estator 33 y la fila de polos magnéticos del rotor B1 34, espaciados respectivas distancias predeterminadas. Cada núcleo 35a está formado por un material magnético blando, tal como un laminado de una pluralidad de chapas de acero, y se extiende en la dirección axial. Además, de forma similar al imán permanente 34a, la longitud del núcleo 35a en la dirección axial se pone a la misma longitud que la del núcleo de hierro 33a del estator 33. Además, el núcleo 35a está montado en extremos exteriores de pestañas en forma de disco 35b y 35c mediante respectivas porciones de conexión cilíndricas huecas 35d y 35e que se extienden ligeramente en la dirección axial. Estas pestañas 35b y 35c están formadas integralmente en dicho eje de conexión 6 y el segundo eje de giro 7, respectivamente. Esta disposición hace que el rotor B2 35 incluyendo los núcleos 35a sea rotativo al unísono con el eje de conexión 6 y el segundo eje de giro 7.

Como se ha descrito anteriormente, la segunda máquina rotativa 31 incluye los cuatro segundos polos magnéticos de inducido, los ocho polos magnéticos de los imanes permanentes 34a (denominados a continuación los "segundos polos magnéticos"), y los seis núcleos 35a. Es decir, la relación entre el número de los segundos polos magnéticos de inducido, el número de los segundos polos magnéticos, y el número de los núcleos 35a se pone a $1:2,0:(1+2,0)/2$, de forma similar al número de los primeros polos magnéticos de inducido, el número de los primeros polos magnéticos, y el número de los núcleos 25a de la primera máquina rotativa 21. Además, la relación del número de pares de polos de los segundos polos magnéticos al número de pares de polos de los segundos polos magnéticos de inducido (denominada a continuación la "segunda relación de número de pares de polos β ") se pone a 2,0, de forma similar a la primera relación de número de pares de polos α . Como se ha descrito anteriormente, dado que la segunda máquina rotativa 31 se construye de forma similar a la primera máquina rotativa 21, tiene las mismas funciones que las de la primera máquina rotativa 21.

Más específicamente, la segunda máquina rotativa 31 convierte la potencia eléctrica suministrada al estator 33 a potencia motriz, para enviar la potencia motriz desde el rotor B1 34 o el rotor B2 35, y convierte la potencia motriz introducida al rotor B1 34 y el rotor B2 35 a potencia eléctrica, para enviar la potencia eléctrica desde el estator 33. Además, durante dicha entrada y salida de potencia eléctrica y potencia motriz, el segundo campo magnético rotativo y los rotores B1 y B2 34 y 35 giran manteniendo al mismo tiempo una relación colineal con respecto a la velocidad rotacional, como se representa en la ecuación (50). Es decir, en este caso, entre la velocidad rotacional del segundo campo magnético rotativo (denominada a continuación la "velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2"), y las velocidades rotacionales de los rotores B1 y B2 34 y 35 (denominadas a continuación la "velocidad rotacional de rotor B1 VRB1" y la "velocidad rotacional de rotor B2 VRB2", respectivamente), es válida la ecuación siguiente (54):

$$VMF2 = (\beta + 1) VRB2 - \beta \cdot VRB1 = 3 \cdot VRB2 - 2 \cdot VRB1 \quad \dots \quad (54)$$

Además, si el par equivalente a la potencia eléctrica suministrada al estator 33 y el segundo campo magnético rotativo se denomina el "segundo par equivalente de accionamiento TSE2", es válida la ecuación siguiente (55) entre el segundo par equivalente de accionamiento TSE2 y los pares transmitidos a los rotores B1 y B2 34 y 35 (denominados a continuación el "par transmitido de rotor B1 TRB1" y el "par transmitido de rotor B2 TRB2", respectivamente):

$$TSE2 = TRB1 / \beta = -TRB2 / (\beta + 1) = TRB1 / 2 = -TRB2 / 3 \quad \dots \quad (55)$$

Además, si el par equivalente a la potencia eléctrica generada por el estator 33 y el segundo campo magnético rotativo se denomina el "segundo par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE2", entre el segundo par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE2 y los pares transmitidos de rotor B1 y B2 TRB1 y TRB2, es válida la ecuación siguiente (56):

$$TGE2=TRB1/\beta=-TRB2/(1+\beta)=TRB1/2=-TRB2/3$$

... (56)

Como se ha descrito anteriormente, de forma similar a la primera máquina rotativa 21, la segunda máquina rotativa 31 tiene las mismas funciones que las de un aparato formado combinando una unidad de engranaje planetario y una máquina rotativa general del tipo de un rotor.

Mediante el control de la segunda PDU 42, la UEC 2 controla la potencia eléctrica suministrada al estator 33 de la segunda máquina rotativa 31 y la velocidad rotacional de segundo campo magnético VM F2 del segundo campo magnético rotativo generado por el estator 33 junto con el suministro de potencia eléctrica. Además, mediante el control de la segunda PDU 42, la UEC 2 controla la potencia eléctrica generada por el estator 33 y la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 del segundo campo magnético rotativo generado por el estator 33 junto con la generación de potencia eléctrica.

Como se ha descrito anteriormente, en el grupo motor 1, el cigüeñal 3a del motor 3, el rotor A2 25 de la primera máquina rotativa 21, y el rotor B1 34 de la segunda máquina rotativa 31 están conectados mecánicamente uno a otro mediante el primer eje de giro 4. Además, el rotor A1 24 de la primera máquina rotativa 21 y el rotor B2 35 de la segunda máquina rotativa 31 están conectados mecánicamente uno a otro mediante el eje de conexión 6, y el rotor B2 35 y las ruedas motrices DW y DW están conectados mecánicamente uno a otro mediante el segundo eje de giro 7 y análogos. Es decir, el rotor A1 24 y el rotor B2 35 están conectados mecánicamente a las ruedas motrices DW y DW. Además, el estator 23 de la primera máquina rotativa 21 y el estator 33 de la segunda máquina rotativa 31 están conectados eléctricamente uno a otro mediante las PDUs primera y segunda 41 y 42. Además, la batería 43 está conectada eléctricamente a los estatores 23 y 33 mediante las PDUs primera y segunda 41 y 42, respectivamente.

Se deberá indicar que, en la presente realización, el cigüeñal 3a corresponde a la porción de salida en la invención según la reivindicación 1, y el estator 23 y los rotores A1 y A2 24 y 25 corresponden a un primer estator y los rotores primero y segundo en la invención según la reivindicación 1, respectivamente. Además, en la presente realización, el núcleo de hierro 23a y las bobinas de fase U a fase W 23c a 23e corresponden a primeros inducidos en la invención según la reivindicación 1, y los imanes permanentes 24a y los núcleos 25a corresponden a primeros polos magnéticos y los primeros elementos de material magnético blando en la invención según la reivindicación 1, respectivamente.

Además, en la presente realización, el estator 33 y los rotores B1 y B2 34 y 35 corresponden a un segundo estator y los rotores tercero y cuarto en la invención según la reivindicación 1, respectivamente; el núcleo de hierro 33a y las bobinas de fase U a fase W 33b corresponden a segundos inducidos en la invención según la reivindicación 1; y los imanes permanentes 34a y los núcleos 35a corresponden a segundos polos magnéticos y segundos elementos de material magnético blando en la invención según la reivindicación 1, respectivamente. Además, en la presente realización, la primera PDU 41 y la UEC 2 corresponden a un primer controlador en la invención según la reivindicación 1; la segunda PDU 42 y la UEC 2 corresponden a un segundo controlador en la invención según la reivindicación 1; y la batería 43 corresponde a un dispositivo de almacenamiento de potencia eléctrica en la invención según la reivindicación 2.

Además, como se representa en la figura 2, un sensor de ángulo de manivela 51 distribuye una señal indicativa de la posición de ángulo de calado detectada del cigüeñal 3a a la UEC 2. La UEC 2 calcula la velocidad del motor NE en base a la posición de ángulo de calado. Además, un primer sensor de ángulo rotacional 52 y un segundo sensor de ángulo rotacional 53 están conectados a la UEC 2. Estos sensores de ángulo rotacional primero y segundo 52 y 53 detectan dichos ángulos rotacionales de rotor A1 y A2 $\theta A1$ y $\theta A2$, respectivamente, y distribuyen respectivas señales indicativas de los ángulos rotacionales de rotor A1 y A2 detectados $\theta A1$ y $\theta A2$ a la UEC 2. La UEC 2 calcula las velocidades rotacionales de rotor A1 y A2 $VRA1$ y $VRA2$ en base a los respectivos ángulos rotacionales de rotor A1 y A2 $\theta A1$ y $\theta A2$ detectados.

Además, un tercer sensor de ángulo rotacional 54 y un cuarto sensor de ángulo rotacional 55 están conectados a la UEC 2. El tercer sensor de ángulo rotacional 54 detecta una posición de ángulo rotacional de un imán permanente específico 34a del rotor B1 34 (denominado a continuación el "ángulo rotacional de rotor B1 $\theta B1$ ") con respecto a una bobina de fase U específica 33b de la segunda máquina rotativa 31 (denominada a continuación la "segunda bobina de referencia"), y distribuye una señal indicativa del ángulo rotacional de rotor B1 detectado $\theta B1$ a la UEC 2. La UEC 2 calcula la velocidad rotacional de rotor B1 $VRB1$ en base al ángulo rotacional de rotor B1 detectado $\theta B1$. El cuarto sensor de ángulo rotacional 55 antes descrito detecta una posición de ángulo rotacional de un núcleo específico 35a del rotor B2 35 (denominado a continuación el "ángulo rotacional de rotor B2 $\theta B2$ ") con respecto a la segunda bobina de referencia, y distribuye una señal indicativa del ángulo rotacional de rotor B2 detectado $\theta B2$ a la UEC 2. La UEC 2 calcula la velocidad rotacional de rotor B2 $VRB2$ en base al ángulo rotacional de rotor B2 detectado $\theta B2$.

Además, un sensor de corriente-voltaje 56 envía señales indicativas de los valores de corriente y voltaje detectados introducidos y salidos de la batería 43 a la UEC 2. La UEC 2 calcula un estado de carga de la batería 43 en base a estas señales. Además, un sensor de abertura de pedal acelerador 57 distribuye una señal indicativa de una abertura de pedal acelerador AP detectada como una cantidad de aumento de un pedal acelerador (no representado) del vehículo a la UEC 2. Un sensor de velocidad del vehículo 58 distribuye una señal indicativa de una velocidad del vehículo VP detectada a la UEC 2. Se deberá indicar que la velocidad del vehículo VP es la velocidad rotacional de las ruedas motrices DW y DW.

La UEC 2 se implementa mediante un microordenador incluyendo una interfaz E/S, una CPU, una RAM y una ROM, y controla las operaciones del motor 3 y las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31 en base a las señales de dichos sensores 51 a 58.

A continuación se describirá la operación del grupo motor 1 realizada bajo el control de la UEC 2. Los modos de operación del grupo motor 1 incluyen avance lento EV, arranque parado EV, arranque ENG durante la marcha EV, marcha ENG, regeneración de deceleración, arranque ENG durante la parada del vehículo, avance lento ENG, y arranque parado en base a ENG. Ahora, se describirán estos modos de operación, en orden desde el avance lento EV, con referencia a las figuras, tal como la figura 18, que representan estados de transmisión de par, y nomogramas de velocidad, tal como la figura 19, que ilustra la relación entre velocidades rotacionales de los varios elementos rotativos. Estos nomogramas se explicarán antes de la descripción de los modos de operación.

Como es evidente por la relación de conexión antes descrita, la velocidad del motor NE, la velocidad rotacional de rotor A2 VRA2 y la velocidad rotacional de rotor B1 VRB1 son iguales entre sí. Además, la velocidad rotacional de rotor A1 VRA1 y la velocidad rotacional de rotor B2 VRB2 son iguales entre sí, y la velocidad del vehículo VP es igual a la velocidad rotacional de rotor A1 VRA1 y la velocidad rotacional de rotor B2 VRB2, suponiendo que no haya cambio en la velocidad por el mecanismo de engranajes diferenciales 9 y análogos. Debido al hecho anterior y a partir de dichas ecuaciones (53) y (54), la relación entre la velocidad del motor NE, la velocidad del vehículo VP, la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1, la velocidad rotacional de rotor A1 VRA1, la velocidad rotacional de rotor A2 VRA2, la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2, la velocidad rotacional de rotor B1 VRB1, y la velocidad rotacional de rotor B2 VRB2 se representa por cada uno de los nomogramas de velocidad ilustrados en la figura 19 y análogos. Se deberá indicar que, en estos nomogramas de velocidad, la primera relación de número de pares de polos α y la segunda relación de número de pares de polos β son iguales a 2,0, como se ha mencionado hasta ahora. Además, en la descripción siguiente de los modos de operación, con respecto a todos los elementos rotativos del grupo motor 1, la rotación en la misma dirección que la dirección de rotación normal del cigüeñal 3a del motor 3 se denomina "rotación normal", y la rotación en la misma dirección que la dirección de rotación inversa del cigüeñal 3a se denomina "rotación inversa".

Avance lento EV

El avance lento EV es un modo de operación para realizar una operación de avance lento del vehículo usando las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31 en un estado donde el motor 3 está parado. Específicamente, se suministra potencia eléctrica desde la batería 43 al estator 33 de la segunda máquina rotativa 31, y se hace que el segundo campo magnético rotativo generado por el estator 33 según el suministro de potencia eléctrica efectúe rotación normal. Además, el estator 23 de la primera máquina rotativa 21 genera potencia eléctrica usando la potencia motriz transmitida al rotor A1 24 de la primera máquina rotativa 21, como se describe a continuación, y la potencia eléctrica generada es suministrada también al estator 33.

La figura 18 representa un estado de transmisión de par durante el avance lento EV antes descrito, y la figura 19 representa un nomograma de velocidad que ilustra la relación entre las velocidades rotacionales de campo magnético primero y segundo VMF1 y VMF2 durante el avance lento EV. Además, en la figura 18 y otras figuras, a las que se hace referencia a continuación, que muestran estados de transmisión de par, las líneas gruesas de trazos con flechas indican flujos de par. Además, las flechas en negro y las flechas huecas muestran pares que actúan en la dirección de rotación normal y en la dirección de rotación inversa, respectivamente. Además, se supone que, aunque en los estatores 23 y 33, realmente, el par se transmite en forma de energía eléctrica, en la figura 18 y otras figuras que representan estados de transmisión de par, a las que se hace referencia a continuación, la entrada y salida de energía a y de los estatores 23 y 33 se indica por sombreado añadido al flujo de par, por razones de conveniencia. Además, en la figura 19 y otros nomogramas de velocidad, a los que se hace referencia a continuación, se supone que la dirección de rotación normal se indica por "+", y la dirección de rotación inversa se indica por "-".

Como se representa en la figura 18, durante el avance lento EV, cuando se suministra potencia eléctrica al estator 33 de la segunda máquina rotativa 31, el segundo par equivalente de accionamiento TSE2 del estator 33 actúa en el rotor B2 35 con el fin de hacer que el rotor B2 35 realice rotación normal, y como indican unas flechas A, actúa en el rotor B1 34 con el fin de hacer que el rotor B1 34 realice rotación inversa. Además, parte del par transmitido al rotor B2 35 es transmitida a las ruedas motrices DW y DW mediante el segundo eje de giro 7, el mecanismo de engranajes diferenciales 9, etc, por lo que las ruedas motrices DW y DW realizan rotación normal.

Además, durante el avance lento EV, el resto del par transmitido al rotor B2 35 es transmitido al rotor A1 24 mediante el eje de conexión 6, y luego es transmitido al estator 23 de la primera máquina rotativa 21 como energía eléctrica junto con la generación de potencia eléctrica por el estator 23. Además, como se representa en la figura 19, el primer campo magnético rotativo generado junto con la generación de potencia eléctrica por el estator 23 realiza rotación inversa. Como resultado, como indican unas flechas B en la figura 18, el primer par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE1 generado junto con la generación de potencia eléctrica por el estator 23 actúa en el rotor A2 25 haciendo que el rotor A2 25 realice rotación normal. Además, el par transmitido al rotor A1 24 de modo que se equilibre con el primer par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE1, también se transmite al rotor A2 25 (como indican unas flechas C), actuando por ello en el rotor A2 25 haciendo que el rotor A2 25 realice rotación normal.

En este caso, la potencia eléctrica suministrada al estator 33 y la potencia eléctrica generada por el estator 23 son controladas de tal manera que dicho par indicado por las flechas A, que hace que el rotor B1 34 realice rotación inversa, y los pares indicados por las flechas B y C, que hacen que el rotor A2 25 realice rotación normal, se equilibran uno con otro, por lo que el rotor A2 25, el rotor B1 34 y el cigüeñal 3a, que están conectados uno a otro, se mantienen estacionarios. Como consecuencia, como se representa en la figura 19, durante el avance lento EV, las velocidades rotacionales de rotor A2 y B1 VRA2 y VRB1 son iguales a 0, y la velocidad del motor NE también es igual a 0.

Además, durante el avance lento EV, la potencia eléctrica suministrada al estator 33 de la segunda máquina rotativa 31, la potencia eléctrica generada por el estator 23 de la primera máquina rotativa 21, y las velocidades rotacionales de campo magnético primero y segundo VMF1 y VM F2 son controladas de tal manera que las relaciones entre las velocidades rotacionales expresadas por dichas ecuaciones (53) y (54) se mantengan, y al mismo tiempo, las velocidades rotacionales de rotor A1 y B2 VRA1 y VRB2 son muy pequeñas (véase la figura 19). Por lo anterior, la operación de avance lento se lleva a cabo con una velocidad muy baja del vehículo VP. Como se ha descrito anteriormente, es posible realizar la operación de avance lento usando las fuerzas de accionamiento de las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31 en un estado en el que el motor 3 está parado.

Arranque parado EV

El arranque parado EV es un modo de operación para hacer que el vehículo arranque y marche a partir del avance lento EV antes descrito, usando las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31 en el estado donde el motor 3 está parado. Al tiempo del arranque parado EV, se incrementan la potencia eléctrica suministrada al estator 33 de la segunda máquina rotativa 31 y la potencia eléctrica generada por el estator 23 de la primera máquina rotativa 21. Además, manteniendo al mismo tiempo las relaciones entre las velocidades rotacionales expresadas por las ecuaciones (53) y (54) y manteniendo al mismo tiempo las velocidades rotacionales de rotor A2 y B1 VRA2 y VRB1, es decir, la velocidad del motor NE a 0, la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 del primer campo magnético rotativo que ha estado realizando rotación inversa durante el avance lento EV y la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 del segundo campo magnético rotativo que ha estado realizando rotación normal durante el avance lento EV, se incrementan en las mismas direcciones de rotación en que estaban. Por lo anterior, como indican líneas continuas gruesas en la figura 20, las velocidades rotacionales de rotor A1 y B2 VRA1 y VRB2, es decir, la velocidad del vehículo VP se incrementa a partir del estado de avance lento EV, indicado por líneas de trazos en la figura 20, haciendo que el vehículo arranque.

Arranque ENG durante la marcha EV

El arranque ENG durante la marcha EV es un modo de operación para arrancar el motor 3 durante la marcha del vehículo después del arranque parado EV antes descrito. Al tiempo del arranque ENG durante la marcha EV, manteniendo al mismo tiempo las velocidades rotacionales de rotor A1 y B2 VRA1 y VRB2, es decir, la velocidad del vehículo VP al valor asumido entonces, la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 del primer campo magnético rotativo que ha estado realizando rotación inversa durante el arranque parado EV, como se ha descrito anteriormente, es controlada de tal manera que sea igual a 0, y la velocidad rotacional de segundo campo magnético VM F2 del segundo campo magnético rotativo que ha estado realizando rotación normal durante el arranque parado EV, se controla de manera que se baje. Entonces, después de que la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 es igual a 0, se suministra potencia eléctrica desde la batería 43 no solamente al estator 33 de la segunda máquina rotativa 31, sino también al estator 23 de la primera máquina rotativa 21, por lo que se hace que el primer campo magnético rotativo generado por el estator 23 realice rotación normal, y se hace que la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 aumente.

La figura 21 representa un estado de transmisión de par en un estado en el que se suministra potencia eléctrica a ambos estatores 23 y 33, como se ha descrito anteriormente, al tiempo del arranque ENG durante la marcha EV. A partir de dichas funciones de la segunda máquina rotativa 31, como se representa en la figura 21, la potencia eléctrica es suministrada al estator 33 como se ha descrito anteriormente, por lo que cuando el segundo par equivalente de accionamiento TSE2 es transmitido al rotor B2 35, el par transmitido al rotor B1 34, como se describe a continuación, es transmitido al rotor B2 35. Es decir, el segundo par equivalente de accionamiento TSE2 y el par transmitido de rotor B1 TRB1 transmitido al rotor B1 34 se combinan, y el par combinado es transmitido al rotor B2

35. Además, parte del par transmitido al rotor B2 35 es transmitida al rotor A1 24 mediante el eje de conexión 6, y el resto es transmitido a las ruedas motrices DW y DW mediante el segundo eje de giro 7, etc.

Además, al tiempo del arranque ENG durante la marcha EV, a partir de dichas funciones de la primera máquina rotativa 21, como se representa en la figura 21, la potencia eléctrica es suministrada desde la batería 43 al estator 23, por lo que cuando el primer par de accionamiento equivalente TSE1 es transmitido al rotor A2 25, el par transmitido al rotor A1 24, como se ha descrito anteriormente, es transmitido al rotor A2 25. Es decir, el primer par de accionamiento equivalente TSE1 y el par transmitido de rotor A1 TRA1 transmitido al rotor A1 24 se combinan, y el par combinado es transmitido al rotor A2 25. Además, parte del par transmitido al rotor A2 25 es transmitida al rotor B1 34 mediante el primer eje de giro 4, y el resto es transmitido al cigüeñal 3a mediante el primer eje de giro 4 y el volante 5, por lo que el cigüeñal 3a realiza rotación normal. Además, en este caso, la potencia eléctrica suministrada a los estatores 23 y 33 es controlada de tal manera que se transmita suficiente potencia motriz a las ruedas motrices DW y DW y el motor 3.

Por lo anterior, como indican líneas continuas gruesas en la figura 22, al tiempo del arranque ENG durante la marcha EV, mientras la velocidad del vehículo VP se mantiene al valor asumido entonces, las velocidades rotacionales de rotor A2 y B1 VRA2 y VRB1 se incrementan desde un estado en el que son iguales a 0, indicado por líneas de trazos, y la velocidad rotacional del cigüeñal 3a conectado a los rotores A2 y B1 25 y 34, es decir, la velocidad del motor NE también se incrementa. En este estado, la operación de encendido de las válvulas de inyección de carburante (no representadas) y las bujías (no representadas) del motor 3 es controlada según la posición de ángulo de calado detectada, por lo que el motor 3 arranca. Además, en este caso, controlando las velocidades rotacionales de campo magnético primero y segundo VMF1 y VMF2, la velocidad del motor NE es controlada a un valor adecuado relativamente pequeño para arrancar el motor 3.

La figura 23 representa un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales y los pares de los elementos rotativos al tiempo del arranque ENG durante la marcha EV. En la figura, TDENG representa el par transmitido al cigüeñal 3a del motor 3 (denominado a continuación el "par transmitido de motor"), y TDDW representa el par transmitido a las ruedas motrices DW y DW (denominado a continuación el "par transmitido de rueda motriz"). En este caso, como es evidente por la figura 23, el segundo par equivalente de accionamiento TSE2 es transmitido a ambas ruedas de accionamiento DW y DW y el cigüeñal 3a usando el primer par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE1 como una fuerza de reacción, y por lo tanto el par demandado de la primera máquina rotativa 21 es mayor que en los otros casos. En este caso, el par demandado de la primera máquina rotativa 21, es decir, el primer par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE1 se expresa por la ecuación siguiente (57):

$$TGE1 = - \{ \beta \cdot TDDW + (\beta + 1) TDENG \} / (\alpha + 1 + \beta) \quad \dots \quad (57)$$

Como es evidente por la ecuación (57), cuando la primera relación de número de pares de polos α es mayor, el primer par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE1 es menor con respecto al par transmitido de rueda motriz TDDW y el par transmitido de motor TDENG suponiendo que sus respectivas magnitudes no hayan cambiado. En la presente realización, dado que la primera relación de número de pares de polos α se pone a 2,0, el primer par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE1 se puede hacer menor que cuando la primera relación de número de pares de polos α se pone a un valor menor que 1,0.

Marcha ENG

La marcha ENG es un modo de operación para hacer que el vehículo marche usando la potencia motriz del motor 3. Durante la marcha ENG, la potencia motriz enviada al cigüeñal 3a por la combustión del motor 3 (denominada a continuación la "potencia motriz de motor") se controla básicamente de tal manera que el ahorro óptimo de carburante (denominado a continuación el "ahorro óptimo de carburante") se pueda obtener dentro de un rango dentro del que se puede generar un par demandado. El par demandado es par demandado por el vehículo y se calcula, por ejemplo, buscando un mapa (no representado) según la velocidad detectada del vehículo VP y la abertura de pedal acelerador AP. Además, durante la marcha ENG, usando la potencia motriz de motor transmitida al rotor A2 25, la generación de potencia eléctrica es realizada por el estator 23 de la primera máquina rotativa 21, y la potencia eléctrica generada es suministrada al estator 33 de la segunda máquina rotativa 31 sin cargar la batería 43. A continuación, este modo de operación se denomina el "modo de entrada/salida de batería cero". La figura 24 representa un estado de transmisión de par en el modo de entrada/salida de batería cero.

Por las funciones antes descritas de la primera máquina rotativa 21, como se representa en la figura 24, durante el modo de entrada/salida de batería cero, cuando parte del par enviado al cigüeñal 3a por la combustión del motor 3 (denominado a continuación el "par motor") es transmitida al estator 23 como el primer par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE1 mediante el rotor A2 25, parte del par motor también es transmitida al rotor A1 24 mediante el rotor A2 25. Es decir, parte del par motor es transmitida al rotor A2 25, y el par motor transmitido

al rotor A2 25 es distribuido al estator 23 y el rotor A1 24. Además, el resto del par motor es transmitido al rotor B1 34 mediante el primer eje de giro 4.

Además, de forma similar al caso del arranque ENG durante la marcha EV, el segundo par equivalente de accionamiento TSE2 y el par transmitido de rotor B1 TRB1 se combinan, y el par combinado es transmitido al rotor B2 35 como el par transmitido de rotor B2 TRB2. Por lo tanto, en el modo de entrada/salida de batería cero, la potencia eléctrica generada por el estator 23 de la primera máquina rotativa 21 como se ha descrito anteriormente es suministrada al estator 33 de la segunda máquina rotativa 31, por lo que cuando el segundo par equivalente de accionamiento TSE2 es transmitido al rotor B2 35, el par motor transmitido al rotor B1 34 como se ha descrito anteriormente es transmitido al rotor B2 35. Además, el par motor distribuido al rotor A1 24 como se ha descrito anteriormente, también se transmite al rotor B2 35 mediante el eje de conexión 6.

Como se ha descrito anteriormente, el par combinado formado combinando el par motor distribuido al rotor A1 24, el segundo par equivalente de accionamiento TSE2, y el par motor transmitido al rotor B1 34, es transmitido al rotor B2 35. Además, este par combinado es transmitido a las ruedas motrices DW y DW mediante el segundo eje de giro 7, etc. Como consecuencia, suponiendo que no haya pérdida de transmisión producida por los engranajes, en el modo de entrada/salida de batería cero, se transmite a las ruedas motrices DW y DW una potencia motriz de magnitud igual a la potencia motriz de motor.

Además, en el modo de entrada/salida de batería cero, la potencia motriz de motor es transmitida a las ruedas motrices DW y DW cambiando al mismo tiempo su velocidad de forma progresiva mediante el control de las velocidades rotacionales de campo magnético primero y segundo VMF1 y VMF2. En resumen, las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31 funcionan como una transmisión no etápica.

Específicamente, como indican líneas de dos puntos y trazo en la figura 25, manteniendo al mismo tiempo las relaciones de velocidad expresada por las ecuaciones (53) y (54), incrementando la velocidad rotacional de primer campo magnético VM F1 y disminuyendo la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2, con respecto a las velocidades rotacionales de rotor A2 y B1 VRA2 y VRB1, es decir, la velocidad del motor NE, es posible disminuir de forma progresiva las velocidades rotacionales de rotor A1 y B2 VRA1 y VRB2, es decir, la velocidad del vehículo VP. Inversamente, como indican líneas de punto y trazo en la figura 25, disminuyendo la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 e incrementando la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 con respecto a las velocidades rotacionales de rotor A2 y B1 VRA2 y VRB1, es posible aumentar de forma progresiva la velocidad del vehículo VP.

Además, en este caso, las velocidades rotacionales de campo magnético primero y segundo VMF1 y VMF2 son controladas de tal manera que la velocidad del motor NE sea igual a una velocidad deseada del motor. La velocidad deseada del motor se calcula, por ejemplo, buscando un mapa (no representado) según la velocidad del vehículo VP y el par demandado calculado. En este mapa, la velocidad deseada del motor se pone a un valor tal que sea posible obtener el ahorro óptimo de carburante del motor 3 con respecto a la velocidad del vehículo VP y el par demandado asumido entonces.

Como se ha descrito anteriormente, en el modo de entrada/salida de batería cero, la potencia motriz de motor es dividida una vez por las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31, y es transmitida al rotor B2 35 mediante los recorridos de transmisión primero a tercero siguientes. Entonces, la potencia motriz de motor dividida es transmitida a las ruedas motrices DW y DW en un estado combinado.

Primer recorrido de transmisión: rotor A2 25 → fuerzas magnéticas producidas por líneas de fuerza magnética ML → rotor A1 24 → eje de conexión 6 → rotor B2 35

Segundo recorrido de transmisión: rotor B1 34 → fuerzas magnéticas producidas por líneas de fuerza magnética ML → rotor B2 35

Tercer recorrido de transmisión: rotor A2 25 → fuerzas magnéticas producidas por líneas de fuerza magnética ML → estator 23 → primera PDU 41 → segunda PDU 42 → estator 33 → fuerzas magnéticas producidas por líneas de fuerza magnética ML → rotor B2 35

En los recorridos de transmisión primero y segundo anteriores, la potencia motriz de motor es transmitida a las ruedas motrices DW y DW por las fuerzas magnéticas producidas por las líneas de fuerza magnética ML mediante los denominados recorridos magnéticos, sin ser convertida a potencia eléctrica. Además, en dicho tercer recorrido de transmisión, la potencia motriz de motor es convertida una vez a potencia eléctrica, y luego es convertida de nuevo a potencia motriz de manera que sea transmitida a las ruedas motrices DW y DW por los denominados recorridos eléctricos.

Además, en el modo de entrada/salida de batería cero, la potencia eléctrica generada por el estator 23 y las velocidades rotacionales de campo magnético primero y segundo VMF1 y VMF2 son controladas de tal manera que las relaciones de velocidad expresadas por las ecuaciones (53) y (54) se mantengan.

Por otra parte, durante la marcha ENG, si se cumplen las condiciones (a) y (b) siguientes en base al par demandado calculado y el estado de carga, el motor 3 es asistido por la segunda máquina rotativa 31. A continuación, este modo de operación se denomina el "modo de asistencia".

- 5 (a) par demandado > primer valor predeterminado
- (b) estado de carga > valor límite inferior
- 10 Aquí, el primer valor predeterminado se calcula, por ejemplo, buscando un mapa (no representado) según la velocidad del vehículo VP. En este mapa, el primer valor predeterminado se pone a un valor de par tal que sea posible obtener el ahorro óptimo de carburante del motor 3 con respecto a la velocidad del vehículo VP asumida entonces. El valor límite inferior antes descrito se pone a un valor tal que no produzca excesiva descarga de la batería 43. Así, la operación en el modo de asistencia se lleva a cabo cuando la potencia motriz requerida para mover el vehículo (denominada a continuación la "potencia motriz demandada del vehículo"), que se representa por la velocidad del vehículo VP y el par demandado asumido entonces, es mayor que la potencia motriz de motor que hará posible obtener el ahorro óptimo de carburante del motor 3, y al mismo tiempo cuando la potencia restante eléctrica en la batería 43 sea suficientemente grande.

- 20 Específicamente, de forma similar al modo de entrada/salida de batería cero descrito anteriormente, el estator 23 genera potencia eléctrica usando la potencia motriz de motor transmitida al rotor A2 25. Además, en este caso, de forma diferente al modo de entrada/salida de batería cero, como se representa en la figura 26, la potencia eléctrica cargada en la batería 43 es suministrada al estator 33 además de la potencia eléctrica generada por el estator 23. Por lo tanto, el segundo par equivalente de accionamiento TSE2 en base a la potencia eléctrica suministrada desde el estator 23 y la batería 43 es transmitido al rotor B2 35. Además, de forma similar al modo de entrada/salida de batería cero, el par formado combinando el segundo par equivalente de accionamiento TSE2 anterior, el par motor distribuido al rotor A1 24 junto con la generación de potencia eléctrica, y el par motor transmitido al rotor B1 34, es transmitido a las ruedas motrices DW y DW mediante el rotor B2 35. Como resultado, suponiendo que no haya pérdida de transmisión producida por los engranajes, en el modo de asistencia, la potencia motriz transmitida a las ruedas motrices DW y DW es igual a la suma de la potencia motriz de motor y la potencia eléctrica (energía) suministrada desde la batería 43.

- Además, en el modo de asistencia, la potencia eléctrica generada por el estator 23, la potencia eléctrica suministrada desde la batería 43 al estator 33, y las velocidades rotacionales de campo magnético primero y segundo VMF1 y VMF2 son controladas de tal manera que se mantengan las relaciones de velocidad expresadas por las ecuaciones (53) y (54). Como resultado, la cantidad insuficiente de la potencia motriz de motor con respecto a la potencia motriz demandada del vehículo es compensada por el suministro de potencia eléctrica desde la batería 43 al estator 33. Se deberá indicar que, aunque el ejemplo antes descrito es un ejemplo de un caso en el que la cantidad insuficiente de la potencia motriz de motor con respecto a la potencia motriz demandada del vehículo es relativamente pequeña, si la cantidad insuficiente es relativamente grande, la potencia eléctrica es suministrada desde la batería 43 no solamente al estator 33 de la segunda máquina rotativa 31, sino también al estator 23 de la primera máquina rotativa 21.

- 45 Por otra parte, durante la marcha ENG, si se cumplen las condiciones (c) y (d) siguientes, la batería 43 se carga con parte de la potencia eléctrica generada por el estator 23 de la primera máquina rotativa 21 usando la potencia motriz de motor, como se ha descrito anteriormente, y el resto de la potencia eléctrica generada es suministrado al estator 33 de la segunda máquina rotativa 31. A continuación, este modo de operación se denomina el "modo de carga al tiempo de accionamiento".

- 50 (c) par demandado < segundo valor predeterminado
- (d) estado de carga < valor límite superior

- 55 Aquí, el segundo valor predeterminado se calcula, por ejemplo, buscando un mapa (no representado) según la velocidad del vehículo VP. En este mapa, el segundo valor predeterminado se pone a un valor menor que dicho valor de par que hará posible obtener el ahorro óptimo de carburante del motor 3 con respecto a la velocidad del vehículo VP asumida entonces. El valor límite superior se pone a un valor tal que no produzca sobrecarga de la batería 43. Así, la operación en el modo de carga al tiempo de accionamiento se lleva a cabo cuando la potencia motriz demandada del vehículo es menor que la potencia motriz de motor que hará posible obtener el ahorro óptimo de carburante del motor 3, y al mismo tiempo cuando el estado de carga sea relativamente bajo.

- 60 Con referencia a la figura 27, en el modo de carga al tiempo de accionamiento, de forma diferente a dicho modo de entrada/salida de batería cero, se suministra potencia eléctrica, que tiene una magnitud obtenida restando la potencia eléctrica cargada en la batería 43 de la potencia eléctrica generada por el estator 23 de la primera máquina rotativa 21, al estator 33 de la segunda máquina rotativa 31, y el segundo par equivalente de accionamiento TSE2 en base a la potencia eléctrica que tiene la magnitud es transmitido al rotor B2 35. Además, de forma similar al modo

de entrada/salida de batería cero, el par formado combinando el segundo par equivalente de accionamiento TSE2 anterior, el par motor distribuido al rotor A1 24 junto con la generación de potencia eléctrica, y el par motor transmitido al rotor B1 34, es transmitido a las ruedas motrices DW y DW mediante el rotor B2 35. Como resultado, suponiendo que no haya pérdida de transmisión producida por los engranajes, en el modo de carga al tiempo de accionamiento, la potencia motriz transmitida a las ruedas motrices DW y DW tiene una magnitud obtenida restando la potencia eléctrica (energía) cargada en la batería 43 de la potencia motriz de motor.

Además, en el modo de carga al tiempo de accionamiento, la potencia eléctrica generada por el estator 23, la potencia eléctrica cargada en la batería 43, y las velocidades rotacionales de campo magnético primero y segundo VMF1 y VMF2 son controladas de tal manera que las relaciones de velocidad expresadas por las ecuaciones (53) y (54) se mantengan. Como resultado, la cantidad excedente de la potencia motriz de motor con respecto a la potencia motriz demandada del vehículo es convertida a potencia eléctrica por el estator 23 de la primera máquina rotativa 21, y se carga en la batería 43.

Además, durante la marcha ENG, cuando el estator 23 de la primera máquina rotativa 21 no lleva a cabo la generación de potencia eléctrica, sino que se suministra potencia eléctrica desde la batería 43 al estator 33 de la segunda máquina rotativa 31, y esta potencia eléctrica es controlada de tal manera que el segundo par equivalente de accionamiento TSE2 sea igual a una mitad del par motor, como es claro por dicha ecuación (55), el rotor B2 35 combina todo el par motor y el segundo par equivalente de accionamiento TSE2, y entonces el par combinado es transmitido a las ruedas motrices DW y DW. Es decir, en este caso, es posible transmitir toda la potencia motriz de motor a las ruedas motrices DW y DW solamente por los recorridos magnéticos sin transmitirla por dichos recorridos eléctricos. Además, en este caso, el par que tiene una magnitud 3/2 veces la del par motor, es transmitido a las ruedas motrices DW y DW.

Además, cuando la potencia eléctrica generada por el estator 23 de la primera máquina rotativa 21 es controlada de tal manera que el primer par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE1 sea igual a 1/3 del par motor, es posible transmitir la potencia motriz del motor 3 a las ruedas motrices DW y DW solamente por los recorridos magnéticos. En este caso, par que tiene una magnitud 2/3 veces la del par motor, es transmitido a las ruedas motrices DW y DW.

Además, durante la marcha ENG, cuando la velocidad del vehículo VP en una condición de baja velocidad del vehículo se incrementa rápidamente (a continuación dicha operación del vehículo se denomina la "operación de aceleración rápida durante la marcha ENG"), el motor 3 y las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31 son controlados de la siguiente manera: la figura 28 representa un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales y los pares de los elementos rotativos al inicio de esta operación de aceleración rápida durante la marcha ENG. En la figura, TENG representa el par del motor 3. En este caso, la velocidad del motor NE se incrementa a una velocidad predeterminada tal del motor que hará posible obtener su par máximo. Como se representa en la figura 28, la velocidad del vehículo VP no se incrementa inmediatamente, y por lo tanto, dado que la velocidad del motor NE es más alta que la velocidad del vehículo VP, la diferencia entre la velocidad del motor NE y la velocidad del vehículo VP aumenta, de modo que la dirección de rotación del segundo campo magnético rotativo determinada por la relación entre la velocidad del motor NE y la velocidad del vehículo VP es la dirección de rotación inversa. Por lo tanto, con el fin de producir par positivo a partir del estator 33 de la segunda máquina rotativa 31, que genera dicho segundo campo magnético rotativo, para actuar en las ruedas motrices DW y DW, el estator 33 realiza generación de potencia eléctrica. Además, la potencia eléctrica generada por el estator 33 es suministrada al estator 23 de la primera máquina rotativa 21 para hacer que el primer campo magnético rotativo efectúe rotación normal.

Como se ha descrito anteriormente, el par motor TENG, el primer par de accionamiento equivalente TSE1, y el segundo par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE2 son transmitidos a las ruedas motrices DW y DW como par positivo, lo que da lugar a un aumento rápido de la velocidad del vehículo VP. Además, al inicio de la operación de aceleración rápida durante la marcha ENG, como es evidente por la figura 28, el par motor TENG y el primer par de accionamiento equivalente TSE1 son transmitidos a las ruedas motrices DW y DW usando el segundo par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE2 como una fuerza de reacción, de modo que el par demandado de la segunda máquina rotativa 31 es mayor que en caso contrario. En este caso, el par demandado de la segunda máquina rotativa 31, es decir, el segundo par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE2 se expresa por la ecuación siguiente (58):

$$TGE2 = - \{ \alpha \cdot TENG + (1 + \alpha) TDDW \} / (\beta + 1 + \alpha) \quad \dots (58)$$

Como es evidente por la ecuación (58), cuando la segunda relación de número de pares de polos β es mayor, el segundo par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE2 es menor con respecto al par transmitido de rueda motriz TDDW y el par motor TENG, suponiendo que sus respectivas magnitudes no hayan cambiado. En la presente realización, dado que la segunda relación de número de pares de polos β se pone a 2,0, el segundo par equivalente de accionamiento TSE2 se puede hacer menor que cuando la segunda relación de número de pares de

polos β se pone a un valor menor que 1,0.

Regeneración de deceleración

La regeneración de deceleración es un modo de operación para generar potencia eléctrica por la primera máquina rotativa 21 y la segunda máquina rotativa 31 usando energía de inercia de las ruedas motrices DW y DW, y cargar la batería 43 con la potencia eléctrica generada, durante la marcha en deceleración del vehículo, es decir, cuando el vehículo avanza por inercia. Durante la regeneración de deceleración, cuando la relación de par de las ruedas motrices DW y DW transmitido al motor 3 al par de las ruedas motrices DW y DW (par por inercia) es pequeña, la generación de potencia eléctrica la llevan a cabo ambos estatores 23 y 33 usando parte de la potencia motriz de las ruedas motrices DW y DW, y la potencia eléctrica generada se carga en la batería 43. Específicamente, esta generación de potencia eléctrica la lleva a cabo el estator 23 de la primera máquina rotativa 21 usando la potencia motriz transmitida al rotor A2 25 como se describe a continuación, y la lleva a cabo el estator 33 de la segunda máquina rotativa 31 usando la potencia motriz transmitida al rotor B2 35 como se describe a continuación.

La figura 29 representa un estado de transmisión de par durante la regeneración de deceleración antes descrita. Como se representa en la figura, junto con la generación de potencia eléctrica por el estator 33, el par combinado formado combinando todo el par de las ruedas motrices DW y DW y el par distribuido al rotor A1 24, como se describe a continuación, es transmitido al rotor B2 35. Además, por dichas funciones de la segunda máquina rotativa 31, el par combinado antes descrito transmitido al rotor B2 35 es distribuido al estator 33 y el rotor B1 34.

Además, parte del par distribuido al rotor B1 34 es transmitida al motor 3, y el resto, de forma similar al caso de dicho modo de entrada/salida de batería cero, es transmitido al rotor A2 25 junto con la generación de potencia eléctrica por el estator 23, y luego es distribuido al estator 23 y el rotor A1 24. Además, el par distribuido al rotor A1 24 es transmitido al rotor B2 35. Como resultado, suponiendo que no haya pérdida de transmisión producida por los engranajes, durante la regeneración de deceleración, la suma de la potencia motriz transmitida al motor 3 y la potencia eléctrica (energía) cargada en la batería 43 es igual a la potencia motriz de las ruedas motrices DW y DW.

Arranque ENG durante la parada del vehículo

El arranque ENG durante la parada del vehículo es un modo de operación para arrancar el motor 3 durante la parada del vehículo. Al tiempo del arranque ENG durante la parada del vehículo, se suministra potencia eléctrica desde la batería 43 al estator 23 de la primera máquina rotativa 21, haciendo que el primer campo magnético rotativo generado por el estator 23 según el suministro de la potencia eléctrica efectúe rotación normal, y usando la potencia motriz transmitida al rotor B1 34 como se describe a continuación, la generación de potencia eléctrica la lleva a cabo el estator 33 para suministrar también la potencia eléctrica generada al estator 23.

La figura 30 representa un estado de transmisión de par al tiempo del arranque ENG durante la parada del vehículo antes descrito, y la figura 31 representa un nomograma de velocidad al tiempo del arranque ENG durante la parada del vehículo. Como se representa en la figura 30, al tiempo del arranque ENG durante la parada del vehículo, dado que la potencia eléctrica es suministrada al estator 23, el primer par de accionamiento equivalente TSE1 del estator 23 actúa en el rotor A2 25 haciendo que el rotor A2 25 efectúe rotación normal, y actúa en el rotor A1 24 haciendo que el rotor A1 24 efectúe rotación inversa, como indican unas flechas D. Además, parte del par transmitido al rotor A2 25 es transmitida al cigüeñal 3a, por lo que el cigüeñal 3a realiza rotación normal.

Además, al tiempo del arranque ENG durante la parada del vehículo, el resto del par transmitido al rotor A2 25 es transmitido al rotor B1 34, y luego es transmitido al estator 33 de la segunda máquina rotativa 31 como energía eléctrica junto con la generación de potencia eléctrica por el estator 33. Además, como indican líneas continuas gruesas en la figura 31, el segundo campo magnético rotativo generado junto con la generación de potencia eléctrica por el estator 33 realiza rotación inversa. Como resultado, como indican unas flechas E en la figura 30, el segundo par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE2 generado junto con la generación de potencia eléctrica del estator 33 actúa en el rotor B2 35 haciendo que el rotor B2 35 efectúe rotación normal. Además, el par transmitido al rotor B1 34 de modo que se equilibre con el segundo par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE2, también se transmite al rotor B2 35 (como indican flechas F), actuando por ello en el rotor B2 35 haciendo que el rotor B2 35 efectúe rotación normal.

En este caso, la potencia eléctrica suministrada al estator 23 de la primera máquina rotativa 21 y la potencia eléctrica generada por el estator 33 de la segunda máquina rotativa 31 son controladas de tal manera que dicho par, indicado por las flechas D, para hacer que el rotor A1 24 efectúe rotación inversa, y los pares, indicados por las flechas E y F, para hacer que el rotor B2 35 efectúe rotación normal, se equilibren uno con otro, por lo que el rotor A1 24, el rotor B2 35 y las ruedas motrices DW y DW, que están conectados uno a otro, se mantienen estacionarios. Como consecuencia, como se representa en la figura 31, las velocidades rotacionales de rotor A1 y B2 VRA1 y VRB2 son iguales a 0, y la velocidad del vehículo VP también es igual a 0.

Además, en este caso, la potencia eléctrica suministrada al estator 23, la potencia eléctrica generada por el estator 33 y las velocidades rotacionales de campo magnético primero y segundo VMF1 y VM F2 son controladas de tal

manera que se mantengan las relaciones de velocidad expresadas por dichas ecuaciones (53) y (54) y, al mismo tiempo, las velocidades rotacionales de rotor A2 y B1 VRA2 y VRB1 toman un valor relativamente pequeño (véase la figura 31). Con esto, al tiempo del arranque ENG durante la parada del vehículo, manteniendo al mismo tiempo la velocidad del vehículo VP a 0, la velocidad del motor NE es controlada a un valor relativamente pequeño adecuado para el arranque del motor 3. Además, en este estado, la operación de encendido de las válvulas de inyección de carburante y las bujías del motor 3 es controlada según la posición de ángulo de calado, por lo que el motor 3 arranca.

Avance lento ENG

El avance lento ENG es un modo de operación para realizar la operación de avance lento del vehículo usando la potencia motriz del motor 3. Durante el avance lento ENG, usando la potencia motriz de motor transmitida al rotor A2 25, la generación de potencia eléctrica la lleva a cabo el estator 23, y usando la potencia motriz de motor transmitida al rotor B1 34, la generación de potencia eléctrica la lleva a cabo el estator 33. Además, la potencia eléctrica así generada por los estatores 23 y 33 se carga en la batería 43.

La figura 32 representa un estado de transmisión de par durante el avance lento ENG antes descrito, y la figura 33 representa un nomograma de velocidad durante el avance lento ENG. Como se representa en la figura 32, durante el avance lento ENG, de forma similar al caso de dicho modo de entrada/salida de batería cero, junto con dicha generación de potencia eléctrica por el estator 23, parte del par motor TENG es transmitida al rotor A2 25, y el par motor TENG transmitido al rotor A2 25 es distribuido al estator 23 y el rotor A1 24. Además, como se representa en la figura 33, el segundo campo magnético rotativo generado junto con la generación de potencia eléctrica por el estator 33 realiza rotación inversa. Como resultado, como se representa en la figura 32, aunque la velocidad del vehículo VP es aproximadamente igual a 0, el cigüeñal 3a realiza rotación normal, de modo que, de forma similar al caso antes descrito del arranque ENG durante la parada del vehículo, el segundo par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE2 generado por la generación de potencia eléctrica anterior actúa en el rotor B2 35 haciendo que el rotor B2 35 efectúe rotación normal. Además, el par motor TENG transmitido al rotor B1 34 de modo que se equilibre con el segundo par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE2, también se transmite al rotor B2 35, actuando por ello en el rotor B2 35 haciendo que el rotor B2 35 efectúe rotación normal. Además, el par motor TENG distribuido al rotor A1 24 como se ha descrito anteriormente, es transmitido al rotor B2 35.

Como se ha descrito anteriormente, durante el avance lento ENG, el par combinado formado combinando el par motor TENG distribuido al rotor A1 24, el segundo par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE2, y el par motor TENG transmitido al rotor B1 34 es transmitido al rotor B2 35. Además, este par combinado es transmitido a las ruedas motrices DW y DW, para hacer que las ruedas motrices DW y DW realicen rotación normal. Además, la potencia eléctrica generada por los estatores 23 y 33, y las velocidades rotacionales de campo magnético primero y segundo VMF1 y VMF2 son controladas de tal manera que las velocidades rotacionales de rotor A1 y B2 VRA1 y VRB2, es decir, la velocidad del vehículo VP, sea muy pequeña (véase la figura 33), por lo que se lleva a cabo la operación de avance lento.

Además, durante el avance lento ENG, como se ha descrito anteriormente, el par motor TENG distribuido al rotor A1 24 junto con la generación de potencia eléctrica por el estator 23, y el par motor TENG transmitido al rotor B2 35 mediante el rotor B1 34 junto con la generación de potencia eléctrica por el estator 33 son transmitidos a las ruedas motrices DW y DW. Es decir, dado que parte del par motor TENG puede ser transmitida a las ruedas motrices DW y DW, es posible evitar que una fuerza de reacción grande de las ruedas motrices DW y DW actúe en el motor 3, haciendo por ello posible realizar la operación de avance lento sin hacer que el motor se cale. Se deberá indicar que la operación de avance lento ENG anterior se lleva a cabo principalmente cuando el estado cargado es pequeño o cuando el vehículo sube por una pendiente.

Arranque parado basado en ENG

El arranque parado basado en ENG es un modo de operación para arrancar el vehículo usando la potencia motriz del motor 3. Al tiempo del arranque parado basado en ENG, la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 del segundo campo magnético rotativo que ha estado realizando rotación inversa durante el avance lento ENG, es controlada de tal manera que sea igual a 0, se incrementa la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 del primer campo magnético rotativo que ha estado realizando rotación normal durante el avance lento ENG, y se incrementa la potencia motriz de motor. Entonces, después de que la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 es igual a 0, se lleva a cabo la operación en dicho modo de entrada/salida de batería cero. Esto hace, como indican líneas continuas gruesas en la figura 34, que las velocidades rotacionales de rotor A1 y B2 VRA1 y VRB2, es decir, la velocidad del vehículo VP se incremente desde un estado del avance lento ENG, indicado por líneas de trazos en la figura 34, haciendo que el vehículo arranque.

Como se ha descrito anteriormente, según la presente realización, las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31 tienen las mismas funciones que las de un aparato formado combinando una unidad de engranaje planetario y una máquina rotativa general del tipo de un rotor, de modo que, a diferencia de dicho grupo motor convencional, es posible prescindir de la unidad de engranaje planetario para distribuir y combinar potencia motriz para la transmisión,

lo que hace posible reducir el tamaño del grupo motor 1 en la medida correspondiente. Además, de forma diferente a dicho caso convencional, como ya se ha descrito con referencia a la figura 24, la potencia motriz del motor es transmitida a las ruedas motrices DW y DW sin ser recirculada, y por lo tanto es posible reducir la potencia motriz que pasa a través de las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31. Esto hace posible reducir los tamaños y los costos de las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31, haciendo por ello posible lograr una reducción adicional del tamaño y los costos del grupo motor 1. Además, usando las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31, teniendo cada una de ellas una capacidad de par correspondiente a la potencia motriz reducida, como se ha descrito anteriormente, es posible suprimir la pérdida de potencia motriz mejorando la eficiencia de accionamiento del grupo motor 1.

Además, la potencia motriz del motor es transmitida a las ruedas motrices DW y DW en un estado dividido mediante un total de tres recorridos, es decir, el primer recorrido de transmisión antes descrito (el rotor A2 25, las fuerzas magnéticas producidas por líneas de fuerza magnética ML, el rotor A1 24, el eje de conexión 6, y el rotor B2 35), el segundo recorrido de transmisión (el rotor B1 34, las fuerzas magnéticas producidas por líneas de fuerza magnética ML, y el rotor B2 35), y el tercer recorrido de transmisión (el rotor A2 25, las fuerzas magnéticas producidas por líneas de fuerza magnética ML, el estator 23, la primera PDU 41, la segunda PDU 42, el estator 33, las fuerzas magnéticas producidas por líneas de fuerza magnética ML, y el rotor B2 35). Esto hace posible reducir la potencia eléctrica (energía) que pasa a través de las PDUs primera y segunda 41 y 42 en el tercer recorrido de transmisión, de modo que es posible reducir los tamaños y los costos de las PDUs primera y segunda 41 y 42, haciendo por ello posible lograr una reducción adicional del tamaño y los costos del grupo motor 1. Además, aunque en el tercer recorrido de transmisión, la potencia motriz de motor es transmitida a las ruedas motrices DW y DW mediante los recorridos eléctricos, en los recorridos de transmisión primero y segundo, la potencia motriz es transmitida a las ruedas motrices DW y DW mediante los recorridos magnéticos, de modo que los recorridos de transmisión primero y segundo tienen una eficiencia de transmisión más alta que el tercer recorrido de transmisión.

Además, como se ha descrito anteriormente con referencia a la figura 25, la potencia motriz de motor es transmitida a las ruedas motrices DW y DW cambiando al mismo tiempo su velocidad de forma progresiva controlando las velocidades rotacionales de campo magnético primero y segundo VMF1 y VMF2. Además, en este caso, las velocidades rotacionales de campo magnético primero y segundo VMF1 y VMF2 son controladas de tal manera que la velocidad del motor NE sea igual a la velocidad deseada del motor puesta a un valor que hará posible obtener el ahorro óptimo de carburante del motor 3, y por lo tanto es posible accionar las ruedas motrices DW y DW controlando al mismo tiempo la potencia motriz de motor de tal manera que se pueda obtener el ahorro óptimo de carburante del motor 3. Esto hace posible mejorar más la eficiencia de accionamiento del grupo motor 1.

Además, la primera relación de número de pares de polos α de la primera máquina rotativa 21 se pone a 2,0, y por lo tanto al tiempo del arranque ENG durante la marcha EV cuando el par demandado de la primera máquina rotativa 21 es especialmente grande, como se ha descrito anteriormente usando dicha ecuación (57), es posible hacer el primer par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE1 menor que cuando la primera relación de número de pares de polos α se pone a un valor menor que 1,0. Esto hace posible reducir más el tamaño y los costos de la primera máquina rotativa 21. Además, dado que la segunda relación de número de pares de polos β de la segunda máquina rotativa 31 se pone a 2,0, es posible hacer el segundo par equivalente de accionamiento TSE2 menor que cuando la segunda relación de número de pares de polos β se pone a un valor menor que 1,0, al inicio de la operación de aceleración rápida durante la marcha ENG en la que el par demandado de la segunda máquina rotativa 31 es especialmente grande, como se ha descrito anteriormente usando dicha ecuación (58). Esto hace posible reducir más el tamaño y los costos de la segunda máquina rotativa 31.

La operación en el modo de carga al tiempo de accionamiento se lleva a cabo cuando la potencia motriz demandada del vehículo es menor que la potencia motriz de motor que hará posible obtener el ahorro óptimo de carburante del motor 3, y durante el modo de carga al tiempo de accionamiento, la potencia motriz de motor es controlada de tal manera que se pueda obtener el ahorro óptimo de carburante del motor 3, y la cantidad excedente de la potencia motriz de motor con respecto a la potencia motriz demandada del vehículo se carga en la batería 43 como potencia eléctrica. Además, la operación en el modo de asistencia se lleva a cabo cuando la potencia motriz demandada del vehículo es mayor que la potencia motriz de motor que hará posible obtener el ahorro óptimo de carburante del motor 3, y durante el modo de asistencia, la potencia motriz de motor es controlada de tal manera que se pueda obtener el ahorro óptimo de carburante del motor 3. Además, la cantidad insuficiente de la potencia motriz de motor con respecto a la potencia motriz demandada del vehículo es compensada por el suministro de potencia eléctrica de la batería 43. Por lo tanto, es posible mejorar más la eficiencia de accionamiento del grupo motor 1 independientemente del volumen de la carga de las ruedas motrices DW y DW.

A continuación, los grupos motores 1A, 1B, 1C y 1D según las realizaciones segunda a quinta de la presente invención se describirán con referencia a las figuras 35 a 38. Estos grupos motores 1A a 1D se distinguen de la primera realización principalmente en que también incluyen transmisiones 61, 71, 81 y 91, respectivamente. En cualquiera de las realizaciones segunda a quinta, la relación de conexión entre el motor 3, las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31, y las ruedas motrices DW y DW es la misma que la relación de conexión entre ellos en la primera realización. Más específicamente, los rotores A2 y B1 25 y 34 están conectados mecánicamente al cigüeñal 3a del motor 3, y los rotores A1 y B2 24 y 35 están conectados mecánicamente a las ruedas motrices DW y DW.

Además, en las figuras 35 a 38, elementos componentes idénticos a los de la primera realización se designan con los mismos números de referencia. Esto también se aplica igualmente a las figuras utilizadas al describir las otras realizaciones descritas a continuación. La descripción siguiente se referirá principalmente a los puntos diferentes de los grupos motores 1A a 1D de la primera realización, en orden a partir del grupo motor 1A de la segunda realización.

Con referencia a la figura 35, en el grupo motor 1A, la transmisión 61 se facilita en lugar del engranaje 7b y el primer engranaje 8b en engrane uno con otro. Esta transmisión 61 es una transmisión no etápica del tipo de correa, e incluye un eje de entrada conectado a dicho segundo eje de giro 7, un eje de salida conectado al eje loco 8, poleas dispuestas en el eje de entrada y el eje de salida, respectivamente, y una correa metálica enrollada alrededor de las poleas, de los que no se representa ninguno. La transmisión 61 cambia los diámetros efectivos de las poleas, enviando por ello potencia motriz introducida al eje de entrada al eje de salida cambiando al mismo tiempo su velocidad. Además, la relación de transmisión de la transmisión 61 (la velocidad rotacional del eje de entrada/la velocidad rotacional del eje de salida) es controlada por la UEC 2.

Como se ha descrito anteriormente, la transmisión 61 está dispuesta entre los rotores A1 y B2 24 y 35 y las ruedas motrices DW y DW, y la potencia motriz transmitida a los rotores A1 y B2 24 y 35 es transmitida a las ruedas motrices DW y DW habiéndose cambiado al mismo tiempo su velocidad por la transmisión 61. Se deberá indicar que, en la presente realización, la transmisión 61 corresponde a una transmisión de la invención según la reivindicación 3.

En el grupo motor 1A construido como antes, cuando un par muy grande es transmitido desde los rotores A1 y B2 24 y 35 a las ruedas motrices DW y DW, por ejemplo, durante el arranque parado EV y el arranque parado basado en ENG antes descritos, la relación de transmisión de la transmisión 61 es controlada a un valor predeterminado de velocidad más baja mayor que 1,0. Esto hace que la transmisión 61 aumente el par transmitido a los rotores A1 y B2 24 y 35, y luego el par incrementado es transmitido a las ruedas motrices DW y DW. De acuerdo con ello, la potencia eléctrica generada por la primera máquina rotativa 21 y la potencia eléctrica suministrada a la segunda máquina rotativa 31 (potencia eléctrica generada) son controladas de tal manera que el par transmitido a los rotores A1 y B2 24 y 35 sea menor. Por lo tanto, según la presente realización, los respectivos valores máximos de par demandado de las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31 se pueden reducir, haciendo por ello posible reducir más los tamaños y los costos de las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31.

Además, en los casos donde las velocidades rotacionales de rotor A1 y B2 VRA1 y VRB2 son demasiado altas, por ejemplo, durante la operación a alta velocidad del vehículo en la que la velocidad del vehículo VP es muy alta, la relación de transmisión de la transmisión 61 es controlada a un valor predeterminado de velocidad más alta menor que 1,0. Esto hace posible bajar las velocidades rotacionales de rotor A1 y B2 VRA1 y VRB2 con respecto a la velocidad del vehículo VP, y por lo tanto es posible evitar que se produzca fallo de las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31 porque las velocidades rotacionales de rotor A1 y B2 VRA1 y VRB2 sean demasiado altas. Dicho control es especialmente efectivo porque, como se ha descrito anteriormente, el rotor A1 24 está formado por imanes y los imanes tienen menor intensidad que los elementos magnéticos de material blando, de modo que dichos inconvenientes tienden a producirse.

Además, durante la marcha del vehículo, incluyendo la marcha EV y la marcha ENG, la relación de transmisión de la transmisión 61 es controlada de tal manera que las velocidades rotacionales de campo magnético primero y segundo VMF1 y VMF2 sean iguales a valores deseados predeterminados primero y segundo, respectivamente. Los valores deseados primero y segundo se calculan buscando un mapa según la velocidad del vehículo VP cuando solamente las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31 se usan como fuentes de potencia motriz, mientras que cuando el motor 3 y las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31 se usan como fuentes de potencia motriz, los valores deseados primero y segundo se calculan buscando un mapa distinto de dicho mapa según la velocidad del motor NE y la velocidad del vehículo VP. Además, en estos mapas, los valores deseados primero y segundo se ponen a valores tales que sea posible obtener altas eficiencias de las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31 con respecto a la velocidad del vehículo VP (y la velocidad del motor NE) asumida entonces. Además, en paralelo con el control de la transmisión 61 anterior, las velocidades rotacionales de campo magnético primero y segundo VMF1 y VMF2 son controladas a los valores deseados primero y segundo, respectivamente. Con esto, según la presente realización, durante la marcha del vehículo, es posible obtener las altas eficiencias de las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31.

Además, como se ha descrito anteriormente con referencia a la figura 25, si se usan las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31, es posible transmitir la potencia motriz de motor a las ruedas motrices DW y DW cambiando al mismo tiempo de forma progresiva su velocidad, haciendo por ello posible reducir la frecuencia de la operación de cambio de velocidad de la transmisión 61. Esto hace posible suprimir pérdidas de calor por la operación de cambio de velocidad, por lo que es posible asegurar la alta eficiencia de accionamiento del grupo motor 1 A. Además de esto, según la presente realización, es posible obtener los mismos efectos ventajosos que los proporcionados por la primera realización.

Se deberá indicar que, aunque en la presente realización, la transmisión 61 es una transmisión no etápica del tipo de

correa, se ha de entender que se puede emplear una transmisión no etápica de tipo toroidal o una transmisión escalonada del tipo de engranaje.

En el grupo motor 1B según la tercera realización representada en la figura 36, la transmisión 71 es una transmisión escalonada del tipo de engranaje incluyendo un eje de entrada 72 y un eje de salida (no representado), una pluralidad de trenes de engranajes de diferente relación de distribución uno de otro, y embragues (no representados) para enganchar y desenganchar entre los trenes de engranajes, y el eje de entrada 72 y el eje de salida, en base de un tren de engranajes a otro tren de engranajes. La transmisión 71 cambia la velocidad de la potencia motriz introducida al eje de entrada 72 usando uno de los trenes de engranajes, y envía la potencia motriz de velocidad cambiada al eje de salida. Además, en la transmisión 71, un total de cuatro posiciones de velocidad, es decir, una primera velocidad (relación de transmisión = la velocidad rotacional del eje de entrada 72/la velocidad rotacional del eje de salida > 1,0), una segunda velocidad (relación de transmisión = 1,0), una tercera velocidad (relación de transmisión < 1,0) para marcha hacia delante, y una posición de velocidad para marcha hacia atrás se pueden poner usando estos trenes de engranajes, y la UEC 2 controla un cambio entre estas posiciones de velocidad.

Además, en el grupo motor 1B, de forma diferente a la primera realización, el segundo eje de giro 7 no está provisto del engranaje 7b, y los rotores A1 y B2 24 y 35 están conectados a las ruedas motrices DW y DW, de la siguiente manera: El rotor A1 24 está conectado directamente al eje de entrada 72 de la transmisión 71, y el eje de salida de la transmisión 71 está conectado directamente al eje de conexión 6 antes descrito. El eje de conexión 6 está formado integralmente con un engranaje 6b, y el engranaje 6b está en engrane con dicho primer engranaje 8b.

Como se ha descrito anteriormente, el rotor A1 24 está conectado mecánicamente a las ruedas motrices DW y DW mediante la transmisión 71, el engranaje 6b, el primer engranaje 8b, el eje loco 8, el segundo engranaje 8c, el engranaje 9a y el mecanismo de engranajes diferenciales 9, etc. Además, la potencia motriz transmitida al rotor A1 24 es transmitida a las ruedas motrices DW y DW al mismo tiempo que su velocidad ha sido cambiada por la transmisión 71. Además, el rotor B2 35 está conectado mecánicamente a las ruedas motrices DW y DW mediante el eje de conexión 6, el engranaje 6b, el primer engranaje 8b, etc, sin hacerlo mediante la transmisión 71. Se deberá indicar que, en la presente realización, la transmisión 71 corresponde a una transmisión de la invención según la reivindicación 4.

En el grupo motor 1B construido como antes, en los casos donde se transmite un par muy grande desde el rotor A1 24 a las ruedas motrices DW y DW, por ejemplo, al tiempo del arranque parado basado en ENG, la posición de velocidad de la transmisión 71 es controlada a la primera velocidad (relación de transmisión >1,0). Esto hace que la transmisión 71 aumente el par transmitido al rotor A1 24, y luego el par incrementado es transmitido a las ruedas motrices DW y DW. De acuerdo con ello, la potencia eléctrica generada por la primera máquina rotativa 21 es controlada de tal manera que el par transmitido al rotor A1 24 sea menor. Con esto, según la presente realización, el valor máximo del par demandado de la primera máquina rotativa 21 se puede reducir, haciendo por ello posible reducir más el tamaño y los costos de la primera máquina rotativa 21.

Además, en los casos donde la velocidad rotacional de rotor A1 VRA1 es demasiado alta, por ejemplo, durante la operación a alta velocidad del vehículo en la que la velocidad del vehículo VP es muy alta, la posición de velocidad de la transmisión 71 es controlada a la tercera velocidad (relación de transmisión <1,0). Según la presente realización, esto hace posible bajar la velocidad rotacional de rotor A1 VRA1 con respecto a la velocidad del vehículo VP, y por lo tanto es posible evitar que se produzca fallo de la primera máquina rotativa 21 porque la velocidad rotacional de rotor A1 VRA1 sea demasiado alta. Dicho control es especialmente efectivo porque el rotor A1 24 está formado por imanes y los imanes tienen menor intensidad que los elementos magnéticos de material blando, de modo que dichos inconvenientes tienden a producirse.

Además, durante la marcha del vehículo incluyendo la marcha EV y la marcha ENG, la posición de velocidad de la transmisión 71 es controlada de tal manera que la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 sea igual a un valor deseado predeterminado. Este valor deseado se calcula buscando un mapa según la velocidad del vehículo VP cuando solamente las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31 se usan como fuentes de potencia motriz, mientras que cuando el motor 3 y las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31 se usan como fuentes de potencia motriz, el valor deseado se calcula buscando un mapa distinto de dicho mapa según la velocidad del motor NE y la velocidad del vehículo VP. Además, en estos mapas, los valores deseados se ponen a unos valores tales que sea posible obtener una eficiencia alta de la primera máquina rotativa 21 con respecto a la velocidad del vehículo VP (y la velocidad del motor NE) asumida entonces. Además, en paralelo con el control anterior de la transmisión 71, la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 es controlada a dicho valor deseado. Según la presente realización, esto hace posible obtener la eficiencia alta de la primera máquina rotativa 21 durante la marcha del vehículo.

Además, durante la marcha ENG, y al mismo tiempo durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión 71, es decir, después de que el eje de entrada 72 y el eje de salida de la transmisión 71 se desconectan de un tren de engranajes que ha sido seleccionado antes de un cambio de velocidad y hasta que el eje de entrada 72 y el eje de salida estén conectados a un tren de engranajes seleccionado para el cambio de velocidad, las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31 son controladas de la siguiente manera: durante la operación de cambio de

velocidad de la transmisión 71, desconectando el tren de engranajes de la transmisión 71 del eje de entrada 72 y su eje de salida, el rotor A1 24 se desconecta de las ruedas motrices DW y DW, por lo que la carga de las ruedas motrices DW y DW deja de actuar en el rotor A1 24. Por lo tanto, la primera máquina rotativa 21 no genera potencia eléctrica, y se suministra potencia eléctrica desde la batería 43 al estator 33 de la segunda máquina rotativa 31.

Con esto, según la presente realización, durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión 71, el segundo par equivalente de accionamiento TSE2 del estator 33 y parte del par motor TENG transmitido al rotor B1 34 se combinan, y el par combinado es transmitido a las ruedas motrices DW y DW mediante el rotor B2 35. Esto hace posible evitar un choque de cambio de velocidad, que puede ser producido por interrupción de la transmisión del par motor TENG a las ruedas motrices DW y DW mediante la transmisión 71. Esto hace posible mejorar la comerciabilidad. Además de esto, según la presente realización es posible obtener los mismos efectos ventajosos que los proporcionados por la primera realización.

En el grupo motor 1C según la cuarta realización representada en la figura 37, de forma diferente a la primera realización, el engranaje 7b no está dispuesto en el segundo eje de giro 7, y dicho primer engranaje 8b está en engrane con el engranaje 6b formado integralmente con el eje de conexión 6. Esto conecta el rotor A1 24 a las ruedas motrices DW y DW mediante el eje de conexión 6, el engranaje 6b, el primer engranaje 8b, el eje loco 8, el segundo engranaje 8c, el engranaje 9a y el mecanismo de engranajes diferenciales 9, sin hacerlo mediante la transmisión 81.

Además, la transmisión 81 es una transmisión escalonada del tipo de engranaje que está configurada, de forma similar a la transmisión 71 según la tercera realización, de manera que tenga posiciones de velocidad incluyendo una primera velocidad a una tercera velocidad. La transmisión 81 incluye un eje de entrada 82 conectado directamente al rotor B2 35, y un eje de salida (no representado) conectado directamente al eje de conexión 6, y transmite potencia motriz introducida al eje de entrada 82 al eje de salida cambiando al mismo tiempo la velocidad de la potencia motriz. Además, la UEC 2 controla un cambio entre las posiciones de velocidad de la transmisión 81.

Con la disposición antes descrita, el rotor B2 35 está conectado mecánicamente a las ruedas motrices DW y DW mediante la transmisión 81, el engranaje 6b, el segundo engranaje 8c, etc. Además, la potencia motriz transmitida al rotor B2 35 es transmitida a las ruedas motrices DW y DW al mismo tiempo que su velocidad ha sido cambiada por la transmisión 81. Se deberá indicar que, en la presente realización, la transmisión 81 corresponde a una transmisión de la invención según la reivindicación 5.

En el grupo motor 1C construido como antes, cuando se transmite un par muy grande desde el rotor B2 35 a las ruedas motrices DW y DW, por ejemplo, durante el arranque parado EV y el arranque parado basado en ENG, la posición de velocidad de la transmisión 81 es controlada a la primera velocidad (relación de transmisión $>1,0$). El par transmitido al rotor B2 35 es incrementado por la transmisión 81, y luego es transmitido a las ruedas motrices DW y DW. De acuerdo con ello, la potencia eléctrica suministrada a la segunda máquina rotativa 31 es controlada de tal manera que el par transmitido al rotor B2 35 sea menor. Por lo tanto, según la presente realización, es posible reducir el valor máximo de par demandado de la segunda máquina rotativa 31, haciendo por ello posible reducir más el tamaño y los costos de la segunda máquina rotativa 31. Esto es especialmente efectivo porque, como se ha descrito anteriormente, durante el arranque parado basado en ENG, el par del estator 33 y parte del par motor TENG transmitido al rotor B1 34 se combinan y el par combinado es transmitido a las ruedas motrices DW y DW mediante el rotor B2 35, y por lo tanto en el rotor B2 35 actúa un par más grande que en el rotor A1 24.

Además, cuando la velocidad rotacional de rotor B2 VRB2 es muy alta, por ejemplo, durante la operación a alta velocidad del vehículo en la que la velocidad del vehículo VP es muy alta, la posición de velocidad de la transmisión 81 es controlada a la tercera velocidad (relación de transmisión $<1,0$). Según la presente realización, esto hace posible reducir la velocidad rotacional de rotor B2 VRB2 con respecto a la velocidad del vehículo VP, y por lo tanto es posible evitar que se produzca fallo de la segunda máquina rotativa 31 porque la velocidad rotacional de rotor B2 VRB2 sea demasiado alta.

Además, durante la marcha del vehículo incluyendo la marcha EV y la marcha ENG, la posición de velocidad de la transmisión 81 es controlada de tal manera que la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 sea igual a un valor deseado predeterminado. Este valor deseado se calcula buscando un mapa según la velocidad del vehículo VP cuando solamente las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31 se usan como fuentes de potencia motriz, mientras que cuando el motor 3 y las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31 se usan como fuentes de potencia motriz, el valor deseado se calcula buscando un mapa distinto de dicho mapa según la velocidad del motor NE y la velocidad del vehículo VP. Además, en estos mapas, los valores deseados se ponen a valores tales que sea posible obtener una eficiencia alta de la segunda máquina rotativa 31 con respecto a la velocidad del vehículo VP (y la velocidad del motor NE) asumida entonces. Además, en paralelo con el control anterior de la transmisión 81, la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 es controlada a dicho valor deseado. Según la presente realización, esto hace posible obtener la eficiencia alta de la segunda máquina rotativa 31 durante la marcha del vehículo.

Además, durante la marcha ENG, y al mismo tiempo durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión

81 (después de que el eje de entrada 82 y el eje de salida se desconectan de un tren de engranajes que ha sido seleccionado antes de un cambio de velocidad y hasta que el eje de entrada 82 y el eje de salida estén conectados a un tren de engranajes seleccionado para el cambio de velocidad), es decir, cuando el rotor B2 35 es desconectado de las ruedas motrices DW y DW por la transmisión 81, como es claro por el estado de transmisión de par, descrito con referencia a la figura 24, y análogos, parte del par motor TENG es transmitida a las ruedas motrices DW y DW mediante el rotor A1 24. Con esto, según la presente realización, es posible evitar un choque de cambio de velocidad, que puede ser producido por interrupción de la transmisión del eje de entrada 92/la velocidad rotacional del eje de salida.1,0) y una segunda velocidad (relación de transmisión <1,0) se ponen como posiciones de velocidad. La UEC 2 realiza un cambio entre estas posiciones de velocidad.

En el grupo motor 1D según la quinta realización representada en la figura 38, la transmisión 91 es una transmisión escalonada del tipo de engranaje formada por una unidad de engranaje planetario, etc, e incluye un eje de entrada 92 y un eje de salida (no representado). En la transmisión 91, un total de dos posiciones de velocidad, es decir, una primera velocidad (relación de transmisión = la velocidad rotacional del eje de entrada 92/la velocidad rotacional del eje de salida.1,0) y una segunda velocidad (relación de transmisión <1,0) se ponen como posiciones de velocidad. La UEC 2 realiza un cambio entre estas posiciones de velocidad.

Además, el eje de entrada 92 de la transmisión 91 está conectado directamente al volante 5, y su eje de salida (no representado) está conectado directamente al primer eje de giro 4. Como se ha descrito anteriormente, la transmisión 91 está dispuesta entre el cigüeñal 3a, y los rotores A2 y B1 25 y 34 para transmitir la potencia motriz de motor al rotor A2 25 y el rotor B1 34 cambiando al mismo tiempo la velocidad de la potencia motriz de motor. Además, el número de los dientes de engranaje del engranaje 9a de dicho mecanismo de engranajes diferenciales 9 es mayor que el de los dientes de engranaje del segundo engranaje 8c del eje loco 8, por lo que la potencia motriz transmitida al eje loco 8 es transmitida a las ruedas motrices DW y DW en un estado de velocidad reducida. Se deberá indicar que, en la presente realización, la transmisión 91 corresponde a una transmisión de la invención según la reivindicación 6.

En el grupo motor 1D construido como antes, en los casos donde se transmite un par muy grande desde los rotores A1 y B2 24 y 35 a las ruedas motrices DW y DW, por ejemplo durante el arranque parado basado en ENG, la posición de velocidad de la transmisión 91 es controlada a la segunda velocidad (relación de transmisión <1,0). Esto reduce el par motor TENG introducido a los rotores A2 y B1 25 y 34. De acuerdo con ello, la potencia eléctrica generada por la primera máquina rotativa 21 y la potencia eléctrica suministrada a la segunda máquina rotativa 31 (potencia eléctrica generada) son controladas de tal manera que el par motor TENG a transmitir a los rotores A1 y B2 24 y 35 sea menor. Además, el par motor TENG transmitido a los rotores A1 y B2 24 y 35 es transmitido a las ruedas motrices DW y DW en un estado incrementado a través de deceleración por el segundo engranaje 8c y el engranaje 9a. Con esto, según la presente realización, es posible reducir los respectivos valores máximos de par demandado de las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31, haciendo por ello posible reducir más los tamaños y los costos de las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31.

Además, cuando la velocidad del motor NE es muy alta, la posición de velocidad de la transmisión 91 es controlada a la primera velocidad (relación de transmisión = 1,0). Según la presente realización, esto hace posible hacer que las velocidades rotacionales de rotor A2 y B1 VRA2 y VRB1 sean más bajas que cuando la segunda velocidad se selecciona para la posición de velocidad, por lo que es posible evitar que se produzca fallo de las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31 porque las velocidades rotacionales de rotor A2 y B1 VRA2 y VRB1 sean demasiado altas. Este control es especialmente efectivo porque el rotor B1 34 está formado por imanes de modo que dichos inconvenientes tienden a producirse.

Además, durante la marcha ENG, la posición de velocidad de la transmisión 91 se cambia según la velocidad del motor NE y la velocidad del vehículo VP de tal manera que las velocidades rotacionales de campo magnético primero y segundo VMF1 y VMF2 asuman respectivos valores que harán posible obtener las altas eficiencias de las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31. Además, en paralelo con dicho cambio de la posición de velocidad de la transmisión 91, las velocidades rotacionales de campo magnético primero y segundo VMF1 y VMF2 son controladas a valores determinados en base a la velocidad del motor NE, la velocidad del vehículo VP, y la posición de velocidad de la transmisión 91, que se asumen entonces, y dichas ecuaciones (53) y (54). Según la presente realización, esto hace posible obtener las altas eficiencias de las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31 durante la marcha del vehículo.

Además, durante la marcha ENG, y al mismo tiempo durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión 91, es decir, cuando el motor 3 y los rotores A2 y B1 25 y 34 son desconectados uno de otro por la transmisión 91, para evitar un choque de cambio de velocidad, las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31 son controladas, como se describe a continuación. A continuación, tal control de las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31 se denomina el "control de choque de cambio de velocidad".

Se suministra potencia eléctrica a los estatores 23 y 33, y se hace que ambos campos magnéticos rotativos primero y segundo, que son generados por los estatores 23 y 33 según el suministro de la potencia eléctrica, respectivamente, efectúen rotación normal. Como consecuencia, el primer par de accionamiento equivalente TSE1

del estator 23 y el par transmitido al rotor A1 24, como se describe a continuación, se combinan, y el par combinado es transmitido al rotor A2 25. El par transmitido al rotor A2 25 es transmitido al rotor B1 34 sin ser transmitido al cigüeñal 3a, debido a dicha desconexión por la transmisión 91. Además, este par se combina con el segundo par equivalente de accionamiento TSE2 del estator 33, y luego es transmitido al rotor B2 35. Parte del par transmitido al rotor B2 35 es transmitida al rotor A1 24, y el resto es transmitido a las ruedas motrices DW y DW.

Por lo tanto, según la presente realización, durante la operación de cambio de velocidad, es posible evitar un choque de cambio de velocidad, que puede ser producido por interrupción de la transmisión del par motor TENG a las ruedas motrices DW y DW, y por lo tanto es posible mejorar la comerciabilidad. Se deberá indicar que este control de choque de cambio de velocidad se realiza solamente durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión 91. Además, según la presente realización, es posible obtener los mismos efectos ventajosos que los proporcionados por la primera realización.

Se deberá indicar que, aunque en las realizaciones tercera a quinta, las transmisiones 71, 81, y 91 son una transmisión escalonada del tipo de engranaje, se ha de entender que se puede emplear una transmisión no etápica del tipo de correa o de tipo toroidal.

A continuación, un grupo motor 1E según una sexta realización se describirá con referencia a la figura 39. Como se representa en la figura, este grupo motor 1E se ha construido añadiendo un mecanismo de freno BL al grupo motor 1 según la primera realización. La descripción siguiente versa principalmente sobre los puntos diferentes de la primera realización.

Este mecanismo de freno BL incluye un embrague unidireccional OC conectado a dicho primer eje de giro 4 y una caja CA. El embrague unidireccional OC está dispuesto de modo que enganche entre el primer eje de giro 4 y la caja CA construida de manera que no sea rotativa, cuando la potencia motriz que hace que el cigüeñal 3a al que está conectado el primer eje de giro 4 realice rotación inversa, actúa en el cigüeñal 3a, mientras que cuando dicha potencia motriz que hace que el cigüeñal 3a realice rotación normal actúa en el cigüeñal 3a, el embrague unidireccional OC desengancha el primer eje de giro 4 y la caja CA.

Más específicamente, el mecanismo de freno BL formado por el embrague unidireccional OC y la caja CA permite que el primer eje de giro 4 gire solamente cuando realice rotación normal conjuntamente con el cigüeñal 3a, el rotor A2 25 y el rotor B1 34, pero impide que el primer eje de giro 4 realice rotación hacia atrás conjuntamente con el cigüeñal 3a, etc. Se deberá indicar que, en la presente realización, el mecanismo de freno BL corresponde a un mecanismo de freno de la invención según la reivindicación 7.

El grupo motor 1E construido como antes realiza las operaciones por dicho avance lento EV y arranque parado EV de la siguiente manera: el grupo motor 1E suministra potencia eléctrica a los estatores 23 y 33, y hace que el primer campo magnético rotativo generado por el estator 23 según el suministro de la potencia eléctrica realice rotación inversa y que el segundo campo magnético rotativo generado por el estator 33 según el suministro de la potencia eléctrica realice rotación normal. Además, el grupo motor 1E controla las velocidades rotacionales de campo magnético primero y segundo $VMF1$ y $VMF2$ de tal manera que $(\beta + 1) \cdot |VMF1| = \alpha \cdot |VMF2|$ sea válido. Además, el grupo motor 1E controla la potencia eléctrica suministrada a las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31 de tal manera que se transmita par suficiente a las ruedas motrices DW y DW.

Mientras el primer campo magnético rotativo del estator 23 realiza rotación inversa como se ha descrito anteriormente, el mecanismo de freno BL impide que el rotor A2 25 realice rotación inversa como se ha descrito anteriormente, de modo que, como es claro por dichas funciones de la primera máquina rotativa 21, toda la potencia eléctrica suministrada al estator 23 es transmitida al rotor A1 24 como potencia motriz, haciendo por ello que el rotor A1 24 realice rotación normal. Además, mientras el segundo campo magnético rotativo del estator 33 realiza rotación normal como se ha descrito anteriormente, el mecanismo de freno BL impide que el rotor B1 34 realice rotación inversa, de modo que, como es claro por dichas funciones de la segunda máquina rotativa 31, toda la potencia eléctrica suministrada al estator 33 es transmitida al rotor B2 35 como potencia motriz, haciendo por ello que el rotor B2 35 realice rotación normal. Además, la potencia motriz transmitida a los rotores A1 y B2 24 y 35 es transmitida a las ruedas motrices DW y DW, y hace que las ruedas motrices DW y DW realicen rotación normal.

Además, en este caso, en los rotores A2 y B1 25 y 34, que el mecanismo de freno BL bloquea para que no realicen rotación inversa, los pares equivalentes de accionamiento primero y segundo TSE1 y TSE2 actúan de tal manera que los pares TSE1 y TSE2 intenten hacer que los rotores A2 y B1 25 y 34 efectúen rotación inversa, respectivamente, por lo que el cigüeñal 3a y los rotores A2 y B1 25 y 34 no solamente están bloqueados de manera que no realicen rotación inversa, sino que también se mantienen estacionarios.

Como se ha descrito anteriormente, según la presente realización, es posible accionar las ruedas motrices DW y DW por las máquinas rotativas primera y segunda 21 y 31 sin usar la potencia motriz de motor. Además, durante el accionamiento de las ruedas motrices DW y DW, no solamente se evita que el cigüeñal 3a efectúe rotación inversa, sino que también se mantiene estacionario, y por lo tanto el cigüeñal 3a no arrastra el motor 3.

Se deberá indicar que, aunque en las realizaciones primera a sexta antes descritas, las relaciones de números de pares de polos primera y segunda α y β se ponen a 2,0; si las relaciones de números de pares de polos primera y segunda α y β se ponen a menos de 1,0, es posible obtener los efectos ventajosos siguientes: como es claro por dicha relación entre las velocidades rotacionales de los varios elementos rotativos, representadas en la figura 25, cuando la primera relación de número de pares de polos α se pone a un valor relativamente grande, si la velocidad del motor NE es más alta que la velocidad del vehículo VP (véanse las líneas de dos puntos y trazo en la figura 25), la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 es más alta que la velocidad del motor NE, y a veces es demasiado alta. En contraposición, estableciendo la primera relación de número de pares de polos α a menos de 1,0, como es evidente por una comparación entre las líneas de trazos y las líneas de dos puntos y trazo en el nomograma de velocidad en la figura 25, la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 se puede reducir, y por lo tanto es posible evitar que la eficiencia de accionamiento disminuya por la aparición de pérdida producida porque la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 sea demasiado alta.

Además, cuando la segunda relación de número de pares de polos β se pone a un valor relativamente grande, si la velocidad del vehículo VP es más alta que la velocidad del motor NE (véanse las líneas de punto y trazo en la figura 25), la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 es más alta que la velocidad del vehículo VP, y a veces es demasiado alta. En contraposición, poniendo la segunda relación de número de pares de polos β a menos de 1,0, como es evidente por una comparación entre las líneas de trazos y las líneas de punto y trazo en el nomograma de velocidad en la figura 25, la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 se puede reducir, y por lo tanto es posible evitar que la eficiencia de accionamiento disminuya por la aparición de pérdida producida porque la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 sea demasiado alta.

Además, aunque en las realizaciones primera a sexta, el rotor A2 25 y el rotor B1 34 están conectados uno a otro, y el rotor A1 24 y el rotor B2 35 están conectados uno a otro, si el rotor A2 25 y el rotor B1 34 están conectados al cigüeñal 3a, no se tienen que conectar necesariamente uno a otro. Además, si el rotor A1 24 y el rotor B2 35 están conectados a las ruedas motrices DW y DW, no se tienen que conectar necesariamente uno a otro. En este caso, la transmisión 61 según la segunda realización puede estar formada por dos transmisiones de tal manera que una de las dos transmisiones esté dispuesta entre el rotor A1 24 y las ruedas motrices DW y DW, y la otra esté dispuesta entre el rotor B2 35 y las ruedas motrices DW y DW. Igualmente, la transmisión 91 según la quinta realización puede estar formada por dos transmisiones de tal manera que una de las dos transmisiones esté dispuesta entre el rotor A2 25 y el cigüeñal 3a, y la otra esté dispuesta entre el rotor B1 34 y el cigüeñal 3a.

Se ha de entender que en las realizaciones primera a quinta, se puede prever el mecanismo de freno BL para bloquear la rotación inversa del cigüeñal 3a. Además, aunque el mecanismo de freno BL está formado por el embrague unidireccional OC y la caja CA, el mecanismo de freno BL se puede formar por otro mecanismo adecuado, tal como un freno de mano, en la medida en que sea capaz de bloquear la rotación inversa del cigüeñal 3a.

A continuación, un grupo motor 1F según una séptima realización de la presente invención se describirá con referencia a la figura 40. Este grupo motor 1F se distingue del grupo motor 1 según la primera realización solamente en que la segunda máquina rotativa 31 es sustituida por una primera unidad de engranaje planetario PS1 de un tipo general de piñón único y una máquina rotativa general del tipo de un rotor 101. Se deberá indicar que, en la figura 40, los elementos componentes idénticos a los de la primera realización se designan con los mismos números de referencia. Esto también se aplica a las otras realizaciones, descritas a continuación. La descripción siguiente versa principalmente sobre los puntos diferentes de la primera realización.

Como se representa en la figura 40, la primera unidad de engranaje planetario PS1 incluye un primer engranaje solar S1, un primer engranaje anular R1 dispuesto alrededor de una periferia del primer engranaje solar S1, una pluralidad de primeros engranajes planetarios P1 (por ejemplo tres) (de los que se representan solamente dos) en engrane con los engranajes S1 y R1, un primer soporte C1 que soporta rotativamente los primeros engranajes planetarios P1. Una relación entre el número de los dientes de engranaje del primer engranaje solar S1 y el de los dientes de engranaje del primer engranaje anular R1 (el número de los dientes de engranaje del primer engranaje solar S1/el número de los dientes de engranaje del primer engranaje anular R1; denominada a continuación la "primera relación de engranaje planetario r_1 ") se pone a un valor predeterminado ligeramente menor que 1,0, y se pone a un valor relativamente de los valores que puede tomar una unidad de engranaje planetario general.

El primer engranaje solar S1 antes descrito está conectado mecánicamente directamente al rotor A2 25 mediante el primer eje de giro 4, y está conectado mecánicamente directamente al cigüeñal 3a mediante el primer eje de giro 4 y el volante 5. Además, el primer soporte C está conectado mecánicamente directamente al rotor A1 24 mediante el eje de conexión 6, y está conectado mecánicamente a las ruedas motrices DW y DW mediante el segundo eje de giro 7, el engranaje 7b, el primer engranaje 8b, el eje loco 8, el segundo engranaje 8c, el engranaje 9a, el mecanismo de engranajes diferenciales 9, etc. Es decir, el rotor A1 24 y el primer soporte C1 están conectados mecánicamente a las ruedas motrices DW y DW.

Además, la primera unidad de engranaje planetario PS1 tiene las mismas funciones conocidas que las de una unidad de engranaje planetario general que proporciona su disposición. Es decir, cuando las direcciones de las

rotaciones del primer engranaje solar S1, el primer engranaje anular R1 y el primer soporte C1 son idénticas una a otra, la primera unidad de engranaje planetario PS1 tiene la función de distribuir potencia motriz introducida al primer soporte C1 al primer engranaje solar S1 y el primer engranaje anular R1, y la función de combinar la potencia motriz introducida al primer engranaje solar S1 y la potencia motriz introducida al primer engranaje anular R1 y enviar la potencia motriz combinada al primer soporte C1. Además, cuando la primera unidad de engranaje planetario PS1 está distribuyendo y combinando la potencia motriz como se ha descrito anteriormente, el primer engranaje solar S1, el primer engranaje anular R1 y el primer soporte C1 se hacen girar manteniendo al mismo tiempo una relación colineal con respecto a la velocidad rotacional. En este caso, la relación entre las velocidades rotacionales del primer engranaje solar S1, el primer engranaje anular R1 y el primer soporte C1 se expresa por la ecuación siguiente (59):

$$VRI1 = (r1 + 1) VCA1 - r1 \cdot VSU1 \quad \dots \quad (59)$$

En esta ecuación, VRI1 representa la velocidad rotacional del primer engranaje anular R1 (denominada a continuación la "velocidad rotacional de primer engranaje anular"), VCA1 representa la velocidad rotacional del primer soporte C1 (denominada a continuación la "velocidad rotacional de primer soporte"), y VSU1 representa la velocidad rotacional del primer engranaje solar S1 (a continuación se denomina la "velocidad rotacional de primer engranaje solar").

La máquina rotativa 101 es un motor CC trifásico sin escobillas, e incluye un estator 102 formado, por ejemplo, por una pluralidad de bobinas, y un rotor 103 formado por imanes o análogos. Además, la máquina rotativa 101 tiene la función de convertir la potencia eléctrica suministrada al estator 102 a potencia motriz y enviar la potencia motriz al rotor 103, y la función de convertir la potencia motriz introducida al rotor 103 a potencia eléctrica y enviar la potencia eléctrica al estator 102. El rotor 103 está formado integralmente con el primer engranaje anular R1 de tal manera que sea rotativo conjuntamente con el primer engranaje anular R1. El estator 102 está conectado eléctricamente a la batería 43 mediante la segunda PDU 42. Más específicamente, el estator 23 de la primera máquina rotativa 21 y el estator 102 de la máquina rotativa 101 están conectados eléctricamente uno a otro mediante las PDUs primera y segunda 41 y 42.

Se deberá indicar que, en la presente realización, el cigüeñal 3a corresponde a una primera porción de salida en la invención según la reivindicación 8, y la primera unidad de engranaje planetario PS1, el primer engranaje solar S1, el primer soporte C1, y el primer engranaje anular R1 corresponden a un engranaje diferencial, un primer elemento, un segundo elemento, y un tercer elemento en la invención según la reivindicación 8, respectivamente. Además, el núcleo de hierro 23a y las bobinas de fase U a fase W 23c a 23e corresponden a inducidos en la invención según la reivindicación 8. Además, los rotores A1 y A2 24 y 25 corresponden a los rotores primero y segundo en la invención según la reivindicación 8, respectivamente, y los imanes permanentes 24a y los núcleos 25a corresponden a polos magnéticos y elementos magnéticos de material blando en la invención según la reivindicación 8, respectivamente. Además, la máquina rotativa 101 y el rotor 103 corresponden a una segunda máquina rotativa y una segunda porción de salida en la invención según la reivindicación 8, respectivamente; la primera PDU 41 y la UEC 2 corresponden a un primer controlador en la invención según la reivindicación 8; y la segunda PDU 42 y la UEC 2 corresponden a un segundo controlador en la invención según la reivindicación 8. Además, la batería 43 corresponde a un dispositivo de almacenamiento de potencia eléctrica en la invención según la reivindicación 9.

Además, como se representa en la figura 41, un sensor de ángulo rotacional 59 está conectado a la UEC 2. Este sensor de ángulo rotacional 59 detecta una posición de ángulo rotacional del rotor 103 de la máquina rotativa 101, y distribuye una señal indicativa de la posición de ángulo rotacional detectada a la UEC 2. La UEC 2 calcula la velocidad rotacional del rotor 103 (denominada a continuación la "velocidad rotacional de rotor") en base a la señal. Además, la UEC 2 controla la segunda PDU 42 en base a la posición de ángulo rotacional detectada del rotor 103 para controlar por ello la potencia eléctrica suministrada al estator 102 de la máquina rotativa 101, la potencia eléctrica generada por el estator 102, y la velocidad rotacional de rotor.

Como se ha descrito anteriormente, el grupo motor 1F según la presente realización se distingue del grupo motor 1 según la primera realización solamente en que la segunda máquina rotativa 31 es sustituida por la primera unidad de engranaje planetario PS1 y la máquina rotativa 101, y tiene las mismas funciones que las del grupo motor 1. Además, en el grupo motor 1F, las operaciones en los modos de operación, tales como el avance lento EV, descrito con respecto a la primera realización, se realizan de la misma manera. En este caso, las operaciones en estos modos de operación se llevan a cabo sustituyendo los parámetros (por ejemplo, la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2) con relación a la segunda máquina rotativa 31 por parámetros correspondientes con relación a la máquina rotativa 101. A continuación, se describen brevemente los modos de operación centrandos la descripción en sus puntos diferentes de la primera realización.

Avance lento EV

Durante el avance lento EV, se suministra potencia eléctrica desde la batería 43 al estator 102 de la máquina rotativa 101, y se hace que el rotor 103 efectúe rotación normal. Además, la generación de potencia eléctrica es

realizada por el estator 23 usando la potencia motriz transmitida al rotor A1 24 de la primera máquina rotativa 21, como se describe a continuación, y la potencia eléctrica generada también es suministrada al estator 102. De acuerdo con ello, el par enviado al rotor 103 de la máquina rotativa 101 (denominado a continuación el “par de máquina rotativa”) actúa en el primer soporte C1 haciendo que el primer soporte C1 realice rotación normal, y al mismo tiempo actúa en el primer engranaje solar S1 haciendo que el primer engranaje solar S1 lleve a cabo rotación inversa. Además, parte del par transmitido al primer soporte C1 es transmitida a las ruedas motrices DW y DW mediante el segundo eje de giro 7, etc, por lo que las ruedas motrices DW y DW realizan rotación normal.

Además, durante el avance lento EV, el resto del par transmitido al primer soporte C1 es transmitido al rotor A1 24 mediante el eje de conexión 6, y luego es transmitido al estator 23 como energía eléctrica junto con la generación de potencia eléctrica por el estator 23 de la primera máquina rotativa 21. Además, como se ha descrito con respecto a la primera realización, el primer campo magnético rotativo generado junto con la generación de potencia eléctrica por el estator 23 realiza rotación inversa, de modo que el primer par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE1 actúa en el rotor A2 25 haciendo que el rotor A2 25 realice rotación normal. Además, el par transmitido al rotor A1 24 de modo que se equilibre con el primer par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE1, también se transmite al rotor A2 25, actuando por ello en el rotor A2 25 haciendo que el rotor A2 25 realice rotación normal.

En este caso, la potencia eléctrica suministrada al estator 102 y la potencia eléctrica generada por el estator 23 son controladas de tal manera que dicho par para hacer que el primer engranaje solar S1 realice rotación inversa y los pares para hacer que el rotor A2 25 realice rotación normal, se equilibren uno con otro, por lo que el rotor A2 25, el primer engranaje solar S1 y el cigüeñal 3a, que están conectados uno a otro, se mantienen estacionarios. Como consecuencia, durante el avance lento EV, la velocidad rotacional de rotor A2 VRA2 y la velocidad rotacional de primer engranaje solar VSU1 son iguales a 0, y la velocidad del motor NE también es igual a 0.

Además, durante el avance lento EV, la potencia eléctrica suministrada al estator 102, la potencia eléctrica generada por el estator 23, la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 y la velocidad rotacional de rotor son controladas de tal manera que las relaciones de velocidad expresadas por dichas ecuaciones (53) y (59) se mantengan, y al mismo tiempo la velocidad rotacional de primer soporte VCA1 y la velocidad rotacional de rotor A1 VRA1 son muy pequeñas. Por lo anterior, se lleva a cabo la operación de avance lento con una velocidad muy baja del vehículo VP. Como se ha descrito anteriormente, es posible realizar la operación de avance lento usando la primera máquina rotativa 21 y la máquina rotativa 101 en un estado donde el motor 3 esté parado.

Arranque parado EV

Al tiempo del arranque parado EV, la potencia eléctrica suministrada al estator 102 de la máquina rotativa 101 y la potencia eléctrica generada por el estator 23 de la primera máquina rotativa 21 se incrementan. Además, manteniendo al mismo tiempo las relaciones entre las velocidades rotacionales representadas en las ecuaciones (53) y (59) y manteniendo al mismo tiempo la velocidad del motor NE a 0, la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 del primer campo magnético rotativo que ha estado realizando rotación inversa durante el avance lento EV y la velocidad rotacional de rotor del rotor 103 que ha estado realizando rotación normal durante el avance lento EV se incrementan en las mismas direcciones de rotación en que estaban. Por lo anterior, la velocidad del vehículo VP se incrementa haciendo que el vehículo arranque.

Arranque ENG durante la marcha EV

Al tiempo del arranque ENG durante la marcha EV, manteniendo al mismo tiempo la velocidad del vehículo VP al valor asumido entonces, la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 del primer campo magnético rotativo que ha estado realizando rotación inversa durante el arranque parado EV, como se ha descrito anteriormente, es controlada a 0, y la velocidad rotacional de rotor del rotor 103 que ha estado realizando rotación normal durante el arranque parado EV, es controlada de tal manera que se baje. Entonces, después de que la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 es igual a 0, se suministra potencia eléctrica desde la batería 43 no solamente al estator 102 de la máquina rotativa 101, sino también al estator 23 de la primera máquina rotativa 21, por lo que se hace que el primer campo magnético rotativo generado en el estator 23 realice rotación normal y se hace que la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 se incremente.

Suministrando la potencia eléctrica al estator 102 como se ha descrito anteriormente, el par de máquina rotativa de la máquina rotativa 101 es transmitido al primer soporte C1 mediante el primer engranaje anular R1, y según esto, el par transmitido al primer engranaje solar S1, como se describe a continuación, es transmitido al primer soporte C1. Es decir, el par de máquina rotativa y el par transmitido al primer engranaje solar S1 se combinan, y el par combinado es transmitido al primer soporte C1. Además, parte del par transmitido al primer soporte C1 es transmitida al rotor A1 24 mediante el eje de conexión 6, y el resto es transmitido a las ruedas motrices DW y DW mediante el segundo eje de giro 7, etc.

Al tiempo del arranque ENG durante la marcha EV, como se ha descrito con respecto a la primera realización, suministrando la potencia eléctrica desde la batería 43 al estator 23, el primer par de accionamiento equivalente TSE1 es transmitido al rotor A2 25, y de acuerdo con ello, el par transmitido al rotor A1 24 como se ha descrito

anteriormente es transmitido al rotor A2 25. Además, parte del par transmitido al rotor A2 25 es transmitido al primer engranaje solar S1 mediante el primer eje de giro 4, y el resto es transmitido al cigüeñal 3a mediante el primer eje de giro 4, etc., por lo que el cigüeñal 3a realiza rotación normal. Además, en este caso, la potencia eléctrica suministrada a los estatores 102 y 23 es controlada de tal manera que se transmita suficiente potencia motriz a las

Por lo anterior, al tiempo del arranque ENG durante la marcha EV, mientras la velocidad del vehículo VP se mantiene al valor asumido entonces, la velocidad del motor NE se incrementa. En este estado, de forma similar a la primera realización, la operación de encendido de las válvulas de inyección de carburante y las bujías del motor 3 es controlada según la posición de ángulo de calado, por lo que el motor 3 arranca. Además, controlando la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 y la velocidad rotacional de rotor, la velocidad del motor NE es controlada a un valor relativamente pequeño adecuado para arrancar el motor 3.

La figura 42 representa un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales y los pares de los varios elementos rotativos al tiempo del arranque ENG durante la marcha EV. En la figura, VRO y TMOT representan la velocidad rotacional de rotor y el par de máquina rotativa de la máquina rotativa 101, respectivamente. En este caso, como es evidente por la figura 42, el par de máquina rotativa TMOT es transmitido a ambas ruedas de accionamiento DW y DW y el cigüeñal 3a usando el primer par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE1 como una fuerza de reacción, y por lo tanto, de forma similar a la primera realización, el par demandado de la primera máquina rotativa 21 es mayor que en los otros casos. En este caso, de forma similar a la primera realización, el par demandado de la primera máquina rotativa 21, es decir, el primer par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE1 se expresa por la ecuación siguiente (60):

$$TGE1 = - \{ r1 \cdot TDDW + (1 + r1) TDENG \} / (\alpha + 1 + r1)$$

... (60)

Como es claro por la ecuación anterior (60), cuando la primera relación de número de pares de polos α es mayor, el primer par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE1 es menor con respecto al par transmitido de rueda motriz TDDW y el par transmitido de motor TDENG suponiendo que sus respectivas magnitudes no hayan cambiado. En la presente realización, de forma similar a la primera realización, la primera relación de número de pares de polos α se pone a 2,0, de modo que el primer par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE1 se puede hacer menor que cuando la primera relación de número de pares de polos α se pone a un valor menor que 1,0.

Marcha ENG

Durante la marcha ENG, las operaciones en el modo de entrada/salida de batería cero, el modo de asistencia, y el modo de carga al tiempo de accionamiento se ejecutan según las condiciones de ejecución descritas en la primera realización. En el modo de entrada/salida de batería cero, usando la potencia motriz de motor transmitida al rotor A2 25, la generación de potencia eléctrica la lleva a cabo el estator 23 de la primera máquina rotativa 21, y la potencia eléctrica generada es suministrada al estator 102 de la máquina rotativa 101 sin cargarse en la batería 43. En este caso, de forma similar a la primera realización, parte del par motor TENG es distribuida al estator 23 y el rotor A1 24 mediante el rotor A2 25. Además, el resto del par motor TENG es transmitido al primer engranaje solar S1 mediante el primer eje de giro 4. Además, de forma similar al caso del arranque ENG durante la marcha EV, el par de máquina rotativa TMOT y el par transmitido al primer engranaje solar S1 como se ha descrito anteriormente se combinan, y el par combinado es transmitido al primer soporte C1. Además, el par motor TENG distribuido al rotor A1 24 como se ha descrito anteriormente también se transmite al primer soporte C1 mediante el eje de conexión 6.

Como se ha descrito anteriormente, el par combinado formado combinando el par motor TENG distribuido al rotor A1 24, el par de máquina rotativa TMOT y el par motor TENG transmitido al primer engranaje solar S1 es transmitido al primer soporte C1. Además, este par combinado es transmitido a las ruedas motrices DW y DW por ejemplo mediante el segundo eje de giro 7, etc. Como consecuencia, suponiendo que no haya pérdida de transmisión producida por los engranajes, en el modo de entrada/salida de batería cero, potencia motriz de magnitud igual a la potencia motriz de motor es transmitida a las ruedas motrices DW y DW, de forma similar a la primera realización.

Además, en el modo de entrada/salida de batería cero, la potencia motriz de motor es transmitida a las ruedas motrices DW y DW cambiando al mismo tiempo su velocidad de forma progresiva mediante el control de la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 y la velocidad rotacional de rotor VRO. En resumen, la primera máquina rotativa 21, la primera unidad de engranaje planetario PS1 y la máquina rotativa 101 funcionan como una transmisión no etápica.

Más específicamente, como indican líneas de dos puntos y trazo en la figura 43, manteniendo al mismo tiempo las relaciones de velocidad expresadas por dichas ecuaciones (53) y (59), incrementando la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 y disminuyendo la velocidad rotacional de rotor VRO con respecto a la velocidad

rotacional de rotor A2 VRA2 y la velocidad rotacional de primer engranaje solar VSU1, es decir, la velocidad del motor NE, es posible disminuir de forma progresiva la velocidad rotacional de rotor A1 VRA1 y la velocidad rotacional de primer soporte VCA1, es decir, la velocidad del vehículo VP. Inversamente, como indican unas líneas de punto y trazo en la figura 43, disminuyendo la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 e incrementando la velocidad rotacional de rotor VRO con respecto a la velocidad del motor NE, es posible aumentar de forma progresiva la velocidad del vehículo VP. Además, en este caso, la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 y la velocidad rotacional de rotor VRO son controladas de tal manera que la velocidad del motor NE sea igual a la velocidad deseada del motor.

Como se ha descrito anteriormente, en el modo de entrada/salida de batería cero, la potencia motriz de motor es dividida una vez por la primera máquina rotativa 21, la primera unidad de engranaje planetario PS1 y la máquina rotativa 101, y es transmitida al primer soporte C1 mediante los recorridos de transmisión primero a tercero siguientes. Entonces, la potencia motriz de motor dividida es combinada por el primer soporte C1 y luego es transmitida a las ruedas motrices DW y DW.

Primer recorrido de transmisión: rotor A2 25 → fuerzas magnéticas producidas por líneas de fuerza magnética ML → rotor A1 24 → eje de conexión 6 → primer soporte C1

Segundo recorrido de transmisión: primer engranaje solar S1 → primeros engranajes planetarios P1 - primer soporte C1

Tercer recorrido de transmisión: rotor A2 25 → fuerzas magnéticas producidas por líneas de fuerza magnética ML → estator 23 → primera PDU 41 → segunda PDU 42 → máquina rotativa 101 → primer engranaje anular R2 → primeros engranajes planetarios P1 → primer soporte C1

En los recorridos de transmisión primero y segundo anteriores, la potencia motriz de motor es transmitida a las ruedas motrices DW y DW por los recorridos magnéticos y los denominados recorridos mecánicos formados por el engrane de engranajes sin ser convertida a potencia eléctrica.

Además, en el modo de entrada/salida de batería cero, la potencia eléctrica generada por el estator 23, la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 y la velocidad rotacional de rotor VRO son controladas de tal manera que las relaciones de velocidad expresadas por dichas ecuaciones (53) y (59) se mantengan.

Más específicamente, en los modos de asistencia, el estator 23 genera potencia eléctrica usando la potencia motriz de motor transmitida al rotor A2 25, y la potencia eléctrica cargada en la batería 43 es suministrada al estator 102 de la máquina rotativa 101 además de la potencia eléctrica generada por el estator 23. Por lo tanto, el par de máquina rotativa TMOT en base a la potencia eléctrica suministrada desde el estator 23 y la batería 43 al estator 102 es transmitido al primer soporte C1. Además, de forma similar al modo de entrada/salida de batería cero antes descrito, este par de máquina rotativa TMOT, el par motor TENG distribuido al rotor A1 24 junto con la generación de potencia eléctrica por el estator 23, y el par motor TENG transmitido al primer engranaje solar S1 se combinan, y el par combinado es transmitido a las ruedas motrices DW y DW mediante el primer soporte C1. Como resultado, suponiendo que no haya pérdida de transmisión producida por los engranajes o análogos, en el modo de asistencia, de forma similar a la primera realización, la potencia motriz transmitida a las ruedas motrices DW y DW es igual a la suma de la potencia motriz de motor y la potencia eléctrica (energía) suministrada desde la batería 43.

Además, en el modo de asistencia, la potencia eléctrica generada por el estator 23, la potencia eléctrica suministrada desde la batería 43 al estator 102, la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 y la velocidad rotacional de rotor VRO son controladas de tal manera que las relaciones de velocidad expresadas por dichas ecuaciones (53) y (59) se mantengan. Como consecuencia, de forma similar a la primera realización, la cantidad insuficiente de la potencia motriz de motor con respecto a la potencia motriz demandada del vehículo es compensada por el suministro de potencia eléctrica de la batería 43 al estator 102. Se deberá indicar que si la cantidad insuficiente de la potencia motriz de motor con respecto a la potencia motriz demandada del vehículo es relativamente grande, se suministra potencia eléctrica desde la batería 43 no solamente al estator 102 de la máquina rotativa 101, sino también al estator 23 de la primera máquina rotativa 21.

Además, en el modo de carga al tiempo de accionamiento, potencia eléctrica, que tiene una magnitud obtenida restando la potencia eléctrica cargada en la batería 43 de la potencia eléctrica generada por el estator 23 de la primera máquina rotativa 21, es suministrada al estator 102 de la máquina rotativa 101, y el par de máquina rotativa TMOT en base a esta potencia eléctrica es transmitido al primer soporte C1. Además, de forma similar al modo de entrada/salida de batería cero, este par de máquina rotativa TMOT, el par motor TENG distribuido al rotor A1 24 junto con la generación de potencia eléctrica por el estator 23, y el par motor TENG transmitido al primer engranaje solar S1 se combinan, y el par combinado es transmitido a las ruedas motrices DW y DW mediante el primer soporte C1. Como resultado, durante el modo de carga al tiempo de accionamiento, suponiendo que no haya pérdida de transmisión producida por los engranajes o análogos, de forma similar a la primera realización, la potencia motriz transmitida a las ruedas motrices DW y DW tiene una magnitud obtenida restando la potencia eléctrica (energía) cargada en la batería 43 de la potencia motriz de motor.

Además, en el modo de carga al tiempo de accionamiento, la potencia eléctrica generada por el estator 23, la potencia eléctrica cargada en la batería 43, la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 y la velocidad rotacional de rotor VRO son controladas de tal manera que las relaciones de velocidad expresadas por las ecuaciones (53) y (59) se mantengan. Como resultado, de forma similar a la primera realización, la cantidad excedente de la potencia motriz de motor con respecto a la potencia motriz demandada del vehículo es convertida a potencia eléctrica por el estator 23 de la primera máquina rotativa 21, y se carga en la batería 43.

Además, durante la marcha ENG, cuando la generación de potencia eléctrica no es realizada por el estator 23 de la primera máquina rotativa 21, sino que se suministra potencia eléctrica desde la batería 43 al estator 102 de la máquina rotativa 101, y esta potencia eléctrica es controlada de tal manera que el par de máquina rotativa TMOT tenga una magnitud $1/r_1$ veces tan grande como el par motor TENG, el par motor TENG y el par de máquina rotativa TMOT son combinados por el primer soporte C1, y entonces el par combinado es transmitido a las ruedas motrices DW y DW. Más específicamente, en este caso, es posible transmitir la potencia motriz de motor a las ruedas motrices DW y DW solamente por los recorridos mecánicos sin transmitirla por dichos recorridos eléctricos. Además, en este caso, el par que tiene una magnitud $(r_1 + 1)/r_1$ veces tan grande como la del par motor TENG, es transmitido a las ruedas motrices DW y DW.

Además, al tiempo de la operación de aceleración rápida durante la marcha ENG descrita en la primera realización, el motor 3, la primera máquina rotativa 21 y la máquina rotativa 101 son controlados de la siguiente manera: la figura 44 representa un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales y los pares de varios elementos rotativos al inicio de la operación de aceleración rápida durante la marcha ENG. En este caso, de forma similar a la primera realización, la velocidad del motor NE se incrementa a una velocidad predeterminada del motor tal que hará posible obtener su par máximo. Además, como se representa en la figura 44, la velocidad del vehículo VP no se incrementa inmediatamente, y por lo tanto, dado que la velocidad del motor NE es más alta que la velocidad del vehículo VP, la diferencia entre la velocidad del motor NE y la velocidad del vehículo VP es mayor, por lo que el rotor 103 de la máquina rotativa 101 realiza rotación inversa. Con el fin de hacer que el par positivo procedente del rotor 103 que realiza así rotación inversa actúe en las ruedas motrices DW y DW, el estator 102 realiza generación de potencia eléctrica. Además, la potencia eléctrica generada por el estator 102 es suministrada al estator 23 de la primera máquina rotativa 21 haciendo que el primer campo magnético rotativo realice rotación normal.

Como se ha descrito anteriormente, el par motor TENG, el primer par de accionamiento equivalente TSE1, y el par de máquina rotativa TMOT son transmitidos a las ruedas motrices DW y DW como par positivo, lo que da lugar a un aumento rápido de la velocidad del vehículo VP. Además, al inicio de la operación de aceleración rápida durante la marcha ENG, como es evidente por la figura 44, el par motor TENG y el primer par de accionamiento equivalente TSE1 son transmitidos a las ruedas motrices DW y DW usando el par de máquina rotativa TMOT como una fuerza de reacción, de modo que el par demandado de la máquina rotativa 101 sea mayor que de otro modo. En este caso, el par demandado de la máquina rotativa 101, es decir, el par de máquina rotativa TMOT se expresa por la ecuación siguiente (61):

$$TMOT = - \{ \alpha \cdot TENG + (1 + \alpha) TDDW \} / (r_1 + 1 + \alpha) \quad \dots (61)$$

Como es claro por esta ecuación (60), cuando la primera relación de engranaje planetario r_1 es mayor, el par de máquina rotativa TMOT es menor con respecto al par transmitido de rueda motriz TDDW y el par motor TENG suponiendo que sus respectivas magnitudes no hayan cambiado. En la presente realización, dado que la primera relación de engranaje planetario r_1 se pone a un valor relativamente grande de los valores que puede tomar una unidad de engranaje planetario general, el par de máquina rotativa TMOT se puede hacer menor que cuando la primera relación de engranaje planetario r_1 se pone a un valor menor.

Regeneración de deceleración

Durante la regeneración de deceleración, cuando la relación del par de las ruedas motrices DW y DW transmitido al motor 3 al par de las ruedas motrices DW y DW (par por inercia) es pequeña, la generación de potencia eléctrica la efectúan los estatores 23 y 102 usando parte de la potencia motriz de las ruedas motrices DW y DW, y la potencia eléctrica generada se carga en la batería 43. Junto con la generación de potencia eléctrica por el estator 102, el par combinado formado combinando el par de las ruedas motrices DW y DW y el par distribuido al rotor A1 24, como se describe a continuación, es transmitido al primer soporte C1. Además, el par combinado antes descrito transmitido al primer soporte C1 es distribuido al primer engranaje solar S1 y el primer engranaje anular R1. El par distribuido al primer engranaje anular R1 es transmitido al rotor 103.

Además, parte del par distribuido al primer engranaje solar S1 es transmitida al motor 3, y el resto, de forma similar al caso de dicho modo de entrada/salida de batería cero, es transmitido al rotor A2 25 junto con la generación de potencia eléctrica por el estator 23, y luego es distribuido al estator 23 y el rotor A1 24. Además, el par distribuido al

rotor A1 24 es transmitido al primer soporte C1. Como resultado, durante la regeneración de deceleración, suponiendo que no haya pérdida de transmisión producida por los engranajes, de forma similar a la primera realización, la suma de la potencia motriz transmitida al motor 3 y la potencia eléctrica (energía) cargada en la batería 43 es igual a la potencia motriz de las ruedas motrices DW y DW.

Arranque ENG durante la parada del vehículo

Al tiempo del arranque ENG durante la parada del vehículo, se suministra potencia eléctrica desde la batería 43 al estator 23 de la primera máquina rotativa 21, por lo que se hace que el primer campo magnético rotativo generado por el estator 23 realice rotación normal, y la generación de potencia eléctrica la realiza el estator 102 de la máquina rotativa 101 para suministrar la potencia eléctrica generada al estator 23. Como se ha descrito con respecto a la primera realización, cuando la potencia eléctrica es suministrada al estator 23, el primer par de accionamiento equivalente TSE1 del estator 23 actúa en el rotor A2 25 haciendo que el rotor A2 25 realice rotación normal, y actúa en el rotor A1 24 haciendo que el rotor A1 24 realice rotación inversa. Además, parte del par transmitido al rotor A2 25 es transmitida al cigüeñal 3a, por lo que el cigüeñal 3a realiza rotación normal.

Además, al tiempo del arranque ENG durante la parada del vehículo, el resto del par transmitido al rotor A2 25 es transmitido al primer engranaje solar S1, y luego es transmitido al estator 102 como energía eléctrica mediante los primeros engranajes planetarios P1, el primer engranaje anular R1 y el rotor 103 junto con la generación de potencia eléctrica por el estator 102 de la máquina rotativa 101. Además, la velocidad del vehículo VP es aproximadamente igual a 0, mientras el cigüeñal 3a realiza rotación normal, como se ha descrito anteriormente, y por lo tanto el rotor 103 realiza rotación inversa. Como resultado, el par de máquina rotativa TMOT generado junto con la generación de potencia eléctrica por el estator 102 es transmitido al primer soporte C1 mediante el primer engranaje anular R1, actuando por ello en el primer soporte C1 haciendo que el primer soporte C1 realice rotación normal. Además, el par transmitido al primer engranaje solar S1 de tal manera que se equilibre con el par de máquina rotativa TMOT, también se transmite al primer soporte C1, actuando ello en el primer soporte C1 haciendo que el primer soporte C1 efectúe rotación normal.

En este caso, la potencia eléctrica suministrada al estator 23 de la primera máquina rotativa 21 y la potencia eléctrica generada por el estator 102 de la máquina rotativa 101 son controladas de tal manera que el par antes descrito para hacer que el rotor A1 24 realice rotación inversa, y los pares para hacer que el primer soporte C1 realice rotación normal, se equilibran uno con otro, por lo que el rotor A1 24, el primer soporte C1 y las ruedas motrices DW y DW, que están conectados uno a otro, se mantienen estacionarios. Como consecuencia, la velocidad rotacional de rotor A1 VRA1 y la velocidad rotacional de primer soporte VCA1 son iguales a 0, y la velocidad del vehículo VP también es igual a 0.

Además, en este caso, la potencia eléctrica suministrada al estator 23, la potencia eléctrica generada por el estator 102, la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 y la velocidad rotacional de rotor VRO son controladas de tal manera que las relaciones de velocidad expresadas por las ecuaciones (53) y (59) se mantengan y, al mismo tiempo, la velocidad rotacional de rotor A2 VRA2 y la velocidad rotacional de primer engranaje solar VSU1 asumen valores relativamente pequeños. Por lo anterior, al tiempo del arranque ENG durante la parada del vehículo, de forma similar a la primera realización, manteniendo al mismo tiempo la velocidad del vehículo VP a 0, la velocidad del motor NE es controlada a un valor relativamente pequeño adecuado para el arranque del motor 3. Además, en este estado, la operación de encendido de las válvulas de inyección de carburante y las bujías del motor 3 es controlada según la posición de ángulo de calado, por lo que el motor 3 arranca.

Avance lento ENG

Durante el avance lento ENG, la generación de potencia eléctrica es realizada por los estatores 23 y 102. Además, la potencia eléctrica así generada por los estatores 23 y 102 se carga en la batería 43. De forma similar al caso de dicho modo de entrada/salida de batería cero, junto con dicha generación de potencia eléctrica por el estator 23, parte del par motor TENG es transmitida al rotor A2 25, y el par motor TENG transmitido al rotor A2 25 es distribuido al estator 23 y el rotor A1 24. Además, la velocidad del vehículo VP es aproximadamente igual a 0, mientras el cigüeñal 3a está realizando rotación normal, y por lo tanto el rotor 103 de la máquina rotativa 101 realiza rotación inversa. Como resultado, de forma similar al caso del arranque ENG durante la parada del vehículo antes descrito, el par de máquina rotativa TMOT generado junto con la generación de potencia eléctrica por el estator 102 actúa en el primer soporte C1 haciendo que el primer soporte C1 realice rotación normal. Además, el par motor TENG transmitido al primer engranaje solar S1 de tal manera que se equilibre con el par de máquina rotativa TMOT, también se transmite al primer soporte C1, actuando por ello en el primer soporte C1 haciendo que el primer soporte C1 realice rotación normal. Además, el par motor TENG distribuido al rotor A1 24 como se ha descrito anteriormente es transmitido al primer soporte C1.

Como se ha descrito anteriormente, durante el avance lento ENG, el par combinado formado combinando el par motor TENG distribuido al rotor A1 24, el par de máquina rotativa TMOT y el par motor TENG transmitido al primer engranaje solar S1 es transmitido al primer soporte C1. Además, este par combinado es transmitido a las ruedas motrices DW y DW para hacer que las ruedas motrices DW y DW realicen rotación normal. Además, la potencia

eléctrica generada por los estatores 23 y 102, la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 y la velocidad rotacional de rotor VRO son controladas de tal manera que la velocidad rotacional de rotor A1 VRA1 y la velocidad rotacional de primer soporte VCA1, es decir, la velocidad del vehículo VP es muy pequeña, por lo que la operación de avance lento se lleva a cabo.

Además, durante el avance lento ENG, como se ha descrito anteriormente, el par motor TENG distribuido al rotor A1 24 junto con la generación de potencia eléctrica por el estator 23, y el par motor TENG transmitido al primer soporte C1 mediante el primer engranaje solar S1 junto con la generación de potencia eléctrica por el estator 102 son transmitidos a las ruedas motrices DW y DW. Así, de forma similar a la primera realización, parte del par motor TENG puede ser transmitida a las ruedas motrices DW y DW, haciendo por ello posible realizar la operación de avance lento sin hacer que el motor se cale.

Arranque parado basado en ENG

Al tiempo del arranque parado basado en ENG, la velocidad rotacional de rotor VRO del rotor 103 que ha estado realizando rotación inversa durante el avance lento ENG, es controlada de tal manera que sea igual a 0, la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 del primer campo magnético rotativo que ha estado realizando rotación normal durante el avance lento ENG se incrementa, y la potencia motriz de motor se incrementa. Entonces, después de que la velocidad rotacional de rotor VRO es igual a 0, se lleva a cabo la operación en dicho modo de entrada/salida de batería cero. Esto incrementa la velocidad del vehículo VP haciendo que el vehículo arranque.

Como se ha descrito hasta ahora, según la presente realización, la primera máquina rotativa 21 tiene las mismas funciones que las de un aparato formado combinando una unidad de engranaje planetario y una máquina rotativa general del tipo de un rotor, de modo que, de forma diferente a dicho grupo motor convencional, el grupo motor 1F no requiera dos unidades de engranaje planetario para distribuir y combinar potencia motriz para transmisión, sino que requiera solamente la primera unidad de engranaje planetario PS1. Esto hace posible reducir el tamaño del grupo motor 1F en la medida correspondiente. Además, en el grupo motor 1F, como ya se ha descrito en la descripción de la operación en el modo de entrada/salida de batería cero, de forma diferente al caso convencional antes descrito, la potencia motriz de motor es transmitida a las ruedas motrices DW y DW sin ser recirculada, de modo que es posible reducir la potencia motriz que pasa a través de la primera máquina rotativa 21, la primera unidad de engranaje planetario PS1 y la máquina rotativa 101. Esto hace posible reducir los tamaños y los costos de la primera máquina rotativa 21, la primera unidad de engranaje planetario PS1 y la máquina rotativa 101, haciendo por ello posible lograr una reducción adicional del tamaño y los costos del grupo motor 1F. Además, usando la primera máquina rotativa 21, la primera unidad de engranaje planetario PS1 y la máquina rotativa 101, teniendo cada una de ellas una capacidad de par correspondiente a la potencia motriz reducida, como se ha descrito anteriormente, es posible evitar la pérdida de potencia motriz con el fin de mejorar la eficiencia de accionamiento del grupo motor 1F.

Además, la potencia motriz de motor es transmitida a las ruedas motrices DW y DW en un estado dividido mediante un total de tres recorridos de transmisión: un primer recorrido de transmisión (el rotor A2 25, las fuerzas magnéticas producidas por las líneas de fuerza magnética ML, el rotor A1 24, el eje de conexión 6, y el primer soporte C1), un segundo recorrido de transmisión (el primer engranaje solar S1, los primeros engranajes planetarios P1, y el primer soporte C1), un tercer recorrido de transmisión (el rotor A2 25, las fuerzas magnéticas producidas por las líneas de fuerza magnética ML, el estator 23, la primera PDU 41, la segunda PDU 42, la máquina rotativa 101, el primer engranaje anular R1, los primeros engranajes planetarios P1, y el primer soporte C1). Esto hace posible reducir la potencia eléctrica (energía) que pasa a través de las PDUs primera y segunda 41 y 42 mediante el tercer recorrido de transmisión, de modo que es posible reducir los tamaños y los costos de las PDUs primera y segunda 41 y 42, haciendo por ello posible lograr una reducción adicional del tamaño y los costos del grupo motor 1F.

Además, como se ha descrito anteriormente con referencia a la figura 43, la potencia motriz de motor es transmitida a las ruedas motrices DW y DW cambiando al mismo tiempo su velocidad de forma progresiva mediante el control de la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 y la velocidad rotacional de rotor VRO. Además, en este caso, la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 y la velocidad rotacional de rotor VRO son controladas de tal manera que la velocidad del motor NE sea igual a la velocidad deseada del motor puesta a un valor que hará posible obtener el ahorro óptimo de carburante del motor 3, y por lo tanto es posible accionar las ruedas motrices DW y DW controlando al mismo tiempo la potencia motriz de motor de tal manera que se pueda obtener el ahorro óptimo de carburante del motor 3. Esto hace posible mejorar más la eficiencia de accionamiento del grupo motor 1F.

Además, de forma similar a la primera realización, la primera relación de número de pares de polos α de la primera máquina rotativa 21 se pone a 2,0. Con esto, al tiempo del arranque ENG durante la marcha EV en que el par demandado de la primera máquina rotativa 21 es especialmente grande, como se ha descrito anteriormente con referencia a la figura 42 usando dicha ecuación (60), es posible hacer el primer par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE1 menor que cuando la primera relación de número de pares de polos α se pone a menos de 1,0, y por lo tanto es posible reducir más el tamaño y los costos de la primera máquina rotativa 21. Además, la primera relación de engranaje planetario $r1$ de la primera unidad de engranaje planetario PS1 se pone a un valor

relativamente grande de los valores que puede tomar una unidad de engranaje planetario general. Como consecuencia, al inicio de la operación de aceleración rápida durante la marcha ENG en la que par demandado de la máquina rotativa 101 es especialmente grande, como se ha descrito anteriormente con referencia a la figura 44 usando dicha ecuación (61), es posible hacer el par de máquina rotativa TMOT menor que cuando la primera relación de engranaje planetario r1 se pone a un valor pequeño, lo que hace posible reducir más el tamaño y los costos de la máquina rotativa 101. Además, según la presente realización, es posible obtener los mismos efectos ventajosos que los proporcionados por la primera realización.

A continuación, los grupos motores 1G, 1H, 1I, 1J y 1K según las realizaciones octava a duodécima de la presente invención se describirán con referencia a las figuras 45 a 49. Estos grupos motores 1G a 1K se distinguen de la séptima realización principalmente en que también incluyen transmisiones 111, 121, 131, 141 y 151, respectivamente. En cualquiera de las realizaciones octava a duodécima, la relación de conexión entre el motor 3, la primera máquina rotativa 21, la primera unidad de engranaje planetario PS1, la máquina rotativa 101, y las ruedas motrices DW y DW es la misma que la relación de conexión en la séptima realización. Más específicamente, el rotor A2 25 y el primer engranaje solar S1 están conectados mecánicamente al cigüeñal 3a del motor 3, y el rotor A1 24 y el primer soporte C1 están conectados mecánicamente a las ruedas motrices DW y DW. Además, el rotor 103 de la máquina rotativa 101 está conectado mecánicamente al primer engranaje anular R1. Además, en las figuras 45 a 49, los elementos componentes idénticos a los de la séptima realización se denotan con los mismos números de referencia. Esto también se aplica igualmente a las figuras para uso al describir las otras realizaciones descritas a continuación. La descripción siguiente versa principalmente sobre los puntos diferentes de los grupos motores 1G a 1K de la séptima realización, en orden a partir del grupo motor 1G de la octava realización.

Con referencia a la figura 45, en el grupo motor 1G, la transmisión 111 está dispuesta en lugar de dicho engranaje 7b y el primer engranaje 8b en engrane uno con otro. Esta transmisión 111 es una transmisión no etápica del tipo de correa, e incluye un eje de entrada conectado a dicho segundo eje de giro 7, un eje de salida conectado al eje loco 8, poleas dispuestas en el eje de entrada y el eje de salida, respectivamente, y una correa metálica enrollada alrededor de las poleas, de los que no se representa ninguno. La transmisión 111 cambia los diámetros efectivos de las poleas, enviando por ello potencia motriz introducida al eje de entrada al eje de salida cambiando al mismo tiempo su velocidad. Además, la relación de transmisión de la transmisión 111 (la velocidad rotacional del eje de entrada/la velocidad rotacional del eje de salida) es controlada por la UEC 2.

Como se ha descrito anteriormente, la transmisión 111 está dispuesta entre el rotor A1 24 y el primer soporte C1, y las ruedas motrices DW y DW, y la potencia motriz transmitida al rotor A1 24 y el primer soporte C1 es transmitida a las ruedas motrices DW y DW al mismo tiempo que su velocidad ha sido cambiada por la transmisión 111. Se deberá indicar que, en la presente realización, la transmisión 111 corresponde a una transmisión de la invención según la reivindicación 10.

en el grupo motor 1G construido como antes, cuando se transmite un par muy grande desde el rotor A1 24 y el primer soporte C1 a las ruedas motrices DW y DW, por ejemplo durante el arranque parado EV y el arranque parado basado en ENG antes descritos, la relación de transmisión de la transmisión 111 es controlada a un valor predeterminado de velocidad más baja mayor que 1,0. Esto hace que el par transmitido al rotor A1 24 y el primer soporte C1 se incremente por la transmisión 111, y luego sea transmitido a las ruedas motrices DW y DW. De acuerdo con ello, la potencia eléctrica generada por la primera máquina rotativa 21 y la potencia eléctrica suministrada a la máquina rotativa 101 (potencia eléctrica generada) son controladas de tal manera que el par transmitido al rotor A1 24 y el primer soporte C1 sea menor. Por lo tanto, según la presente realización, es posible reducir los respectivos valores máximos de par demandado de la primera máquina rotativa 21 y la máquina rotativa 101, haciendo por ello posible reducir más los tamaños y los costos de la primera máquina rotativa 21 y la máquina rotativa 101. Además, el valor máximo del par transmitido al primer soporte C1 mediante el primer engranaje solar S1 y el primer engranaje anular R1 se puede reducir, y por lo tanto es posible reducir más el tamaño y los costos de la primera unidad de engranaje planetario PS1.

Además, durante la marcha del vehículo incluyendo la marcha EV y la marcha ENG, en los casos donde la velocidad rotacional de rotor A1 VRA1 es demasiado alta, por ejemplo, cuando la velocidad del vehículo VP es muy alta, la relación de transmisión de la transmisión 111 es controlada a un valor predeterminado de velocidad más alta menor que 1,0. Con esto, según la presente realización, la velocidad rotacional de rotor A1 VRA1 se puede reducir con respecto a la velocidad del vehículo VP, y por lo tanto es posible evitar que se produzca fallo de la primera máquina rotativa 21 porque la velocidad rotacional de rotor A1 VRA1 sea demasiado alta. Esto es especialmente efectivo porque el rotor A1 24 está formado por imanes y los imanes tienen menor intensidad que los elementos magnéticos de material blando, de modo que dichos inconvenientes tienden a producirse.

Además, en los casos donde la velocidad rotacional de rotor VRO, que se determina por la relación entre la velocidad del vehículo VP y la velocidad del motor NE, es demasiado alta, por ejemplo durante la operación a alta velocidad del vehículo en la que la velocidad del vehículo VP es más alta que la velocidad del motor NE, la relación de transmisión de la transmisión 111 es controlada a un valor predeterminado de velocidad más alta menor que 1,0. Con esto, según la presente realización, la velocidad rotacional de primer soporte VCA1 se baja con respecto a la velocidad del vehículo VP, por lo que, como es evidente por la figura 43, a la que se hace referencia anteriormente,

es posible hacer más baja la velocidad rotacional de rotor VRO, haciendo por ello posible evitar que se produzca fallo de la máquina rotativa 101 porque la velocidad rotacional de rotor VRO sea demasiado alta.

Además, durante la marcha del vehículo, la relación de transmisión de la transmisión 111 es controlada de tal manera que la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 y la velocidad rotacional de rotor VRO sean iguales a valores deseados predeterminados primero y segundo, respectivamente. Los valores deseados primero y segundo se calculan buscando un mapa según la velocidad del vehículo VP cuando solamente la primera máquina rotativa 21 y la máquina rotativa 101 se usan como fuentes de potencia motriz, mientras que cuando el motor 3, la primera máquina rotativa 21 y la máquina rotativa 101 se usan como fuentes de potencia motriz, los valores deseados primero y segundo se calculan buscando un mapa distinto de dicho mapa según la velocidad del motor NE y la velocidad del vehículo VP. Además, en estos mapas, los valores deseados primero y segundo se ponen a valores tales que sea posible obtener altas eficiencias de la primera máquina rotativa 21 y la máquina rotativa 101 con respecto a la velocidad del vehículo VP (y la velocidad del motor NE) asumida entonces. Además, en paralelo con el control antes descrito de la transmisión 111, la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 y la velocidad rotacional de rotor VRO son controladas a los valores deseados primero y segundo, respectivamente. Con esto, según la presente realización, durante la marcha del vehículo, es posible obtener las altas eficiencias de la primera máquina rotativa 21 y la máquina rotativa 101.

Además, también en la presente realización, como se ha descrito anteriormente con referencia a la figura 43, usando la primera máquina rotativa 21, la primera unidad de engranaje planetario PS1 y la máquina rotativa 101, es posible transmitir la potencia motriz de motor a las ruedas motrices DW y DW cambiando al mismo tiempo de forma progresiva su velocidad, y por lo tanto es posible reducir la frecuencia de la operación de cambio de velocidad de la transmisión 111. Esto hace posible evitar pérdidas de calor por la operación de cambio de velocidad, y por ello asegurar la alta eficiencia de accionamiento del grupo motor 1G. Además de esto, según la presente realización, es posible obtener los mismos efectos ventajosos que los proporcionados por la séptima realización.

Se deberá indicar que, aunque en la presente realización la transmisión 111 es una transmisión no etápica del tipo de correa, se ha de entender que se puede emplear una transmisión no etápica de tipo toroidal o de tipo hidráulico o una transmisión escalonada del tipo de engranaje.

En el grupo motor 1H según la novena realización representada en la figura 46, la transmisión 121 es una transmisión escalonada del tipo de engranaje formada por una unidad de engranaje planetario, etc, e incluye un eje de entrada 122 y un eje de salida (no representado). En la transmisión 121, un total de dos posiciones de velocidad, es decir, una primera velocidad (relación de transmisión = la velocidad rotacional del eje de entrada 122/la velocidad rotacional del eje de salida = 1,0) y una segunda velocidad (relación de transmisión <1,0) se ponen como posiciones de velocidad. La UEC 2 realiza un cambio entre estas posiciones de velocidad. Además, el eje de entrada 122 de la transmisión 121 está conectado directamente al cigüeñal 3a mediante el volante 5, y su eje de salida (no representado) está conectado directamente a dicho primer eje de giro 4. Como se ha descrito anteriormente, la transmisión 121 está dispuesta entre el cigüeñal 3a y el rotor A2 25 y el primer engranaje solar S1, para transmitir la potencia motriz de motor al rotor A2 25 y el primer engranaje solar S1 cambiando al mismo tiempo la velocidad de la potencia motriz de motor. Se deberá indicar que, en la presente realización, la transmisión 121 corresponde a una transmisión de la invención según la reivindicación 11.

Además, el número de los dientes de engranaje del engranaje 9a de dicho mecanismo de engranajes diferenciales 9 es mayor que el de los dientes de engranaje del segundo engranaje 8c del eje loco 8, por lo que la potencia motriz transmitida al eje loco 8 es transmitida a las ruedas motrices DW y DW en un estado de velocidad reducida.

En el grupo motor 1H construido como antes, en los casos donde se transmite un par muy grande desde el rotor A1 24 y el primer soporte C1 a las ruedas motrices DW y DW, por ejemplo durante el arranque parado basado en ENG, la posición de velocidad de la transmisión 121 es controlada a la segunda velocidad (relación de transmisión <1,0). Esto reduce el par motor TENG introducido en el rotor A2 25 y el primer engranaje solar S1. De acuerdo con ello, la potencia eléctrica generada por la primera máquina rotativa 21 y la potencia eléctrica suministrada a la máquina rotativa 101 (potencia eléctrica generada) son controladas de tal manera que el par motor TENG transmitido al rotor A1 24 y el primer soporte C1 sea menor. Además, el par motor TENG transmitido al rotor A1 24 y el primer soporte C1 es transmitido a las ruedas motrices DW y DW en un estado incrementado por deceleración por el segundo engranaje 8c y el engranaje 9a. Con esto, según la presente realización, es posible reducir los respectivos valores máximos de par demandado de la primera máquina rotativa 21 y la máquina rotativa 101, haciendo por ello posible reducir los tamaños y los costos de la primera máquina rotativa 21 y la máquina rotativa 101. Además, es posible reducir el valor máximo del par transmitido al primer soporte C1 mediante el primer engranaje solar S1 y el primer engranaje anular R1, lo que hace posible reducir más el tamaño y los costos de la primera unidad de engranaje planetario PS1.

Además, cuando la velocidad del motor NE es muy alta, la posición de velocidad de la transmisión 121 es controlada a la primera velocidad (relación de transmisión = 1,0). Con esto, según la presente realización, en comparación con el caso de que la posición de velocidad sea la segunda velocidad, la velocidad rotacional de rotor A2 VRA2 se puede reducir, por lo que es posible evitar que se produzca fallo de la primera máquina rotativa 21 porque la velocidad

rotacional de rotor A2 VRA2 sea demasiado alta.

Además, en los casos donde la velocidad rotacional de rotor VRO es demasiado alta, por ejemplo, durante la operación a alta velocidad del vehículo en la que la velocidad del vehículo VP es más alta que la velocidad del motor NE, la posición de velocidad de la transmisión 121 es controlada a la segunda velocidad. Con esto, según la presente realización, una velocidad rotacional de segundo engranaje solar VSU2 se incrementa con respecto a la velocidad del motor NE, por lo que, como es evidente por la figura 43, es posible reducir la velocidad rotacional de rotor VRO, haciendo por ello posible evitar que se produzca fallo de la máquina rotativa 101 porque la velocidad rotacional de rotor VRO sea demasiado alta.

Además, durante la marcha ENG, la posición de velocidad de la transmisión 121 se cambia según la velocidad del motor NE y la velocidad del vehículo VP de tal manera que la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 y la velocidad rotacional de rotor VRO tomen unos valores respectivos tales que sea posible obtener las altas eficiencias de la primera máquina rotativa 21 y la máquina rotativa 101. Además, en paralelo con dicho cambio de la posición de velocidad de la transmisión 121, la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 y la velocidad rotacional de rotor VRO son controladas a respectivos valores determinados en base a la velocidad del motor NE, la velocidad del vehículo VP, y la posición de velocidad de la transmisión 121, que se asuman entonces, y dichas ecuaciones (53) y (59). Con esto, según la presente realización, durante la marcha del vehículo, es posible obtener las altas eficiencias de la primera máquina rotativa 21 y la máquina rotativa 101.

Además, durante la marcha ENG, y al mismo tiempo durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión 121, es decir, cuando el motor 3 es desconectado del rotor A2 25 y el primer engranaje solar S1 por la transmisión 121, para evitar un choque de cambio de velocidad, la primera máquina rotativa 21 y la máquina rotativa 101 son controladas como se describe a continuación. Dicho control de la primera máquina rotativa 21 y la máquina rotativa 101 se denomina a continuación el "control de choque de cambio de velocidad".

Más específicamente, se suministra potencia eléctrica al estator 23 de la primera máquina rotativa 21, haciendo que el primer campo magnético rotativo generado en el estator 23 de acuerdo con ello realice rotación normal, y se suministra potencia eléctrica al estator 102 de la máquina rotativa 101, haciendo que el rotor 103 realice rotación normal. Esto hace que se combinen el primer par de accionamiento equivalente TSE1 y el par transmitido al rotor A1 24 como se describe a continuación, y este par combinado es transmitido al rotor A2 25. El par transmitido al rotor A2 25 es transmitido al primer engranaje solar S1 sin ser transmitido al cigüeñal 3a, por dicha desconexión efectuada por la transmisión 121. Además, este par se combina con el par de máquina rotativa TMOT transmitido al primer engranaje anular R1, y luego es transmitido al primer soporte C1. Parte del par transmitido al primer soporte C1 es transmitida al rotor A1 24, y el resto es transmitido a las ruedas motrices DW y DW.

Por lo tanto, según la presente realización, durante la operación de cambio de velocidad, es posible evitar un choque de cambio de velocidad, que puede ser producido por interrupción de transmisión del par motor TENG a las ruedas motrices DW y DW, haciendo por ello posible mejorar la comerciabilidad. Se deberá indicar que este control de choque de cambio de velocidad se efectúa solamente durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión 121. Además de esto, según la presente realización, es posible obtener los mismos efectos ventajosos que los proporcionados por la séptima realización.

En el grupo motor 11 según la décima realización representada en la figura 47, la transmisión 131 es una transmisión escalonada del tipo de engranaje incluyendo un eje de entrada 132 y un eje de salida (no representado), una pluralidad de trenes de engranajes de diferente relación de engranaje uno de otro, y embragues (no representados) para enganchar y desenganchar respectivamente entre los trenes de engranajes, y el eje de entrada 132 y el eje de salida, en base de un tren de engranajes a otro tren de engranajes. La transmisión 131 cambia la velocidad de potencia motriz introducida en el eje de entrada 132 usando uno de los trenes de engranajes, y envía la potencia motriz al eje de salida. Además, en la transmisión 131, un total de cuatro posiciones de velocidad, es decir, una primera velocidad (relación de transmisión = la velocidad rotacional del eje de entrada 132/la velocidad rotacional del eje de salida >1,0), una segunda velocidad (relación de transmisión = 1,0), una tercera velocidad (relación de transmisión <1,0) para marcha hacia delante, y una posición de velocidad para marcha hacia atrás, se pueden poner usando estos trenes de engranajes, y la UEC 2 controla un cambio entre estas posiciones de velocidad.

Además, en el grupo motor 11, de forma diferente a la séptima realización, no se facilita el segundo eje de giro 7, y el rotor A1 24 está conectado directamente al eje de entrada 132 de la transmisión 131, mientras el eje de salida de la transmisión 131 está conectado directamente al eje de conexión 6 antes descrito. El eje de conexión 6 está formado integralmente con el engranaje 6b, y el engranaje 6b está en engrane con dicho primer engranaje 8b.

Como se ha descrito anteriormente, el rotor A1 24 está conectado mecánicamente a las ruedas motrices DW y DW mediante la transmisión 131, el eje de conexión 6, el engranaje 6b, el primer engranaje 8b, el eje loco 8, el segundo engranaje 8c, el engranaje 9a, el mecanismo de engranajes diferenciales 9, etc. Además, la potencia motriz transmitida al rotor A1 24 es transmitida a las ruedas motrices DW y DW al mismo tiempo que su velocidad ha sido cambiada por la transmisión 131. Además, el primer soporte C1 está conectado mecánicamente a las ruedas motrices DW y DW mediante el eje de conexión 6, el engranaje 6b, el primer engranaje 8b, etc, sin hacerlo mediante

la transmisión 131. Se deberá indicar que, en la presente realización, la transmisión 131 corresponde a la transmisión en la invención según la reivindicación 12.

Además, el rotor 103 de la máquina rotativa 101 está formado integralmente con un eje de rotación 103a. El eje de giro 103a está conectado directamente al primer engranaje anular R1 mediante una pestaña. Esto conecta mecánicamente directamente el rotor 103 al primer engranaje anular R1 de tal manera que el rotor 103 sea rotativo al unísono con el primer engranaje anular R1.

En el grupo motor 11 construido como antes, en los casos donde se transmite un par muy grande desde el rotor A1 24 a las ruedas motrices DW y DW, por ejemplo durante el arranque parado basado en ENG, la posición de velocidad de la transmisión 131 es controlada a la primera velocidad (relación de transmisión $>1,0$). Con esto, el par transmitido al rotor A1 24 se incrementa por la transmisión 131, y luego es transmitido a las ruedas motrices DW y DW. De acuerdo con ello, la potencia eléctrica generada por la primera máquina rotativa 21 es controlada de tal manera que el par transmitido al rotor A1 24 sea menor. Con esto, según la presente realización, el valor máximo del par demandado de la primera máquina rotativa 21 se puede reducir, haciendo por ello posible reducir más el tamaño y los costos de la primera máquina rotativa 21.

Además, en los casos donde la velocidad rotacional de rotor A1 VRA1 es demasiado alta, por ejemplo, durante la operación a alta velocidad del vehículo en la que la velocidad del vehículo VP es muy alta, la posición de velocidad de la transmisión 131 es controlada a la tercera velocidad (relación de transmisión $<1,0$). Con esto, según la presente realización, dado que la velocidad rotacional de rotor A1 VRA1 se puede bajar con respecto a la velocidad del vehículo VP, es posible evitar que se produzca fallo de la primera máquina rotativa 21 porque la velocidad rotacional de rotor A1 VRA1 sea demasiado alta. Esto es especialmente efectivo porque el rotor A1 24 está formado por imanes y los imanes tienen menor intensidad que los elementos magnéticos de material blando, de modo que dichos inconvenientes tienden a producirse.

Además, durante la marcha del vehículo incluyendo la marcha EV y la marcha ENG, la posición de velocidad de la transmisión 131 es controlada de tal manera que la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 sea igual a un valor deseado predeterminado. Este valor deseado se calcula buscando un mapa según la velocidad del vehículo VP cuando solamente la primera máquina rotativa 21 y la máquina rotativa 101 se usan como fuentes de potencia motriz, mientras que cuando el motor 3, la primera máquina rotativa 21 y la máquina rotativa 101 se usan como fuentes de potencia motriz, el valor deseado se calcula buscando un mapa distinto de dicho mapa según la velocidad del motor NE y la velocidad del vehículo VP. Además, en estos mapas, los valores deseados se ponen a valores tales que sea posible obtener una eficiencia alta de la primera máquina rotativa 21 con respecto a la velocidad del vehículo VP (y la velocidad del motor NE) asumida entonces. Además, en paralelo con el control antes descrito de la transmisión 131, la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 es controlada a dicho valor deseado. Con esto, según la presente realización, durante la marcha del vehículo, es posible obtener la eficiencia alta de la primera máquina rotativa 21.

Además, durante la marcha ENG, y al mismo tiempo durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión 131, es decir, después de que el eje de entrada 132 y el eje de salida de la transmisión 131 están desconectados de un tren de engranajes que se ha seleccionado antes de un cambio de velocidad y hasta que el eje de entrada 132 y el eje de salida estén conectados a un tren de engranajes seleccionado para el cambio de velocidad, la primera máquina rotativa 21 y la máquina rotativa 101 son controladas de la siguiente manera: durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión 131, el tren de engranajes de la transmisión 131 se desconecta del eje de entrada 132 y el eje de salida para desconectar por ello el rotor A1 24 y las ruedas motrices DW y DW, por lo que la carga de las ruedas motrices DW y DW deja de actuar en el rotor A1 24. Por lo tanto, no se genera potencia eléctrica por la primera máquina rotativa 21, y al estator 102 de la máquina rotativa 101 se le suministra potencia eléctrica desde la batería 43.

Con esto, según la presente realización, durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión 131, el par de máquina rotativa TMOT transmitido al primer engranaje anular R1 y el par motor TENG transmitido al primer engranaje solar S1 se combinan, y el par combinado es transmitido a las ruedas motrices DW y DW mediante el primer soporte C1. Esto hace posible evitar un choque de cambio de velocidad, que se produce por interrupción de la transmisión del par motor TENG a las ruedas motrices DW y DW. Por lo tanto, es posible mejorar la comerciabilidad.

Además, usando la primera máquina rotativa 21, la primera unidad de engranaje planetario PS1 y la máquina rotativa 101, es posible transmitir la potencia motriz de motor a las ruedas motrices DW y DW cambiando al mismo tiempo de forma progresiva su velocidad, y por lo tanto es posible reducir la frecuencia de la operación de cambio de velocidad de la transmisión 131. Por lo tanto, es posible mejorar la eficiencia de accionamiento del grupo motor 11. Además de esto, según la presente realización, es posible obtener los mismos efectos ventajosos que los proporcionados por la séptima realización.

En el grupo motor 1J según la undécima realización representada en la figura 48, de forma similar a la décima realización, el segundo eje de giro 7 no se facilita, y el primer engranaje 8b está en engrane con el engranaje 6b

formado integralmente con el eje de conexión 6. Con esto, el rotor A1 24 y el primer soporte C1 están conectados mecánicamente a las ruedas motrices DW y DW mediante el eje de conexión 6, el engranaje 6b, el primer engranaje 8b, el eje loco 8, el segundo engranaje 8c, el engranaje 9a y el mecanismo de engranajes diferenciales 9, sin hacerlo mediante la transmisión 141.

Además, la transmisión 141 es una transmisión escalonada del tipo de engranaje configurada, de forma similar a la transmisión 131 según la décima realización, de manera que tenga posiciones de velocidad incluyendo una primera velocidad a una tercera velocidad. La transmisión 141 incluye un eje de entrada (no representado) conectado directamente al rotor 103 de la máquina rotativa 101 mediante el eje de giro 103a, y un eje de salida 142 conectado directamente al primer engranaje anular R1, y transmite potencia motriz introducida en el eje de entrada al eje de salida 142 cambiando al mismo tiempo la velocidad de la potencia motriz. Además, la UEC 2 controla un cambio entre las posiciones de velocidad de la transmisión 141. Como se ha descrito anteriormente, el rotor 103 está conectado mecánicamente al primer engranaje anular R1 mediante la transmisión 141. Además, la potencia motriz del rotor 103 es transmitida al primer engranaje anular R1 al mismo tiempo que su velocidad ha sido cambiada por la transmisión 141. Se deberá indicar que, en la presente realización, la transmisión 141 corresponde a una transmisión de la invención según la reivindicación 13.

En el grupo motor 1J construido como antes, cuando se transmite un par muy grande desde el rotor 103 a las ruedas motrices DW y DW, por ejemplo, durante el arranque parado EV y el arranque parado basado en ENG, la posición de velocidad de la transmisión 141 es controlada a la primera velocidad (relación de transmisión $>1,0$). Con esto, el par de máquina rotativa TMOT se incrementa por la transmisión 141, y luego es transmitido a las ruedas motrices DW y DW mediante el primer engranaje anular R1 y el primer soporte C1. De acuerdo con ello, la potencia eléctrica suministrada a la máquina rotativa 101 (potencia eléctrica generada) es controlada de tal manera que el par de máquina rotativa TMOT sea menor. Por lo tanto, según la presente realización, es posible reducir el valor máximo de par requerido de la máquina rotativa 101, haciendo por ello posible reducir más el tamaño y los costos de la máquina rotativa 101.

Además, cuando la velocidad rotacional de rotor VRO es demasiado alta, por ejemplo, durante la operación a alta velocidad del vehículo en la que la velocidad del vehículo VP es más alta que la velocidad del motor NE, la posición de velocidad de la transmisión 141 es controlada a la tercera velocidad (relación de transmisión $<1,0$). Con esto, según la presente realización, la velocidad rotacional de rotor VRO se puede reducir con respecto a la velocidad rotacional de primer engranaje anular VR11, que se determina por la relación entre la velocidad del vehículo VP y la velocidad del motor NE, asumida entonces, y por lo tanto es posible evitar que se produzca fallo de la máquina rotativa 101 porque la velocidad rotacional de rotor VRO sea demasiado alta.

Además, durante la marcha del vehículo incluyendo la marcha EV y la marcha ENG, la posición de velocidad de la transmisión 141 es controlada de tal manera que la velocidad rotacional de rotor VRO sea igual a un valor deseado predeterminado. Este valor deseado se calcula buscando un mapa según la velocidad del vehículo VP cuando solamente la primera máquina rotativa 21 y la máquina rotativa 101 se usan como fuentes de potencia motriz, mientras que cuando el motor 3, la primera máquina rotativa 21 y la máquina rotativa 101 se usan como fuentes de potencia motriz, el valor deseado se calcula buscando un mapa distinto de dicho mapa según la velocidad del motor NE y la velocidad del vehículo VP. Además, en estos mapas, los valores deseados se ponen a valores tales que sea posible obtener una eficiencia alta de la máquina rotativa 101 con respecto a la velocidad del vehículo VP (y la velocidad del motor NE) asumida entonces. Además, en paralelo con el control antes descrito de la transmisión 141, la velocidad rotacional de rotor VRO es controlada al valor deseado antes descrito. Con esto, según la presente realización, durante la marcha del vehículo, es posible obtener la eficiencia alta de la máquina rotativa 101.

Además, durante la marcha ENG, y al mismo tiempo durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión 141, es decir, cuando el rotor 103 y las ruedas motrices DW y DW son desconectados uno de otro por la transmisión 141, como se ha descrito en la séptima realización, parte del par motor TENG es transmitida a las ruedas motrices DW y DW mediante el rotor A1 24. Por lo tanto, según la presente realización, durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión 141, es posible evitar un choque de cambio de velocidad, que puede ser producido por interrupción de la transmisión del par motor TENG a las ruedas motrices DW y DW. Esto hace posible mejorar la comerciabilidad.

Además, usando la primera máquina rotativa 21, la primera unidad de engranaje planetario PS1 y la máquina rotativa 101, es posible transmitir la potencia motriz de motor a las ruedas motrices DW y DW cambiando al mismo tiempo de forma progresiva su velocidad, de modo que es posible reducir la frecuencia de la operación de cambio de velocidad de la transmisión 141. Esto hace posible mejorar la eficiencia de accionamiento del grupo motor 1J. Además de esto, según la presente realización, es posible obtener los mismos efectos ventajosos que los proporcionados por la séptima realización.

En el grupo motor 1K según la duodécima realización representada en la figura 49, de forma similar a las realizaciones décima y undécima, el segundo eje de giro 7 no se facilita, y el primer engranaje 8b está en engrane con el engranaje 6b formado integralmente con el eje de conexión 6. Además, la transmisión 151 es una transmisión escalonada del tipo de engranaje que está configurada de forma similar a la transmisión 131 según la décima

realización y tiene posiciones de velocidad de las velocidades primera a tercera. La transmisión 151 incluye un eje de entrada 152 conectado directamente al primer soporte C1, y un eje de salida (no representado) conectado directamente al eje de conexión 6, y transmite potencia motriz introducida en el eje de entrada 152 al eje de salida cambiando al mismo tiempo la velocidad de la potencia motriz. Además, la UEC 2a controla un cambio entre las posiciones de velocidad de la transmisión 151.

Como se ha descrito anteriormente, el primer soporte C1 está conectado mecánicamente a las ruedas motrices DW y DW mediante la transmisión 151, el eje de conexión 6, el engranaje 6b, el primer engranaje 8b, etc. Además, la potencia motriz transmitida al primer soporte C1 es transmitida a las ruedas motrices DW y DW al mismo tiempo que su velocidad ha sido cambiada por la transmisión 151. Además, el rotor A1 24 está conectado mecánicamente a las ruedas motrices DW y DW mediante el eje de conexión 6, el engranaje 6b, el primer engranaje 8b, etc, sin hacerlo mediante la transmisión 151. Además, de forma similar a la décima realización, el rotor 103 está conectado directamente al primer engranaje anular R1 mediante el eje de giro 103a, y es rotativo al unísono con el primer engranaje anular R1. Se deberá indicar que, en la presente realización, la transmisión 151 corresponde a una transmisión de la invención según la reivindicación 14.

En el grupo motor 1K construido como antes, en los casos donde se transmite un par muy grande desde el primer soporte C1 a las ruedas motrices DW y DW, por ejemplo, durante el arranque parado EV y el arranque parado basado en ENG, la posición de velocidad de la transmisión 151 es controlada a la primera velocidad (relación de transmisión >1.0). Con esto, el par transmitido al primer soporte C1 se incrementa por la transmisión 151, y luego es transmitido a las ruedas motrices DW y DW. De acuerdo con ello, la potencia eléctrica suministrada a la máquina rotativa 101 (potencia eléctrica generada) es controlada de tal manera que el par de máquina rotativa TMOT sea menor. Con esto, según la presente realización, el valor máximo de par demandado de la máquina rotativa 101, y el valor máximo de par a transmitir al primer soporte C1 se pueden reducir, haciendo por ello posible reducir más los tamaños y los costos de la máquina rotativa 101 y la primera unidad de engranaje planetario PS1.

Además, en los casos donde la velocidad rotacional de rotor VRO sea demasiado alta, por ejemplo, durante la operación a alta velocidad del vehículo en la que la velocidad del vehículo VP es más alta que la velocidad del motor NE, la posición de velocidad de la transmisión 151 es controlada a la tercera velocidad (relación de transmisión <1.0). Con esto, según la presente realización, la velocidad rotacional de primer soporte VCA1 se reduce con respecto a la velocidad del vehículo VP, por lo que, como es evidente por la figura 43, es posible bajar la velocidad rotacional de rotor VRO, haciendo por ello posible evitar que se produzca fallo de la máquina rotativa 101 porque la velocidad rotacional de rotor VRO sea demasiado alta.

Además, durante la marcha del vehículo incluyendo la marcha EV y la marcha ENG, la posición de velocidad de la transmisión 151 es controlada de tal manera que la velocidad rotacional de rotor VRO sea igual a un valor deseado predeterminado. Este valor deseado se calcula buscando un mapa según la velocidad del vehículo VP cuando solamente la primera máquina rotativa 21 y la máquina rotativa 101 se usan como fuentes de potencia motriz, mientras que cuando el motor 3, la primera máquina rotativa 21 y la máquina rotativa 101 se usan como fuentes de potencia motriz, el valor deseado se calcula buscando un mapa distinto de dicho mapa según la velocidad del motor NE y la velocidad del vehículo VP. Además, en estos mapas, el valor deseado se pone a un valor tal que sea posible obtener una eficiencia alta de la máquina rotativa 101 con respecto a la velocidad del vehículo VP (y la velocidad del motor NE) asumida entonces. Además, en paralelo con el control antes descrito de la transmisión 151, la velocidad rotacional de rotor VRO es controlada al valor deseado antes descrito. Con esto, según la presente realización, durante la marcha del vehículo, es posible obtener la eficiencia alta de la máquina rotativa 101.

Además, durante la marcha ENG, y al mismo tiempo durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión 151, es decir, cuando el primer soporte C1 y las ruedas motrices DW y DW son desconectados uno de otro por la transmisión 151, como se ha descrito en la séptima realización, parte del par motor TENG es transmitida a las ruedas motrices DW y DW mediante el rotor A1 24. Con esto, según la presente realización, de forma similar a la undécima realización, durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión 151, es posible evitar un choque de cambio de velocidad, que se produce por interrupción de la transmisión del par motor TENG a las ruedas motrices DW y DW. Esto hace posible mejorar la comerciabilidad.

Además, usando la primera máquina rotativa 21, la primera unidad de engranaje planetario PS1 y la máquina rotativa 101, es posible transmitir la potencia motriz de motor a las ruedas motrices DW y DW cambiando al mismo tiempo de forma progresiva su velocidad, de modo que sea posible reducir la frecuencia de la operación de cambio de velocidad de la transmisión 151. Esto hace posible mejorar la eficiencia de accionamiento del grupo motor 1K. Además de esto, según la presente realización, es posible obtener los mismos efectos ventajosos que los proporcionados por la séptima realización.

Se deberá indicar que, aunque en las realizaciones novena a duodécima las transmisiones 121 a 151 son una transmisión escalonada del tipo de engranaje, se ha de entender que se puede emplear una transmisión no etápica del tipo de correa, de tipo toroidal o de tipo hidráulico.

A continuación, un grupo motor 1L según una decimotercera realización de la presente invención se describirá con

referencia a la figura 50. Este grupo motor 1L se distingue de la séptima realización principalmente en que incluye además una transmisión para cambiar una relación entre la diferencia de velocidad entre la velocidad rotacional de rotor VRO y la velocidad del vehículo VP y la diferencia de velocidad entre la velocidad del vehículo VP y la velocidad del motor NE. La descripción siguiente describe principalmente los puntos diferentes de la séptima realización.

Con referencia a la figura 50, en este grupo motor 1L, de forma similar a la undécima realización, el segundo eje de giro 7 no se facilita, y el primer engranaje 8b está en engrane con el engranaje 6b formado integralmente con el eje de conexión 6, por lo que el rotor A1 24 y el primer soporte C1 están conectados mecánicamente a las ruedas motrices DW y DW mediante el eje de conexión 6, el engranaje 6b, el primer engranaje 8b, el mecanismo de engranajes diferenciales 9, etc, sin hacerlo mediante dicha transmisión. Además, de forma similar a la décima realización, el rotor 103 es rotativo al unísono con el eje de giro 103a.

Dicha transmisión incluye una segunda unidad de engranaje planetario PS2, un primer embrague CL1 y un segundo embrague CL2. La segunda unidad de engranaje planetario PS2 está configurada de forma similar a la primera unidad de engranaje planetario PS1, e incluye un segundo engranaje solar S2, un segundo engranaje anular R2, y un segundo soporte C2 que soporta rotativamente una pluralidad de segundos engranajes planetarios P2 (por ejemplo tres) (de los que se representan solamente dos) en engrane con los dos engranajes S2 y R2. El segundo engranaje solar S2 está conectado mecánicamente directamente al primer soporte C1 mediante un eje de rotación, por lo que el segundo engranaje solar S2 es rotativo al unísono con el primer soporte C1. Además, el segundo soporte C2 está conectado mecánicamente directamente al primer engranaje anular R1 mediante un eje hueco y pestaña, por lo que el segundo soporte C2 es rotativo al unísono con el primer engranaje anular R1. A continuación, las velocidades rotacionales del segundo engranaje solar S2, el segundo engranaje anular R2 y el segundo soporte C2 se denominan la "velocidad rotacional de segundo engranaje solar VSU2, una "velocidad rotacional de segundo engranaje anular VRI2" y una "velocidad rotacional de segundo soporte VCA2", respectivamente.

Dicho primer embrague CL1 está formado por ejemplo por un embrague de rozamiento de discos múltiples, y está dispuesto entre el segundo soporte C2 y el eje de giro 103a. Es decir, el segundo soporte C2 está conectado mecánicamente directamente al rotor 103 mediante el primer embrague CL1. Además, el primer embrague CL1 tiene su grado de enganche controlado por la UEC 2 para conectar y desconectar por ello el segundo soporte C2 y el eje de giro 103a, es decir, el segundo soporte C2 y el rotor 103.

De forma similar al primer embrague CL1, dicho segundo embrague CL2 está formado por un embrague de rozamiento de discos múltiples, y está dispuesto entre el segundo engranaje anular R2 y el eje de giro 103a. Es decir, el segundo engranaje anular R2 está conectado mecánicamente directamente al rotor 103 mediante el segundo embrague CL2. Además, el segundo embrague CL2 tiene su grado de enganche controlado por la UEC 2 para conectar y desconectar por ello el segundo engranaje anular R2 y el eje de giro 103a, es decir, el segundo engranaje anular R2 y el rotor 103.

Como se ha descrito anteriormente, en el grupo motor 1L, el rotor 103 de la máquina rotativa 101 está conectado mecánicamente al primer engranaje anular R1 mediante el primer embrague CL1 y el segundo soporte C2, y está conectado mecánicamente al primer engranaje anular R1 mediante el segundo embrague CL2, el segundo engranaje anular R2, los segundos engranajes planetarios P2, y el segundo soporte C2. Se deberá indicar que, en la presente realización, la segunda unidad de engranaje planetario PS2, el segundo engranaje solar S2, el segundo engranaje anular R2, los segundos engranajes planetarios P2, y el segundo soporte C2 corresponden a una unidad de engranaje planetario, un engranaje solar, un engranaje anular, engranajes planetarios, y un soporte en la invención según la reivindicación 15, respectivamente.

La figura 51(a) representa un nomograma de velocidad que ilustra un ejemplo de la relación entre la velocidad rotacional de primer engranaje solar VSU1, la velocidad rotacional de primer soporte VCA1 y la velocidad rotacional de primer engranaje anular VRI1, ilustradas conjuntamente con un nomograma de velocidad que ilustra un ejemplo de la relación entre la velocidad rotacional de segundo engranaje solar VSU2, la velocidad rotacional de segundo soporte VCA2 y la velocidad rotacional de segundo engranaje anular VRI2. En la figura 51(a), r2 representa una relación entre el número de los dientes de engranaje del segundo engranaje solar S2 y el de los dientes de engranaje del segundo engranaje anular R2 (el número de los dientes de engranaje del segundo engranaje solar S2/el número de los dientes de engranaje del segundo engranaje anular R2; denominada a continuación la "segunda relación de engranaje planetario").

Como se ha descrito anteriormente, dado que el primer soporte C1 y el segundo engranaje solar S2 están conectados directamente uno a otro, la velocidad rotacional de primer soporte VCA1 y la velocidad rotacional de segundo engranaje solar VSU2 son iguales entre sí, y dado que el primer engranaje anular R1 y el segundo soporte C2 están conectados directamente uno a otro, la velocidad rotacional de primer engranaje anular VRI1 y la velocidad rotacional de segundo soporte VCA2 son iguales entre sí. Por lo tanto, los dos nomogramas de velocidad con relación a las unidades primera y segunda de engranajes planetarios PS1 y PS2 representadas en la figura 51(a) pueden ser representados por un solo nomograma de velocidad como se representa en la figura 51(b). Como se representa en la figura 51(b), cuatro elementos rotativos cuyas velocidades rotacionales están en una relación

colineal uno con otro, están formados conectando los varios elementos rotativos de las unidades primera y segunda de engranajes planetarios PS1 y PS2 descritas anteriormente.

Además, la figura 52(a) representa un nomograma de velocidad de un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales de dichos cuatro elementos rotativos, ilustrados conjuntamente con un nomograma de velocidad de un ejemplo de la relación entre la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 y las velocidades rotacionales de rotor A1 y A2 VRA1 y VRA2. Como se ha descrito anteriormente, dado que el primer soporte C1 y el rotor A1 24 están conectados directamente uno a otro, la velocidad rotacional de segundo soporte VCA2 y la velocidad rotacional de rotor A1 VRA1 son iguales entre sí. Además, dado que el primer engranaje solar S1 y el rotor A2 25 están conectados directamente uno a otro, la velocidad rotacional de primer engranaje solar VSU1 y la velocidad rotacional de rotor A2 VRA2 son iguales entre sí. Por lo tanto, los dos nomogramas de velocidad representados en la figura 52(a) pueden ser representados por un solo nomograma de velocidad como se representa en la figura 52(b).

Además, dado que el cigüeñal 3a, el rotor A2 25 y el primer engranaje solar S1 están conectados directamente uno a otro, la velocidad del motor NE, la velocidad rotacional de rotor A2 VRA2 y la velocidad rotacional de primer engranaje solar VSU1 son iguales entre sí. Además, dado que las ruedas motrices DW y DW, el rotor A1 24, el primer soporte C1 y el segundo engranaje solar S2 están conectados uno a otro, suponiendo que no haya cambio de velocidad por el mecanismo de engranajes diferenciales 9 o análogos, la velocidad del vehículo VP, la velocidad rotacional de rotor A1 VRA1, la velocidad rotacional de primer soporte VCA1 y la velocidad rotacional de segundo engranaje solar VSU2 son iguales entre sí.

Además, el rotor 103 está conectado al segundo soporte C2 y el segundo engranaje anular R2 mediante los embragues primero y segundo CL1 y CL2, respectivamente, y por lo tanto cuando el primer embrague CL1 está enganchado y el segundo embrague CL2 está desenganchado (a continuación, tal estado enganchado y desenganchado de los embragues se denomina el "primer modo de cambio de velocidad"), la velocidad rotacional de rotor VRO y la velocidad rotacional de segundo soporte VCA2 son iguales entre sí. Además, cuando el primer embrague CL1 está desenganchado y el segundo embrague CL2 está enganchado (a continuación, tal estado enganchado y desenganchado de los embragues se denomina el "segundo modo de cambio de velocidad"), la velocidad rotacional de rotor VRO y la velocidad rotacional de segundo engranaje anular VRI2 son iguales entre sí.

Por lo anterior, la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1, la velocidad del motor NE, la velocidad del vehículo VP, y la velocidad rotacional de rotor VRO están en una relación colineal como la representada por ejemplo en la figura 53(a), en el primer modo de cambio de velocidad, mientras en el segundo modo de cambio de velocidad están en relación colineal como la representada por ejemplo en la figura 53(b).

Como se representa en las figuras 53(a) y 53(b), la distancia entre la línea vertical que representa la velocidad del vehículo VP y la línea vertical que representa la velocidad rotacional de rotor VRO en los nomogramas de velocidad es más corta en el primer modo de cambio de velocidad que en el segundo modo de cambio de velocidad, y por lo tanto una relación entre una diferencia rotacional DN2 entre la velocidad rotacional de rotor VRO y la velocidad del vehículo VP y una diferencia rotacional DN1 entre la velocidad del vehículo VP y la velocidad del motor NE (denominada a continuación la "relación rotacional DN2/DN1") es menor en el primer modo de cambio de velocidad.

En el grupo motor 1L construido como antes, en los casos donde la velocidad rotacional de rotor VRO es demasiado alta, por ejemplo, durante la operación a alta velocidad del vehículo en la que la velocidad del vehículo VP es más alta que la velocidad del motor NE, o cuando la velocidad del vehículo VP es alta durante dicha marcha EV, se usa el primer modo de cambio de velocidad. Con esto, según la presente realización, como es claro por la relación de la relación rotacional DN2/DN 1, la velocidad rotacional de rotor VRO se puede hacer más baja que cuando se usa el segundo modo de cambio de velocidad, de modo que es posible evitar que se produzca fallo de la máquina rotativa 101 porque la velocidad rotacional de rotor VRO sea demasiado alta.

Además, la relación entre las velocidades rotacionales y los pares de los varios elementos rotativos del grupo motor 1L al inicio de la operación de aceleración rápida durante la marcha ENG, es decir, cuando el par demandado de la máquina rotativa 101 es grande, se representa por la figura 54(a) y la figura 54(b) para los respectivos casos de uso de los modos de cambio de velocidad primero y segundo. En este caso, cuando se usa el primer modo de cambio de velocidad, el par demandado de la máquina rotativa 101, es decir, el par de máquina rotativa TMOT se expresa por dicha ecuación (61). Por otra parte, cuando se usa el segundo modo de cambio de velocidad, el par de máquina rotativa TMOT se expresa por la ecuación siguiente (62):

$$TMOT = - \{ \alpha \cdot TENG + (1 + \alpha) TDDW \} / (r1 \cdot r2 + r1 + 1 + \alpha) \dots (62)$$

Como es evidente por una comparación entre estas ecuaciones (61) y (62), el par de máquina rotativa TMOT es menor en el segundo modo de cambio de velocidad con respecto al par transmitido de rueda motriz TDDW y el par motor TENG suponiendo que sus respectivas magnitudes no hayan cambiado. Por lo tanto, el segundo modo de

cambio de velocidad se usa al tiempo de la operación de aceleración rápida durante la marcha ENG.

Según la presente realización, dado que el segundo modo de cambio de velocidad se usa como se ha descrito anteriormente y la potencia eléctrica generada por la máquina rotativa 101 es controlada en base a dicha ecuación (62), es posible reducir el valor máximo de par demandado de la máquina rotativa 101 para reducir más por ello el tamaño y los costos de la máquina rotativa 101.

Además, durante la marcha del vehículo incluyendo la marcha EV y la marcha ENG, un modo de cambio de velocidad que hará posible obtener mayor eficiencia de la máquina rotativa 101 se selecciona de los modos de cambio de velocidad primero y segundo, según la velocidad del vehículo VP durante la parada del motor 3, y según la velocidad del vehículo VP y la velocidad del motor NE durante la operación del motor 3. Con esto, según la presente realización, es posible controlar la velocidad rotacional de rotor VRO a un valor apropiado, y por lo tanto es posible obtener una eficiencia alta de la máquina rotativa 101.

Además, la conmutación entre los modos de cambio de velocidad primero y segundo se lleva a cabo cuando la velocidad rotacional de segundo soporte VCA2 y la velocidad rotacional de segundo engranaje anular VRI2 son iguales entre sí. Con esto, según la presente realización, es posible conmutar suavemente entre los modos de cambio de velocidad primero y segundo manteniendo al mismo tiempo las respectivas rotaciones de las ruedas motrices DW y DW y el motor 3, haciendo por ello posible asegurar una excelente conducibilidad.

Además, durante la marcha ENG y al mismo tiempo durante la transición entre los modos de cambio de velocidad primero y segundo, incluso cuando ambos embragues primero y segundo CL1 y CL2 están desenganchados, como se ha descrito en la séptima realización, parte del par motor TENG puede ser transmitida a las ruedas motrices DW y DW mediante los rotores A2 y A1 25 y 24. Esto hace posible evitar un choque de cambio de velocidad, tal como una repentina disminución de par, por lo que es posible mejorar la comerciabilidad. Además de esto, según la presente realización, es posible obtener los mismos efectos ventajosos que los proporcionados por la séptima realización.

Además, aunque en la presente realización, el segundo engranaje solar S2 está conectado al primer soporte C1, y el segundo engranaje anular R2 está conectado al rotor 103 mediante el segundo embrague CL2, las relaciones de conexión anteriores se pueden invertir, es decir, el segundo engranaje anular R2 se puede conectar al primer soporte C1, y el segundo engranaje solar S2 se puede conectar al rotor 103 mediante el segundo embrague CL2. Además, aunque en la presente realización, los embragues primero y segundo CL1 y CL2 están formados por embragues de rozamiento de discos múltiples, se pueden formar por ejemplo por embragues electromagnéticos.

A continuación, un grupo motor 1M según una decimocuarta realización de la presente invención se describirá con referencia a la figura 55. Este grupo motor 1M se forma añadiendo el mecanismo de freno BL descrito en la sexta realización al grupo motor 1F según la séptima realización. La descripción siguiente versa principalmente sobre los puntos diferentes de la séptima realización.

En el grupo motor 1M, el mecanismo de freno BL formado por el embrague unidireccional OC y la caja CA permite que el primer eje de giro 4 gire solamente cuando realice rotación normal conjuntamente con el cigüeñal 3a, el rotor A2 25 y el primer engranaje solar S1, pero bloquea la rotación del primer eje de giro 4 cuando realiza rotación hacia atrás conjuntamente con el cigüeñal 3a, etc. Se deberá indicar que, en la presente realización, el mecanismo de freno BL corresponde a un mecanismo de freno de la invención según la reivindicación 20.

El grupo motor 1M construido como antes realiza dicha operación de avance lento EV y arranque parado EV de la siguiente manera: el grupo motor 1M suministra potencia eléctrica al estator 23 de la primera máquina rotativa 21 y el estator 102 de la máquina rotativa 101 y hace que el primer campo magnético rotativo generado por el estator 23 según el suministro de la potencia eléctrica realice rotación inversa, y al mismo tiempo el rotor 103 realice rotación normal conjuntamente con el primer engranaje anular R1. Además, el grupo motor 1M controla la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 y la velocidad rotacional de rotor VRO de tal manera que $(1+r1) \cdot I_{VMF1} = \alpha \cdot I_{VRO}$ sea válido. Además, el grupo motor 1M controla la potencia eléctrica suministrada a los estatores 23 y 102 de tal manera que se transmita suficiente par a las ruedas motrices DW y DW.

De forma similar a dicha sexta realización, toda la potencia eléctrica suministrada al estator 23 es transmitida al rotor A1 24 como potencia motriz, para hacer por ello que el rotor A1 24 realice rotación normal. Además, mientras el rotor 103 realiza rotación normal como se ha descrito anteriormente, el primer engranaje solar S1 está bloqueado de manera que no realice rotación inversa por el mecanismo de freno BL, y por lo tanto toda la potencia motriz de la máquina rotativa 101 es transmitida al primer soporte C1 mediante el primer engranaje anular R1 y los primeros engranajes planetarios P1, por lo que se hace que el primer soporte C1 realice rotación normal. Además, la potencia motriz transmitida al rotor A1 24 y el primer soporte C1 es transmitida a las ruedas motrices DW y DW, y como consecuencia, las ruedas motrices DW y DW realizan rotación normal.

Además, en este caso, en el rotor A2 25 y el primer engranaje solar S1, que están bloqueados contra la realización de rotación inversa por el mecanismo de freno BL, a través de dicho control de la primera máquina rotativa 21 y la

máquina rotativa 101, los pares actúan a partir del estator 23 y el rotor 103 de tal manera que los pares hagan que el rotor A2 25 y el primer engranaje solar S1 realicen rotación inversa, respectivamente, por lo que el cigüeñal 3a, el rotor A2 25 y el primer engranaje solar S1 no solamente están bloqueados contra la realización de rotación inversa, sino que también se mantienen estacionarios.

Como se ha descrito anteriormente, según la presente realización, es posible accionar las ruedas motrices DW y DW por la primera máquina rotativa 21 y la máquina rotativa 101 sin usar la potencia motriz de motor. Además, durante el accionamiento de las ruedas motrices DW y DW, el cigüeñal 3a no solamente está bloqueado contra la realización de rotación inversa, sino que también se mantiene estacionario, y por lo tanto se evita que el cigüeñal 3a arrastre el motor 3. Además de esto, según la presente realización, es posible obtener los mismos efectos ventajosos que los proporcionados por la séptima realización.

Se deberá indicar que aunque en las realizaciones séptima a decimocuarta antes descritas, de forma similar a la primera realización, la primera relación de número de pares de polos α de la primera máquina rotativa 21 se pone a 2,0, si la primera relación de número de pares de polos α se pone a menos de 1,0, como es evidente por las figuras 25 y 43, es posible evitar que la eficiencia de accionamiento disminuya por la aparición de pérdida producida porque la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1 sea demasiado alta. Además, aunque en las realizaciones séptima a decimocuarta, la primera relación de engranaje planetario $r1$ de la primera unidad de engranaje planetario PS1 se pone a un valor relativamente grande, poniendo la primera relación de engranaje planetario $r1$ a un valor menor, es posible obtener los efectos ventajosos siguientes:

Como es evidente por la figura 43, si la primera relación de engranaje planetario $r1$ se pone a un valor relativamente grande, cuando la velocidad del vehículo VP es más alta que la velocidad del motor NE (véanse las líneas de punto y trazo en la figura 43), la velocidad rotacional de rotor VRO es más alta que la velocidad del vehículo VP, y a veces es demasiado alta. En contraposición, si la primera relación de engranaje planetario $r1$ se pone a un valor menor, como es evidente por una comparación entre las líneas de trazos y las líneas de punto y trazo en el nomograma de velocidad en la figura 43, la velocidad rotacional de rotor VRO se puede reducir, y por lo tanto es posible evitar que la eficiencia de accionamiento disminuya por la aparición de pérdida producida porque la velocidad rotacional de rotor VRO sea demasiado alta.

Además, aunque en las realizaciones séptima a decimocuarta, el rotor A2 25 y el primer engranaje solar S1 están conectados directamente uno a otro, y el rotor A1 24 y el primer soporte C1 están conectados directamente uno a otro, el rotor A2 25 y el primer engranaje solar S1 no tienen que estar necesariamente conectados directamente uno a otro en la medida en que estén conectados al cigüeñal 3a. Además, el rotor A1 24 y el primer soporte C1 no tienen que estar necesariamente conectados directamente uno a otro en la medida en que estén conectados a las ruedas motrices DW y DW. En este caso, cada una de las transmisiones 111 y 121 en las realizaciones octava y novena se puede formar por dos transmisiones, que se pueden disponer de la siguiente manera: una de las dos transmisiones que forma la transmisión 111 se puede disponer entre el rotor A1 24 y las ruedas motrices DW y DW mientras que la otra se puede disponer entre el primer soporte C1 y las ruedas motrices DW y DW. Además, una de las dos transmisiones que forma la transmisión 121 se puede disponer entre el rotor A2 25 y el cigüeñal 3a mientras que la otra se puede disponer entre el primer engranaje solar S1 y el cigüeñal 3a.

Además, aunque en las realizaciones séptima a decimocuarta, el primer engranaje solar S1 y el primer engranaje anular R1 están conectados al motor 3 y la máquina rotativa 101, respectivamente, las relaciones de conexión anteriores se pueden invertir, es decir, el primer engranaje anular R1 y el primer engranaje solar S1 pueden estar conectados al motor 3 y la máquina rotativa 101, respectivamente. En este caso, al tiempo de la operación de aceleración rápida durante la marcha ENG en la que el par demandado de la máquina rotativa 101 es especialmente grande, el par de máquina rotativa TMOT se expresa por la ecuación siguiente (63):

$$TMOT = - \{ \alpha \cdot TENG + (1 + \alpha) TDDW \} / (r1' + 1 + \alpha) \quad \dots \quad (63)$$

En esta ecuación (63), $r1'$ representa una relación entre el número de los dientes de engranaje del primer engranaje anular R1 y el de los dientes de engranaje del primer engranaje solar S1 (el número de los dientes de engranaje del primer engranaje anular/el número de los dientes de engranaje del primer engranaje solar), y es mayor que 1,0. Como es claro por esta configuración, el hecho de que la primera relación de engranaje planetario $r1$, que es el número de los dientes de engranaje del primer engranaje solar S1/el número de los dientes de engranaje del primer engranaje anular R1, como se ha descrito anteriormente, es menor que 1,0, y dichas ecuaciones (61) y (63), el par de máquina rotativa TMOT se puede reducir, haciendo por ello posible reducir más el tamaño y los costos de la máquina rotativa 101.

A continuación, un grupo motor 1N según una decimoquinta realización de la presente invención se describirá con referencia a la figura 56. Este grupo motor 1N se distingue del grupo motor 1 según la primera realización solamente

en que incluye la primera unidad de engranaje planetario PS1 y la máquina rotativa 101, descrita en la séptima realización, en lugar de la primera máquina rotativa 21. La descripción siguiente versa principalmente sobre los puntos diferentes de la primera realización.

Como se representa en la figura 56, el primer soporte C1 de la primera unidad de engranaje planetario PS1 y el rotor B1 34 de la segunda máquina rotativa 31 están conectados mecánicamente directamente uno a otro mediante el primer eje de giro 4, y están conectados mecánicamente directamente al cigüeñal 3a mediante el primer eje de giro 4 y el volante 5. Además, el rotor B2 35 de la segunda máquina rotativa 31 está conectado mecánicamente directamente al primer engranaje solar S1 de la primera unidad de engranaje planetario PS1 mediante el eje de conexión 6, y está conectado mecánicamente a las ruedas motrices DW y DW mediante el segundo eje de giro 7, el engranaje 7b, el primer engranaje 8b, el eje loco 8, el segundo engranaje 8c, el engranaje 9a, el mecanismo de engranajes diferenciales 9, etc. En resumen, el primer engranaje solar S1 y el rotor B2 35 están conectados mecánicamente a las ruedas motrices DW y DW. Además, el estator 102 está conectado eléctricamente a la batería 43 mediante la primera PDU 41. Más específicamente, el estator 102 de la máquina rotativa 101 y el estator 33 de la segunda máquina rotativa 31 están conectados eléctricamente uno a otro mediante las PDUs primera y segunda 41 y 42.

Se deberá indicar que, en la presente realización, de forma similar a la séptima realización, el cigüeñal 3a corresponde a una primera porción de salida en la invención según la reivindicación 8, y la primera unidad de engranaje planetario P51, el primer engranaje solar S1, el primer soporte C1, y el primer engranaje anular R1 corresponden al engranaje diferencial, el primer elemento, el segundo elemento, y el tercer elemento en la invención según la reivindicación 8, respectivamente. Además, la segunda máquina rotativa 31 corresponde a la primera máquina rotativa en la invención según la reivindicación 8, y el núcleo de hierro 33a y las bobinas de fase U a fase W 33b corresponden a los inducidos en la invención según la reivindicación 8. Además, los rotores B1 y B2 34 y 35 corresponden a los rotores primero y segundo en la invención según la reivindicación 8, respectivamente, y los imanes permanentes 34a y los núcleos 35a corresponden a los polos magnéticos y los elementos magnéticos de material blando en la invención según la reivindicación 8, respectivamente. Además, la máquina rotativa 101 y el rotor 103 corresponden a la segunda máquina rotativa y la segunda porción de salida en la invención según la reivindicación 8, respectivamente; la segunda PDU 42 y la UEC 2 corresponden al primer controlador en la invención según la reivindicación 8; y la primera PDU 41 y la UEC 2 corresponden al segundo controlador en la invención según la reivindicación 8. Además, la batería 43 corresponde al dispositivo de almacenamiento de potencia eléctrica en la invención según la reivindicación 9.

La posición de ángulo rotacional del rotor 103 de la máquina rotativa 101 es detectada por dicho sensor de ángulo rotacional 59, de forma similar a la séptima realización. Además, la UEC 2 calcula la velocidad rotacional de rotor VRO en base a la posición de ángulo rotacional detectada del rotor 103, y controla la primera PDU 41 para controlar por ello la potencia eléctrica suministrada al estator 102 de la máquina rotativa 101, la potencia eléctrica generada por el estator 102, y la velocidad rotacional de rotor VRO.

Como se ha descrito anteriormente, el grupo motor 1N según la presente realización se distingue del grupo motor 1 según la primera realización solamente en que la primera máquina rotativa 21 es sustituida por la primera unidad de engranaje planetario PS1 y la máquina rotativa 101, y tiene las mismas funciones que las del grupo motor 1. Además, en el grupo motor 1N, las operaciones en los varios modos de operación, tales como el avance lento EV, descritos en la primera realización, se realizan de la misma manera que en el grupo motor 1. En este caso, las operaciones en estos modos de operación se realizan sustituyendo los varios parámetros (por ejemplo, la velocidad rotacional de primer campo magnético VMF1) con relación a la primera máquina rotativa 21 por varios parámetros correspondientes con relación a la máquina rotativa 101. A continuación, se describen brevemente los modos de operación centrando la descripción en los puntos diferentes de la primera realización.

Avance lento EV

De forma similar a la primera realización, durante el avance lento EV, se suministra potencia eléctrica desde la batería 43 al estator 33 de la segunda máquina rotativa 31, y se hace que el segundo campo magnético rotativo realice rotación normal. Además, la generación de potencia eléctrica la realiza el estator 102 usando potencia motriz transmitida al rotor 103 de la máquina rotativa 101, como se describe a continuación, y la potencia eléctrica generada es suministrada al estator 23. De acuerdo con ello, como se ha descrito con respecto a la primera realización, el segundo par equivalente de accionamiento TSE2 del estator 33 actúa en el rotor B2 35 haciendo que el rotor B2 35 efectúe rotación normal, y actúa en el rotor B1 34 haciendo que el rotor B1 34 realice rotación inversa. Además, parte de par transmitido al rotor B2 35 es transmitido a las ruedas motrices DW y DW mediante el segundo eje de giro 7, etc, haciendo por ello que las ruedas motrices DW y DW realicen rotación normal.

Además, durante el avance lento EV, el resto del par transmitido al rotor B2 35 es transmitido al primer engranaje solar S1 mediante el eje de conexión 6, y luego, junto con la generación de potencia eléctrica por el estator 102 de la máquina rotativa 101, es transmitido al estator 102 como energía eléctrica mediante los primeros engranajes planetarios P1, el primer engranaje anular R1 y el rotor 103. Además, en este caso, dado que el rotor 103 realiza rotación inversa, el par de máquina rotativa TMOT generado junto con la generación de potencia eléctrica por el

estator 102 es transmitido al primer soporte C1 mediante el primer engranaje anular R1 y los primeros engranajes planetarios P1, actuando por ello en el primer soporte C1 haciendo que el primer soporte C1 realice rotación normal. Además, el par transmitido al primer engranaje solar S1 de modo que se equilibre con el par de máquina rotativa TMOT, también se transmite al primer soporte C1 mediante los primeros engranajes planetarios P1, actuando por

ello en el primer soporte C1 haciendo que el primer soporte C1 realice rotación normal.

En este caso, la potencia eléctrica suministrada al estator 33 y la potencia eléctrica generada por el estator 102 son controladas de tal manera que dicho par para hacer que el rotor B1 34 realice rotación inversa y los pares para hacer que el primer soporte C1 realice rotación normal se equilibran uno con otro, por lo que el rotor B1 34, el primer soporte C1 y el cigüeñal 3a, que están conectados uno a otro, se mantienen estacionarios. Como consecuencia, durante el avance lento EV, la velocidad rotacional de rotor B1 VRB1 y la velocidad rotacional de primer soporte VCA1 son iguales a 0, y la velocidad del motor NE también es igual a 0.

Además, durante el avance lento EV, la potencia eléctrica suministrada al estator 33, la potencia eléctrica generada por el estator 102, la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 y la velocidad rotacional de rotor VRO son controladas de tal manera que las relaciones de velocidad expresadas por dichas ecuaciones (54) y (59) se mantengan y al mismo tiempo la velocidad rotacional de rotor B2 VRB2 y la velocidad rotacional de primer engranaje solar VSU1 son muy pequeñas. Con esto, se lleva a cabo la operación de avance lento con una velocidad muy baja del vehículo VP. Como se ha descrito anteriormente, es posible realizar la operación de avance lento usando la máquina rotativa 101 y la segunda máquina rotativa 31 en un estado donde el motor 3 está parado.

Arranque parado EV

Al tiempo del arranque parado EV, la potencia eléctrica suministrada al estator 33 de la segunda máquina rotativa 31 y la potencia eléctrica generada por el estator 102 de la máquina rotativa 101 se incrementan. Además, manteniendo al mismo tiempo las relaciones entre las velocidades rotacionales representadas en las ecuaciones (54) y (59) y manteniendo al mismo tiempo la velocidad del motor NE a 0, la velocidad rotacional de rotor VRO del rotor 103 que ha estado realizando rotación inversa durante el avance lento EV y la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 del segundo campo magnético rotativo que ha estado realizando rotación normal durante el avance lento EV se incrementan en las mismas direcciones de rotación en que estaban. Por lo anterior, la velocidad del vehículo VP se incrementa haciendo que el vehículo arranque.

Arranque ENG durante la marcha EV

Al tiempo del arranque ENG durante la marcha EV, manteniendo al mismo tiempo la velocidad del vehículo VP al valor asumido entonces, la velocidad rotacional de rotor VRO del rotor 103 que ha estado realizando rotación inversa durante el arranque parado EV, como se ha descrito anteriormente, es controlada a 0, y la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 del segundo campo magnético rotativo que ha estado realizando rotación normal durante el arranque parado EV, es controlada de tal manera que se baje. Entonces, después de que la velocidad rotacional de rotor VRO es igual a 0, se suministra potencia eléctrica desde la batería 43 no solamente al estator 33 de la segunda máquina rotativa 31, sino también al estator 102 de la máquina rotativa 101, por lo que se hace que el rotor 103 realice rotación normal, y se hace que la velocidad rotacional de rotor VRO se incremente.

La potencia eléctrica es suministrada al estator 33 como se ha descrito anteriormente, por lo que, como se ha descrito con respecto a la primera realización, el segundo par equivalente de accionamiento TSE2 y el par transmitido al rotor B1 34, como se describe a continuación, se combinan, y el par combinado es transmitido al rotor B2 35. Además, parte del par transmitido al rotor B2 35 es transmitida al primer engranaje solar S1 mediante el eje de conexión 6, y el resto es transmitido a las ruedas motrices DW y DW mediante el segundo eje de giro 7, etc.

Además, al tiempo del arranque ENG durante la marcha EV, la potencia eléctrica es suministrada desde la batería 43 al estator 102, por lo que, dado que el par de máquina rotativa TMOT es transmitido al primer soporte C1 mediante el primer engranaje anular R1 y los primeros engranajes planetarios P1, el par transmitido al primer engranaje solar S1, como se ha descrito anteriormente, es transmitido al primer soporte C1 mediante los primeros engranajes planetarios P1. Además, parte del par transmitido al primer soporte C1 es transmitida al rotor B1 34 mediante el primer eje de giro 4, y el resto es transmitido al cigüeñal 3a mediante el primer eje de giro 4, etc., por lo que el cigüeñal 3a realiza rotación normal. Además, en este caso, la potencia eléctrica suministrada a los estatores 33 y 102 es controlada de tal manera que se transmita suficiente potencia motriz a las ruedas motrices DW y DW y el motor 3.

Por lo anterior, al tiempo del arranque ENG durante la marcha EV, la velocidad del vehículo VP se mantiene al valor asumido entonces, y la velocidad del motor NE se incrementa. En este estado, de forma similar a la primera realización, la operación de encendido de las válvulas de inyección de carburante y las bujías del motor 3 es controlada según la posición de ángulo de calado, por lo que el motor 3 arranca. Además, controlando la velocidad rotacional de rotor VRO y la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2, la velocidad del motor NE es controlada a un valor relativamente pequeño adecuado para arrancar el motor 3.

La figura 57 representa un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales y los pares de los varios elementos rotativos del grupo motor 1N al tiempo del arranque ENG durante la marcha EV. Como es evidente por la relación de conexión antes descrita entre los varios elementos rotativos, la velocidad rotacional de primer soporte VCA1, la velocidad rotacional de rotor B1 VRB1 y la velocidad del motor NE son iguales entre sí; la velocidad rotacional de primer engranaje solar VSU1 y la velocidad rotacional de rotor B2 VRB2 son iguales entre sí; y la velocidad rotacional de primer engranaje anular VRI1 y la velocidad rotacional de rotor VRO son iguales entre sí. Además, suponiendo que el mecanismo de engranajes diferenciales 9 o análogos no efectúa ningún cambio en la velocidad, la velocidad del vehículo VP, la velocidad rotacional de primer engranaje solar VSU1 y la velocidad rotacional de rotor B2 VRB2 son iguales entre sí. A partir de esto y de las ecuaciones (54) y (59), la relación entre estas velocidades rotacionales VCA1, VRB1, NE, VSU1, VRB2, VP, VRI1 y VRO, y la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 se ilustra por ejemplo en la figura 57.

En este caso, como es evidente por la figura 57, el segundo par equivalente de accionamiento TSE2 es transmitido a ambas ruedas de accionamiento DW y DW y el cigüeñal 3a usando el par de máquina rotativa TMOT como una fuerza de reacción, de modo que el par demandado de la máquina rotativa 101 sea mayor que en los otros casos. En este caso, el par demandado de la máquina rotativa 101, es decir, el par de máquina rotativa TMOT se expresa por la ecuación siguiente (64):

$$TMOT = - \{ \beta \cdot TDDW + (1 + \beta) TDENG \} / (r1 + 1 + \beta) \quad \dots (64)$$

Como es claro por esta ecuación (64), cuando la primera relación de engranaje planetario r1 es mayor, el par de máquina rotativa TMOT es menor con respecto al par transmitido de rueda motriz TDDW y el par transmitido de motor TDENG suponiendo que sus respectivas magnitudes no hayan cambiado. Como se ha descrito anteriormente, dado que la primera relación de engranaje planetario r1 se pone a un valor relativamente grande de los valores que puede tomar una unidad de engranaje planetario general, es posible reducir el tamaño y los costos de la máquina rotativa 101.

Marcha ENG

Durante la marcha ENG, las operaciones en el modo de entrada/salida de batería cero, el modo de asistencia, y el modo de carga al tiempo de accionamiento son ejecutadas según las condiciones de ejecución descritas con respecto a la primera realización. En el modo de entrada/salida de batería cero, usando la potencia motriz de motor transmitida al rotor 103, la generación de potencia eléctrica la lleva a cabo el estator 102 de la máquina rotativa 101, y la potencia eléctrica generada es suministrada al estator 33 de la segunda máquina rotativa 31 sin cargarla en la batería 43. En este caso, a través de la generación de potencia eléctrica por el estator 102, parte del par motor TENG es transmitida al rotor 103 mediante el primer soporte C1, los primeros engranajes planetarios P1 y el primer engranaje anular R1, y junto con esto, parte del par motor TENG es transmitida también al primer engranaje solar S1 mediante el primer soporte C1 y los primeros engranajes planetarios P1. En resumen, parte del par motor TENG es distribuida al primer engranaje solar S1 y el primer engranaje anular R1.

Además, el resto del par motor TENG es transmitido al rotor B1 34 mediante el primer eje de giro 4. Además, de forma similar al caso del arranque ENG durante la marcha EV, el segundo par equivalente de accionamiento TSE2 y el par transmitido al rotor B1 34, como se ha descrito anteriormente, se combinan, y el par combinado es transmitido al rotor B2 35. Además, el par motor TENG distribuido al primer engranaje solar S1, como se ha descrito anteriormente, también se transmite al rotor B2 35 mediante el eje de conexión 6.

Como se ha descrito anteriormente, el par combinado formado combinando el par motor TENG distribuido al primer engranaje solar S1, el segundo par equivalente de accionamiento TSE2, y el par motor TENG transmitido al rotor B1 34, es transmitido al rotor B2 35. Además, este par combinado es transmitido a las ruedas motrices DW y DW por ejemplo mediante el segundo eje de giro 7. Como consecuencia, en el modo de entrada/salida de batería cero, suponiendo que no haya pérdida de transmisión producida por los engranajes, se transmite potencia motriz de magnitud igual a la potencia motriz de motor a las ruedas motrices DW y DW, de forma similar a la primera realización.

Además, en el modo de entrada/salida de batería cero, la potencia motriz de motor es transmitida a las ruedas motrices DW y DW cambiando al mismo tiempo su velocidad de forma progresiva mediante el control de la velocidad rotacional de rotor VRO y la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2. En resumen, la primera unidad de engranaje planetario PS1, la máquina rotativa 101 y la segunda máquina rotativa 31 funcionan como una transmisión no etápica.

Más específicamente, como indican líneas de dos puntos y trazo en la figura 58, manteniendo al mismo tiempo las relaciones de velocidad expresadas por dichas ecuaciones (59) y (54), incrementando la velocidad rotacional de

rotor VRO y disminuyendo la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 con respecto a la velocidad rotacional de primer soporte VCA1 y la velocidad rotacional de rotor B1 VRB1, es decir, la velocidad del motor NE, es posible reducir de forma progresiva la velocidad rotacional de primer engranaje solar VSU1 y la velocidad rotacional de rotor B2 VRB2, es decir, la velocidad del vehículo VP. Inversamente, como indican las líneas de punto y trazo en la figura 58, disminuyendo la velocidad rotacional de rotor VRO e incrementando la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 con respecto a la velocidad del motor NE, es posible aumentar de forma progresiva la velocidad del vehículo VP. Además, en este caso, la velocidad rotacional de rotor VRO y la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 son controladas de tal manera que la velocidad del motor NE sea igual a la velocidad deseada del motor.

Como se ha descrito anteriormente, en el modo de entrada/salida de batería cero, después de ser dividida una vez por la primera unidad de engranaje planetario PS1, la máquina rotativa 101 y la segunda máquina rotativa 31, la potencia motriz de motor es transmitida al rotor B2 35 mediante los recorridos de transmisión primero a tercero siguientes, y luego es transmitida a las ruedas motrices DW y DW en un estado combinado.

Primer recorrido de transmisión: primer soporte C1 → primeros engranajes planetarios P1 → primer engranaje solar S1 → eje de conexión 6 → rotor B2 35

Segundo recorrido de transmisión: rotor B1 34 → fuerzas magnéticas producidas por líneas de fuerza magnética → rotor B2 35

Tercer recorrido de transmisión: primer soporte C1 → primeros engranajes planetarios P1 → primer engranaje anular R1 → rotor 103 → estator 102 → primera PDU 41 → segunda PDU 42 → estator 33 → fuerzas magnéticas producidas por líneas de fuerza magnética → rotor B2 35

En los recorridos de transmisión primero y segundo anteriores, la potencia motriz de motor es transmitida a las ruedas motrices DW y DW por los recorridos magnéticos y los recorridos mecánicos sin ser convertida a potencia eléctrica. Además, en el tercer recorrido de transmisión, la potencia motriz de motor es transmitida a las ruedas motrices DW y DW por el recorrido eléctrico.

Además, en el modo de entrada/salida de batería cero, la potencia eléctrica generada por el estator 102, la velocidad rotacional de rotor VRO y la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 son controladas de tal manera que las relaciones de velocidad expresadas por las ecuaciones (59) y (54) se mantengan.

Más específicamente, en los modos de asistencia, el estator 102 de la máquina rotativa 101 genera potencia eléctrica, y se suministra potencia eléctrica cargada en la batería 43 al estator 33 de la segunda máquina rotativa 31 además de la potencia eléctrica generada por el estator 102. Por lo tanto, el segundo par equivalente de accionamiento TSE2 en base a la potencia eléctrica suministrada del estator 102 y la batería 43 al estator 33 es transmitido al rotor B2 35. Además, de forma similar al modo de entrada/salida de batería cero antes descrito, este segundo par equivalente de accionamiento TSE2, el par motor TENG distribuido al primer engranaje solar S1 junto con la generación de potencia eléctrica por el estator 102, y el par motor TENG transmitido al rotor B1 34 se combinan, y el par combinado es transmitido a las ruedas motrices DW y DW mediante el rotor B2 35. Como resultado, en el modo de asistencia, suponiendo que no haya pérdida de transmisión producida por los engranajes o análogos, de forma similar a la primera realización, la potencia motriz transmitida a las ruedas motrices DW y DW es igual a la suma de la potencia motriz de motor y la potencia eléctrica (energía) suministrada desde la batería 43.

Además, en el modo de asistencia, la potencia eléctrica generada por el estator 102, la potencia eléctrica suministrada desde la batería 43 al estator 33, la velocidad rotacional de rotor VRO, y la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 son controladas de tal manera que las relaciones de velocidad expresadas por dichas ecuaciones (59) y (54) se mantengan. Como consecuencia, de forma similar a la primera realización, la cantidad insuficiente de la potencia motriz de motor con respecto a la potencia motriz demandada del vehículo es compensada por el suministro de potencia eléctrica de la batería 43 al estator 33 de la segunda máquina rotativa 31. Se deberá indicar que, cuando la cantidad insuficiente de la potencia motriz de motor con respecto a la potencia motriz demandada del vehículo es relativamente grande, se suministra potencia eléctrica desde la batería 43 no solamente al estator 33 de la segunda máquina rotativa 31, sino también al estator 102 de la máquina rotativa 101.

Además, en el modo de carga al tiempo de accionamiento, potencia eléctrica, que tiene una magnitud obtenida restando la potencia eléctrica cargada en la batería 43 de la potencia eléctrica generada por el estator 102 de la máquina rotativa 101, es suministrada al estator 33 de la segunda máquina rotativa 31, y el segundo par equivalente de accionamiento TSE2 en base a esta potencia eléctrica es transmitido al rotor B2 35. Además, de forma similar al modo de entrada/salida de batería cero, este segundo par equivalente de accionamiento TSE2, el par motor TENG distribuido al primer engranaje solar S1 junto con la generación de potencia eléctrica por el estator 102, y el par motor TENG transmitido al rotor B1 34 se combinan, y el par combinado es transmitido a las ruedas motrices DW y DW mediante el rotor B2 35. Como resultado, en el modo de carga al tiempo de accionamiento, suponiendo que no haya pérdida de transmisión producida por los engranajes o análogos, de forma similar a la primera realización, la potencia motriz transmitida a las ruedas motrices DW y DW tiene una magnitud obtenida restando la potencia

eléctrica (energía) cargada en la batería 43 a partir de la potencia motriz de motor.

Además, en el modo de carga al tiempo de accionamiento, la potencia eléctrica generada por el estator 102, la potencia eléctrica cargada en la batería 43, la velocidad rotacional de rotor VRO, y la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 son controladas de tal manera que las relaciones de velocidad expresadas por las ecuaciones (59) y (54) se mantengan. Como resultado, de forma similar a la primera realización, la cantidad excedente de la potencia motriz de motor con respecto a la potencia motriz demandada del vehículo es convertida a potencia eléctrica por el estator 102 de la máquina rotativa 101, y se carga en la batería 43.

Además, durante la marcha ENG, cuando la potencia eléctrica generada por el estator 102 de la máquina rotativa 101 es controlada de tal manera que el par de máquina rotativa TMOT sea igual a $1/(1+r1)$ del par motor TENG, es posible transmitir la potencia motriz del motor 3 a las ruedas motrices DW y DW solamente por los recorridos magnéticos. En este caso, se transmite a las ruedas motrices DW y DW un par que tiene una magnitud $r1/(1+r1)$ veces la del par motor TENG.

Además, al tiempo de la operación de aceleración rápida durante la marcha ENG descrita en la primera realización, el motor 3, la máquina rotativa 101 y la segunda máquina rotativa 31 son controlados de la siguiente manera: la figura 59 representa un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales y los pares de los varios elementos rotativos al inicio de la operación de aceleración rápida durante la marcha ENG. En este caso, de forma similar a la primera realización, la velocidad del motor NE se incrementa a una velocidad predeterminada del motor tal que haga posible obtener su par máximo. Además, como se representa en la figura 59, la velocidad del vehículo VP no se incrementa inmediatamente, y por lo tanto, cuando la velocidad del motor NE es más alta que la velocidad del vehículo VP, la diferencia entre la velocidad del motor NE y la velocidad del vehículo VP es mayor, de modo que la dirección de rotación del segundo campo magnético rotativo determinada por la relación entre los dos es la dirección de rotación inversa. Con el fin de hacer que el par positivo del estator 33 que genera dicho segundo campo magnético rotativo actúe en las ruedas motrices DW y DW, el estator 33 realiza generación de potencia eléctrica. Además, la potencia eléctrica generada por el estator 33 es suministrada al estator 102 de la máquina rotativa 101 haciendo que el rotor 103 realice rotación normal.

Como se ha descrito anteriormente, el par motor TENG, el par de máquina rotativa TMOT, y el segundo par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE2 son transmitidos a las ruedas motrices DW y DW como par positivo, lo que da lugar a un aumento rápido de la velocidad del vehículo VP. Además, al inicio de la operación de aceleración rápida durante la marcha ENG, como es evidente por la figura 59, el par motor TENG y el par de máquina rotativa TMOT son transmitidos a las ruedas motrices DW y DW usando el segundo par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE2 como una fuerza de reacción, de modo que el par demandado de la segunda máquina rotativa 31 sea mayor que en los otros casos. En este caso, el par demandado de la segunda máquina rotativa 31, es decir el segundo par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE2 se expresa por la ecuación siguiente (65):

$$TGE2 = - \{ r1 \cdot TENG + (1+r1) TDDW \} / (\beta + 1 + r1) \quad \dots \quad (65)$$

Como es evidente por la ecuación (65), cuando la segunda relación de número de pares de polos β es mayor, el par de máquina rotativa TMOT es menor con respecto al par transmitido de rueda motriz TDDW y el par motor TENG suponiendo que sus respectivas magnitudes no hayan cambiado. En la presente realización, la segunda relación de número de pares de polos β se pone a 2,0, y por lo tanto de forma similar a la primera realización, es posible reducir el tamaño y los costos de la segunda máquina rotativa 31.

Regeneración de deceleración

Durante la regeneración de deceleración, cuando la relación del par de las ruedas motrices DW y DW transmitido al motor 3 al par de las ruedas motrices DW y DW (par por inercia) es pequeño, la generación de potencia eléctrica la llevan a cabo los estatores 102 y 33 usando parte de la potencia motriz de las ruedas motrices DW y DW, y la potencia eléctrica generada es cargada en la batería 43. Junto con la generación de potencia eléctrica por el estator 33, el par combinado formado combinando el par de las ruedas motrices DW y DW y el par distribuido al primer engranaje solar S1, como se describe a continuación, es transmitido al rotor B2 35. Además, el par combinado transmitido al rotor B2 35 es distribuido al estator 33 y el rotor B1 34.

Además, parte del par distribuido al rotor B1 34 es transmitida al motor 3, y el resto, de forma similar al caso de dicho modo de entrada/salida de batería cero, es transmitido al primer soporte C1 junto con la generación de potencia eléctrica por el estator 102, y luego es distribuido al estator 102 y el primer engranaje solar S1. Además, el par distribuido al primer engranaje solar S1 es transmitido al rotor B2 35. Como resultado, durante la regeneración de deceleración, suponiendo que no haya pérdida de transmisión producida por los engranajes o análogos, de forma similar a la primera realización, la suma de la potencia motriz transmitida al motor 3 y la potencia eléctrica (energía)

cargada en la batería 43 es igual a la potencia motriz de las ruedas motrices DW y DW.

Arranque ENG durante la parada del vehículo

- 5 Al tiempo del arranque ENG durante la parada del vehículo, se suministra potencia eléctrica desde la batería 43 al estator 102 de la máquina rotativa 101, haciendo por ello que el rotor 103 realice rotación normal y haciendo que el estator 33 de la segunda máquina rotativa 31 realice generación de potencia eléctrica para suministrar también la potencia eléctrica generada al estator 102. El par de máquina rotativa TMOT transmitido al primer engranaje anular R1 según el suministro de la potencia eléctrica al estator 102 es transmitido al primer soporte C1 y el primer engranaje solar S1 mediante los primeros engranajes planetarios P1, actuando por ello en el primer soporte C1 haciendo que el primer soporte C1 realice rotación normal y actuando en el primer engranaje solar S1 haciendo que el primer engranaje solar S1 lleve a cabo rotación inversa. Además, parte del par transmitido al primer soporte C1 es transmitida al cigüeñal 3a, por lo que el cigüeñal 3a realiza rotación normal.
- 10
- 15 Además, al tiempo del arranque ENG durante la parada del vehículo, el resto del par transmitido al primer soporte C1 es transmitido al rotor B1 34, y luego es transmitido al estator 33 como energía eléctrica junto con la generación de potencia eléctrica por el estator 33 de la segunda máquina rotativa 31. Además, en este caso, como se ha descrito con respecto a la primera realización, el segundo campo magnético rotativo realiza rotación inversa. Como resultado, el segundo par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE2 generado junto con la generación de potencia eléctrica por el estator 33 actúa en el rotor B2 35 haciendo que el rotor B2 35 efectúe rotación normal. Además, el par transmitido al rotor B1 34 de modo que se equilibre con el segundo par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE2, también se transmite al rotor B2 35, actuando por ello en el rotor B2 35 haciendo que el rotor B2 35 efectúe rotación normal.
- 20
- 25 En este caso, la potencia eléctrica suministrada al estator 102 de la máquina rotativa 101 y la potencia eléctrica generada por el estator 33 de la segunda máquina rotativa 31 son controladas de tal manera que dicho par para hacer que el primer engranaje solar S1 realice rotación inversa y los pares para hacer que el rotor B2 35 realice rotación normal, se equilibran uno con otro, por lo que el primer engranaje solar S1, el rotor B2 35 y las ruedas motrices DW y DW, que están conectados uno a otro, se mantienen estacionarios. Como consecuencia, la velocidad rotacional de primer engranaje solar VSU1 y la velocidad rotacional de rotor B2 VRB2 son iguales a 0, y la velocidad del vehículo VP también es igual a 0.
- 30
- Además, en este caso, la potencia eléctrica suministrada al estator 102, la potencia eléctrica generada por el estator 33, la velocidad rotacional de rotor VRO, y la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 son controladas de tal manera que las relaciones de velocidad expresadas por las ecuaciones (59) y (54) se mantengan y al mismo tiempo la velocidad rotacional de primer soporte VCA1 y la velocidad rotacional de rotor B1 VRB1 toman valores relativamente pequeños. Con esto, al tiempo del arranque ENG durante la parada del vehículo, de forma similar a la primera realización, manteniendo al mismo tiempo la velocidad del vehículo VP a 0, la velocidad del motor NE es controlada a un valor relativamente pequeño adecuado para el arranque del motor 3. Además, en este estado, la operación de encendido de las válvulas de inyección de carburante y las bujías del motor 3 es controlada según la posición de ángulo de calado, por lo que el motor 3 arranca.
- 35
- 40

Avance lento ENG

- 45 Durante el avance lento ENG, la generación de potencia eléctrica la realizan los estatores 102 y 33. Además, la potencia eléctrica así generada por los estatores 102 y 33 es cargada en la batería 43. De forma similar al caso de dicho modo de entrada/salida de batería cero, junto con dicha generación de potencia eléctrica por el estator 102, parte del par motor TENG es transmitida al primer soporte C1, y el par motor TENG transmitido al primer soporte C1 es distribuido al estator 102 y el primer engranaje solar S1. Además, de forma similar a la primera realización, el segundo campo magnético rotativo generado por dicha generación de potencia eléctrica por el estator 33 realiza rotación inversa. Como resultado, el segundo par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE2 generado junto con la generación de potencia eléctrica antes descrita por el estator 33 actúa en el rotor B2 35 haciendo que el rotor B2 35 efectúe rotación normal. Además, el par motor TENG transmitido al rotor B1 34 de tal manera que se equilibre con el segundo par equivalente de generación de potencia eléctrica TGE2, también se transmite al rotor B2 35, actuando por ello en el rotor B2 35 haciendo que el rotor B2 35 efectúe rotación normal. Además, el par motor TENG distribuido al primer engranaje solar S1 como se ha descrito anteriormente es transmitido al rotor B2 35.
- 50
- 55
- Como se ha descrito anteriormente, durante el avance lento ENG, el par combinado formado combinando el par motor TENG distribuido al primer engranaje solar S1, el segundo par equivalente de generación de potencia eléctrica TG E2, y el par motor TENG transmitido al rotor B1 34 es transmitido al rotor B2 35. Además, este par combinado es transmitido a las ruedas motrices DW y DW, para hacer que las ruedas motrices DW y DW realicen rotación normal. Además, la potencia eléctrica generada por los estatores 102 y 33, la velocidad rotacional de rotor VRO, y la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 son controladas de tal manera que la velocidad rotacional de primer engranaje solar VSU1 y la velocidad rotacional de rotor B2 VRB2, es decir, la velocidad del vehículo VP sea muy pequeña, por lo que la operación de avance lento se lleva a cabo.
- 60
- 65

Además, durante el avance lento ENG, como se ha descrito anteriormente, el par motor TENG distribuido al primer engranaje solar S1 junto con la generación de potencia eléctrica por el estator 102 y el par motor TENG transmitido al rotor B2 35 mediante el rotor B1 34 junto con la generación de potencia eléctrica por el estator 33 son transmitidos a las ruedas motrices DW y DW. Así, de forma similar a la primera realización, parte del par motor TENG puede ser transmitida a las ruedas motrices DW y DW, y por lo tanto es posible realizar la operación de avance lento sin hacer que el motor se cale.

Arranque parado basado en ENG

Al tiempo del arranque parado basado en ENG, la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 del segundo campo magnético rotativo que ha estado realizando rotación inversa durante el avance lento ENG, es controlada de tal manera que sea igual a 0, se hace que la velocidad rotacional de rotor VRO del rotor 103 que ha estado realizando rotación normal durante el avance lento ENG se incremente, y se hace que la potencia motriz de motor se incremente. Entonces, después de que la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 es igual a 0, se lleva a cabo la operación en dicho modo de entrada/salida de batería cero. Con esto, la velocidad del vehículo VP se incrementa, haciendo que el vehículo arranque.

Como se ha descrito hasta ahora, según la presente realización, la segunda máquina rotativa 31 tiene las mismas funciones que las de un aparato formado combinando una unidad de engranaje planetario y una máquina rotativa general del tipo de un rotor, de modo que, de forma diferente a dicho grupo motor convencional, el grupo motor 1N no requiera dos unidades de engranaje planetario para distribuir y combinar potencia motriz para transmisión, respectivamente, sino que requiere solamente la primera unidad de engranaje planetario PS1. Esto hace posible reducir el tamaño del grupo motor 1N en la medida correspondiente. Además, en el grupo motor 1N, como ya se ha descrito en la descripción de la operación en el modo de entrada/salida de batería cero, de forma diferente al caso convencional antes descrito, la potencia motriz de motor es transmitida a las ruedas motrices DW y DW sin ser recirculada, de modo que es posible reducir la potencia motriz que pasa a través de la primera unidad de engranaje planetario PS1, la máquina rotativa 101, y la segunda máquina rotativa 31. Esto hace posible reducir los tamaños y los costos de la primera unidad de engranaje planetario PS1, la máquina rotativa 101, y la segunda máquina rotativa 31, haciendo por ello posible lograr una reducción adicional del tamaño y los costos del grupo motor 1N. Además, se usan la primera unidad de engranaje planetario PS1, la máquina rotativa 101, y la segunda máquina rotativa 31, teniendo cada una de ellas una capacidad de par correspondiente a la potencia motriz reducida como se ha descrito anteriormente, haciendo por ello posible evitar la pérdida de potencia motriz mejorando la eficiencia de accionamiento del grupo motor 1N.

Además, la potencia motriz de motor es transmitida a las ruedas motrices DW y DW en un estado dividido mediante un total de tres recorridos de transmisión: un primer recorrido de transmisión (el primer soporte C1, los primeros engranajes planetarios P1, el primer engranaje solar S1, el eje de conexión 6, y el rotor B2 35), un segundo recorrido de transmisión (el rotor B1 34, las fuerzas magnéticas producidas por líneas de fuerza magnética, y el rotor B2 35), y un tercer recorrido de transmisión (el primer soporte C1, los primeros engranajes planetarios P1, el primer engranaje anular R1, el rotor 103, el estator 102, la primera PDU 41, la segunda PDU 42, el estator 33, las fuerzas magnéticas producidas por líneas de fuerza magnética, y el rotor B2 35). Esto hace posible reducir la potencia eléctrica (energía) que pasa a través de las PDUs primera y segunda 41 y 42 mediante el tercer recorrido de transmisión, de modo que es posible reducir los tamaños y los costos de las PDUs primera y segunda 41 y 42, haciendo por ello posible lograr una reducción adicional del tamaño y los costos del grupo motor 1N.

Además, como se ha descrito anteriormente con referencia a la figura 58, la potencia motriz de motor es transmitida a las ruedas motrices DW y DW cambiando al mismo tiempo su velocidad de forma progresiva mediante el control de la velocidad rotacional de rotor VRO y la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2. Además, en este caso, la velocidad rotacional de rotor VRO y la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 son controladas de tal manera que la velocidad del motor NE sea igual a la velocidad deseada del motor puesta a un valor tal que sea posible obtener el ahorro óptimo de carburante del motor 3, y por lo tanto es posible accionar las ruedas motrices DW y DW controlando al mismo tiempo la potencia motriz de motor de tal manera que se pueda obtener el ahorro óptimo de carburante del motor 3. Esto hace posible mejorar más la eficiencia de accionamiento del grupo motor 1N.

Además, la primera relación de engranaje planetario $r1$ de la primera unidad de engranaje planetario PS1 se pone a un valor relativamente grande de los valores que puede tomar una unidad de engranaje planetario general. Como consecuencia, al tiempo del arranque ENG durante la marcha EV, cuando el par demandado de la máquina rotativa 101 es especialmente grande, como se ha descrito anteriormente con referencia a la figura 57 usando dicha ecuación (64), el par de máquina rotativa TMOT se puede hacer menor que cuando la primera relación de engranaje planetario $r1$ se pone a un valor pequeño, y por lo tanto es posible reducir más el tamaño y los costos de la máquina rotativa 101. Además, la segunda relación de número de pares de polos β de la segunda máquina rotativa 31 se pone a 2,0. Como consecuencia, al tiempo de la operación de aceleración rápida durante la marcha ENG en la que el par demandado de la segunda máquina rotativa 31 es especialmente grande, como se ha descrito anteriormente con referencia a la figura 59 usando dicha ecuación (65), el par de máquina rotativa TMOT se puede hacer menor que cuando la segunda relación de número de pares de polos β se pone a menos de 1,0, y por lo tanto es posible

reducir más el tamaño y los costos de la segunda máquina rotativa 31. Además, según la presente realización, es posible obtener los mismos efectos ventajosos que los proporcionados por la primera realización.

A continuación, los grupos motores 1O, 1P, 1Q y 1R según las realizaciones decimosexta a decimonovena de la presente invención se describirán con referencia a las figuras 60 a 63. Estos grupos motores 1O a 1R se distinguen de la decimoquinta realización principalmente en que también incluyen transmisiones 161, 171, 181 y 191, respectivamente. En todas las realizaciones decimosexta a decimonovena, la relación de conexión entre el motor 3, la máquina rotativa 101, la primera unidad de engranaje planetario PS1, la segunda máquina rotativa 31, y las ruedas motrices DW y DW es la misma que la relación de conexión en la decimoquinta realización. Es decir, el primer soporte C1 y el rotor B1 34 están conectados mecánicamente al cigüeñal 3a del motor 3, y el primer engranaje solar S1 y el rotor B2 35 están conectados mecánicamente a las ruedas motrices DW y DW. Además, el rotor 103 de la máquina rotativa 101 está conectado mecánicamente al primer engranaje anular R1. Además, en las figuras 60 a 63, los elementos componentes idénticos a los de la decimoquinta realización se designan con los mismos números de referencia. Esto también se aplica igualmente a las figuras utilizadas al describir las otras realizaciones descritas a continuación. La descripción siguiente versa principalmente sobre los puntos diferentes de los grupos motores 1O a 1R de la decimoquinta realización, en orden desde el grupo motor 1O de la decimosexta realización.

Con referencia a la figura 60, en el grupo motor 1O, la transmisión 161 se facilita en lugar del engranaje 7b y el primer engranaje 8b, descritos anteriormente, en engrane uno con otro. De forma similar a la transmisión 111 según la octava realización, esta transmisión 161 es una transmisión no etápica del tipo de correa, e incluye un eje de entrada conectado a dicho segundo eje de giro 7, un eje de salida conectado al eje loco 8, poleas dispuestas en el eje de entrada y el eje de salida, respectivamente, y una correa metálica enrollada alrededor de las poleas, de los que no se representa ninguno. La transmisión 161 cambia los diámetros efectivos de las poleas, enviando por ello potencia motriz introducida al eje de entrada al eje de salida cambiando al mismo tiempo su velocidad. Además, la UEC 2 controla la relación de transmisión de la transmisión 161 (la velocidad rotacional del eje de entrada/la velocidad rotacional del eje de salida).

Como se ha descrito anteriormente, la transmisión 161 está dispuesta entre el primer engranaje solar S1 y el rotor B2 35, y las ruedas motrices DW y DW, y la potencia motriz transmitida al primer engranaje solar S1 y el rotor B2 35 es transmitida a las ruedas motrices DW y DW al mismo tiempo que su velocidad es cambiada por la transmisión 161. Se deberá indicar que, en la presente realización, la transmisión 161 corresponde a la transmisión en la invención según la reivindicación 10.

En el grupo motor 1O construido como antes, en los casos donde se transmite un par muy grande desde el primer engranaje solar S1 y el rotor B2 35 a las ruedas motrices DW y DW, por ejemplo, durante el arranque parado EV y el arranque parado basado en ENG, la relación de transmisión de la transmisión 161 es controlada a un valor predeterminado de velocidad más baja mayor que 1,0. Con esto, el par transmitido al primer engranaje solar S1 y el rotor B2 35 se incrementa por la transmisión 161, y luego es transmitido a las ruedas motrices DW y DW. De acuerdo con ello, la potencia eléctrica generada por la máquina rotativa 101 y la potencia eléctrica suministrada a la segunda máquina rotativa 31 (potencia eléctrica generada) son controladas de tal manera que el par transmitido al primer engranaje solar S1 y el rotor B2 35 sea menor. Por lo tanto, según la presente realización, es posible reducir los respectivos valores máximos de par demandado de la máquina rotativa 101 y la segunda máquina rotativa 31, haciendo por ello posible reducir más los tamaños y los costos de la máquina rotativa 101 y la segunda máquina rotativa 31. Además, mediante el control de dicha transmisión 161 y la máquina rotativa 101, es posible reducir el par distribuido al primer engranaje solar S1 y el primer engranaje anular R1 mediante el primer soporte C1, y reducir el valor máximo del par transmitido al primer soporte C1, de modo que sea posible reducir más el tamaño y los costos de la primera unidad de engranaje planetario PS1.

Además, en los casos donde la velocidad rotacional de rotor B2 VRB2 sea demasiado alta, por ejemplo, durante la operación a alta velocidad del vehículo en la que la velocidad del vehículo VP es muy alta, la relación de transmisión de la transmisión 161 es controlada a un valor predeterminado de velocidad más alta menor que 1,0. Con esto, según la presente realización, dado que la velocidad rotacional de rotor B2 VRB2 se puede reducir con respecto a la velocidad del vehículo VP, es posible evitar que se produzca fallo de la segunda máquina rotativa 31 porque la velocidad rotacional de rotor B2 VRB2 sea demasiado alta.

Además, en los casos donde la velocidad rotacional de rotor VRO que se determina por la relación entre la velocidad del motor NE y la velocidad del vehículo VP sea demasiado alta, por ejemplo durante la aceleración rápida del vehículo en la que la velocidad del motor NE es más alta que la velocidad del vehículo VP, la relación de transmisión de la transmisión 161 es controlada a un valor predeterminado de velocidad más baja mayor que 1,0. Con esto, según la presente realización, la velocidad rotacional de primer engranaje solar VSU1 se incrementa con respecto a la velocidad del vehículo VP, por lo que, como es evidente por la figura 58, a la que se hace referencia anteriormente, es posible reducir la velocidad rotacional de rotor VRO, y por lo tanto es posible evitar que se produzca fallo de la máquina rotativa 101 porque la velocidad rotacional de rotor VRO sea demasiado alta.

Además, durante la marcha del vehículo incluyendo la marcha EV y la marcha ENG, la relación de transmisión de la

transmisión 161 es controlada de tal manera que la velocidad rotacional de rotor VRO y la velocidad rotacional de segundo campo magnético VM F2 sean iguales a valores deseados predeterminados primero y segundo, respectivamente. Los valores deseados primero y segundo se calculan buscando un mapa según la velocidad del vehículo VP cuando solamente la máquina rotativa 101 y la segunda máquina rotativa 31 se usan como fuentes de potencia motriz, mientras que cuando el motor 3, la máquina rotativa 101, y la segunda máquina rotativa 31 se usan como fuentes de potencia motriz, los valores deseados primero y segundo se calculan buscando un mapa distinto de dicho mapa según la velocidad del motor NE y la velocidad del vehículo VP. Además, en estos mapas, los valores deseados primero y segundo se ponen a valores tales que sea posible obtener altas eficiencias de la máquina rotativa 101 y la segunda máquina rotativa 31 con respecto a la velocidad del vehículo VP (y la velocidad del motor NE) asumida entonces. Además, en paralelo con el control antes descrito de la transmisión 161, la velocidad rotacional de rotor VRO y la velocidad rotacional de segundo campo magnético VM F2 son controladas a los valores deseados primero y segundo, respectivamente. Con esto, según la presente realización, durante la marcha del vehículo, es posible obtener las altas eficiencias de la máquina rotativa 101 y la segunda máquina rotativa 31.

Además, también en la presente realización, como se ha descrito anteriormente con referencia a la figura 58, usando la máquina rotativa 101, la primera unidad de engranaje planetario PS1 y la segunda máquina rotativa 31, es posible transmitir la potencia motriz de motor a las ruedas motrices DW y DW cambiando al mismo tiempo de forma progresiva su velocidad, y por lo tanto es posible reducir la frecuencia de la operación de cambio de velocidad de la transmisión 161. Esto hace posible suprimir pérdidas de calor por la operación de cambio de velocidad, haciendo por ello posible asegurar la alta eficiencia de accionamiento del grupo motor 10. Además, según la presente realización, es posible obtener los mismos efectos ventajosos que los proporcionados por la decimoquinta realización.

Se deberá indicar que, aunque en la presente realización la transmisión 161 es una transmisión no etápica del tipo de correa, se ha de entender que se puede emplear una transmisión no etápica de tipo toroidal o de tipo hidráulico o una transmisión escalonada del tipo de engranaje.

En el grupo motor 1P según la realización decimoséptima representada en la figura 61, la transmisión 171 es una transmisión escalonada del tipo de engranaje formada por una unidad de engranaje planetario, etc, de forma similar a la transmisión antes descrita 121 en la novena realización, e incluye un eje de entrada 172 y un eje de salida (no representado). En la transmisión 171, un total de dos posiciones de velocidad, es decir, una primera velocidad (relación de transmisión = la velocidad rotacional del eje de entrada 172/la velocidad rotacional del eje de salida = 1,0) y una segunda velocidad (relación de transmisión <1,0) se ponen como posiciones de velocidad. La UEC 2 realiza un cambio entre estas posiciones de velocidad. Además, el eje de entrada 172 de la transmisión 171 está conectado directamente al cigüeñal 3a mediante el volante 5, y su eje de salida (no representado) está conectado directamente al primer eje de giro 4. Como se ha descrito anteriormente, la transmisión 171 está dispuesta entre el cigüeñal 3a, y el primer soporte C1 y el rotor B1 34, para transmitir la potencia motriz de motor al primer soporte C1 y el rotor B1 34 cambiando al mismo tiempo la velocidad de la potencia motriz de motor. Se deberá indicar que, en la presente realización, la transmisión 171 corresponde a la transmisión en la invención según la reivindicación 11.

Además, de forma similar a la novena realización, el número de los dientes de engranaje del engranaje 9a de dicho mecanismo de engranajes diferenciales 9 es mayor que el de los dientes de engranaje del segundo engranaje 8c del eje loco 8, por lo que la potencia motriz transmitida al eje loco 8 es transmitida a las ruedas motrices DW y DW en un estado de velocidad reducida.

En el grupo motor 1P construido como antes, en los casos donde se transmite un par muy grande desde el primer engranaje solar S1 y el rotor B2 35 a las ruedas motrices DW y DW, por ejemplo durante el arranque parado basado en ENG, la posición de velocidad de la transmisión 171 es controlada a la segunda velocidad (relación de transmisión <1,0). Esto reduce el par motor TENG introducido al primer soporte C1 y el rotor B1 34. De acuerdo con ello, la potencia eléctrica generada por la máquina rotativa 101 y la potencia eléctrica suministrada a la segunda máquina rotativa 31 (potencia eléctrica generada) son controladas de tal manera que el par motor TENG transmitido al primer engranaje solar S1 y el rotor B2 35 sea menor. Además, el par motor TENG transmitido al primer engranaje solar S1 y el rotor B2 35 es transmitido a las ruedas motrices DW y DW en un estado incrementado por deceleración por el segundo engranaje 8c y el engranaje 9a. Con esto, según la presente realización, es posible reducir los respectivos valores máximos de par demandado de la máquina rotativa 101 y la segunda máquina rotativa 31, haciendo por ello posible reducir los tamaños y los costos de la máquina rotativa 101 y la segunda máquina rotativa 31. Además de esto, dado que los respectivos valores máximos del par distribuido al primer engranaje solar S1 y el primer engranaje anular R1 mediante el primer soporte C1 se puede reducir, es posible reducir más el tamaño y los costos de la primera unidad de engranaje planetario PS1.

Además, cuando la velocidad del motor NE es muy alta, la posición de velocidad de la transmisión 171 es controlada a la primera velocidad (relación de transmisión = 1,0). Con esto, según la presente realización, en comparación con el caso de que la posición de velocidad sea la segunda velocidad, la velocidad rotacional de rotor B1 VRB1 se puede reducir, por lo que es posible evitar que se produzca fallo de la segunda máquina rotativa 31 porque la velocidad rotacional de rotor B1 VRB1 sea demasiado alta. Este control es especialmente efectivo porque el rotor B1 34 está formado por imanes de modo que dichos inconvenientes tienden a producirse.

Además, en los casos donde la velocidad rotacional de rotor VRO es demasiado alta, por ejemplo, durante la aceleración rápida del vehículo en la que la velocidad del motor NE es más alta que la velocidad del vehículo VP, la posición de velocidad de la transmisión 171 es controlada a la primera velocidad. Con esto, en comparación con el caso de que la posición de velocidad sea la segunda velocidad, la velocidad rotacional de primer soporte VCA1 es menor, y por lo tanto, según la presente realización, como es evidente por la figura 58, la velocidad rotacional de rotor VRO se puede reducir, haciendo por ello posible evitar que se produzca fallo de la máquina rotativa 101 porque la velocidad rotacional de rotor VRO sea demasiado alta.

Además, durante la marcha ENG, la posición de velocidad de la transmisión 171 se cambia según la velocidad del motor NE y la velocidad del vehículo VP de tal manera que la velocidad rotacional de rotor VRO y la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 tomen valores respectivos que hagan posible obtener las altas eficiencias de la máquina rotativa 101 y la segunda máquina rotativa 31. Además, en paralelo con dicho cambio en la posición de velocidad de la transmisión 171, la velocidad rotacional de rotor VRO y la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 son controladas a valores determinados en base a la velocidad del motor NE, la velocidad del vehículo VP, y la posición de velocidad de la transmisión 171, entonces asumidos, y dichas ecuaciones (54) y (59). Con esto, según la presente realización, durante la marcha del vehículo, es posible obtener las altas eficiencias de la máquina rotativa 101 y la segunda máquina rotativa 31.

Además, durante la marcha ENG y al mismo tiempo durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión 171, es decir, cuando el motor 3, el primer soporte C1 y el rotor B1 34 son desconectados uno de otro por la transmisión 171, para evitar un choque de cambio de velocidad, la máquina rotativa 101 y la segunda máquina rotativa 31 están de la siguiente manera. A continuación, dicho control de la máquina rotativa 101 y la segunda máquina rotativa 31 se denomina el “control de choque de cambio de velocidad”, de forma similar a la novena realización.

Es decir, se suministra potencia eléctrica al estator 102 de la máquina rotativa 101, para hacer que el rotor 103 realice rotación normal, y se suministra potencia eléctrica al estator 33 de la segunda máquina rotativa 31, para hacer que el segundo campo magnético rotativo, que es generado según el suministro de la potencia eléctrica, realice rotación normal. Con esto, el par de máquina rotativa TMOT transmitido al primer engranaje anular R1, y el par transmitido al primer engranaje solar S1, como se describe a continuación, se combinan, y el par combinado es transmitido al primer soporte C1. El par transmitido al primer soporte C1 es transmitido al rotor B1 34 sin ser transmitido al cigüeñal 3a, por dicha desconexión efectuada por la transmisión 171. Además, este par se combina con el segundo par equivalente de accionamiento TSE2 del estator 33 y luego es transmitido al rotor B2 35. Parte del par transmitido al rotor B2 35 es transmitida al primer engranaje solar S1, y el resto es transmitido a las ruedas motrices DW y DW.

Por lo tanto, según la presente realización, durante la operación de cambio de velocidad, es posible evitar un choque de cambio de velocidad, que puede ser producido por interrupción de la transmisión del par motor TENG a las ruedas motrices DW y DW, y por lo tanto es posible mejorar la comerciabilidad. Se deberá indicar que este control de choque de cambio de velocidad se realiza solamente durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión 171. Además, según la presente realización, es posible obtener los mismos efectos ventajosos que los proporcionados por la decimoquinta realización.

En el grupo motor 1Q según la realización decimoctava representada en la figura 62, de forma diferente a la decimoquinta realización, el segundo eje de giro 7 no se facilita, y el primer engranaje 8b está en engrane con el engranaje 6b formado integralmente con el eje de conexión 6, por lo que el primer engranaje solar S1 y el rotor B2 35 están conectados mecánicamente a las ruedas motrices DW y DW mediante el eje de conexión 6, el engranaje 6b, el primer engranaje 8b, el eje loco 8, el segundo engranaje 8c, el engranaje 9a, el mecanismo de engranajes diferenciales 9, etc, sin hacerlo mediante la transmisión 181.

La transmisión 181 es una transmisión escalonada del tipo de engranaje que está configurada de forma similar a la transmisión 131 según la décima realización y tiene posiciones de velocidad de las velocidades primera a tercera. La transmisión 181 incluye un eje de entrada 182 conectado directamente al primer engranaje anular R1 mediante una pestaña, y un eje de salida 183 conectado directamente al rotor 103 mediante una pestaña, y transmite potencia motriz introducida al eje de entrada 182 al eje de salida 183 cambiando al mismo tiempo la velocidad de la potencia motriz. Además, la UEC 2a controla un cambio entre las posiciones de velocidad de la transmisión 181. Como se ha descrito anteriormente, el primer engranaje anular R1 está conectado mecánicamente al rotor 103 mediante la transmisión 181, y la potencia motriz transmitida al primer engranaje anular R1 es transmitida al rotor 103 al mismo tiempo que su velocidad ha sido cambiada por la transmisión 181. Se deberá indicar que, en la presente realización, la transmisión 181 corresponde a una transmisión de la invención según la reivindicación 16.

En el grupo motor 1Q construido como antes, cuando se transmite un par muy grande al rotor 103, por ejemplo, durante el arranque parado EV y el arranque parado basado en ENG, la posición de velocidad de la transmisión 181 es controlada a la tercera velocidad (relación de transmisión <1.0). Con esto, el par transmitido al primer engranaje anular R1 es reducido por la transmisión 181, y luego es transmitido al rotor 103. De acuerdo con ello, la potencia eléctrica generada por la máquina rotativa 101 es controlada de tal manera que el par transmitido al rotor 103 sea

menor. Además, al tiempo del arranque ENG durante la parada del vehículo antes descrito, la posición de velocidad de la transmisión 181 es controlada a la tercera velocidad (relación de transmisión $<1,0$). En este caso, el eje de entrada 182 y el eje de salida 183 están conectados al primer engranaje anular R1 y el rotor 103, respectivamente, y por lo tanto mediante el control antes descrito de la transmisión 181, al tiempo del arranque ENG durante la parada del vehículo antes descrito, el par de la máquina rotativa 101 se incrementa, y es transmitido al cigüeñal 3a mediante el primer engranaje anular R1, los primeros engranajes planetarios P1 y el primer soporte C1. De acuerdo con ello, la potencia eléctrica suministrada a la máquina rotativa 101 es controlada de tal manera que el par de máquina rotativa TMOT de la máquina rotativa 101 sea menor. Con esto, según la presente realización, es posible reducir más el tamaño y los costos de la máquina rotativa 101.

Además, durante el arranque parado EV y análogos, incluso cuando la posición de velocidad de la transmisión 181 es controlada como se ha descrito anteriormente, la magnitud propiamente dicha de la potencia motriz transmitida del primer engranaje anular R1 al rotor 103 no cambia, y cuando la potencia eléctrica generada por la máquina rotativa 101 es transmitida al rotor B2 35 mediante el estator 33 como potencia motriz, el par transmitido a las ruedas motrices DW y DW mediante el rotor B2 35 puede ser controlado de manera que tenga una magnitud deseada. Esto hace posible transmitir par que tenga una magnitud suficiente a las ruedas motrices DW y DW.

Además, cuando la velocidad rotacional de rotor VRO, que se determina por la relación entre la velocidad del motor NE y la velocidad del vehículo VP, es demasiado alta, por ejemplo, durante la aceleración rápida del vehículo en la que la velocidad del motor NE es más alta que la velocidad del vehículo VP, la posición de velocidad de la transmisión 181 es controlada a la primera velocidad (relación de transmisión $>1,0$). Esto hace posible reducir la velocidad rotacional de rotor VRO con respecto a la velocidad rotacional de primer engranaje anular VR1 que se determina por la relación entre la velocidad del motor NE y velocidad del vehículo VP asumida entonces, y por lo tanto es posible evitar que se produzca fallo de la máquina rotativa 101 porque la velocidad rotacional de rotor VRO sea demasiado alta.

Además, durante la marcha del vehículo incluyendo la marcha EV y la marcha ENG, la posición de velocidad de la transmisión 181 es controlada de tal manera que la velocidad rotacional de rotor VRO sea igual a un valor deseado predeterminado. Este valor deseado se calcula buscando un mapa según la velocidad del vehículo VP cuando solamente la máquina rotativa 101 y la segunda máquina rotativa 31 se usan como fuentes de potencia motriz, mientras que cuando el motor 3, la máquina rotativa 101 y la segunda máquina rotativa 31 se usan como fuentes de potencia motriz, el valor deseado se calcula buscando un mapa distinto de dicho mapa según la velocidad del motor NE y la velocidad del vehículo VP. Además, en estos mapas, el valor deseado se pone a un valor tal que sea posible obtener eficiencia alta de la máquina rotativa 101 con respecto a la velocidad del vehículo VP (y la velocidad del motor NE) asumida entonces. Además, en paralelo con el control antes descrito de la transmisión 181, la velocidad rotacional de rotor VRO es controlada al valor deseado antes descrito. Con esto, según la presente realización, durante la marcha del vehículo, es posible obtener la eficiencia alta de la máquina rotativa 101.

Además, durante la marcha ENG, y al mismo tiempo durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión 181, los trenes de engranajes de la transmisión 181 y su eje de entrada 182 y su eje de salida 183 están desconectados uno de otro para desconectar por ello el rotor 103 y el primer engranaje anular R1, por lo que el par motor TENG deja de actuar en el rotor 103. Por lo tanto, la máquina rotativa 101 no genera potencia eléctrica, y al estator 33 de la segunda máquina rotativa 31 se le suministra potencia eléctrica desde la batería 43.

Con esto, según la presente realización, durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión 181, el segundo par equivalente de accionamiento TSE2 del estator 33 y el par motor TENG transmitido al rotor B1 34 se combinan, y el par combinado es transmitido a las ruedas motrices DW y DW mediante el rotor B2 35. Esto hace posible evitar un choque de cambio de velocidad, que puede ser producido por interrupción de la transmisión del par motor TENG a las ruedas motrices DW y DW, y por lo tanto es posible mejorar la comerciabilidad.

Además, de forma similar a la decimoquinta realización, usando la máquina rotativa 101, la primera unidad de engranaje planetario PS1 y la segunda máquina rotativa 31, es posible transmitir la potencia motriz de motor a las ruedas motrices DW y DW cambiando al mismo tiempo de forma progresiva su velocidad, de modo que es posible reducir la frecuencia de la operación de cambio de velocidad de la transmisión 181. Esto hace posible mejorar la eficiencia de accionamiento del grupo motor 1Q. Además, según la presente realización, es posible obtener los mismos efectos ventajosos que los proporcionados por la decimoquinta realización.

En el grupo motor 1R según la decimonovena realización representada en la figura 63, de forma similar a la realización decimooctava, el segundo eje de giro 7 no se facilita, y el primer engranaje 8b está en engrane con el engranaje 6b formado integralmente con el eje de conexión 6. Además, la transmisión 191 es una transmisión escalonada del tipo de engranaje que está configurada de forma similar a la transmisión 131 según la décima realización y tiene posiciones de velocidad de las velocidades primera a tercera. La transmisión 191 incluye un eje de entrada 192 conectado directamente al primer engranaje solar S1 y un eje de salida (no representado) conectado directamente al eje de conexión 6, y transmite potencia motriz introducida al eje de entrada 192 al eje de salida cambiando al mismo tiempo la velocidad de la potencia motriz. Además, la UEC 2 controla un cambio entre las posiciones de velocidad de la transmisión 191.

Como se ha descrito anteriormente, el primer engranaje solar S1 está conectado mecánicamente a las ruedas motrices DW y DW mediante la transmisión 191, el eje de conexión 6, el engranaje 6b, el primer engranaje 8b, etc. Además, la potencia motriz transmitida al primer engranaje solar S1 es transmitida a las ruedas motrices DW y DW al mismo tiempo que su velocidad ha sido cambiada por la transmisión 191. Además, el rotor B2 35 está conectado mecánicamente a las ruedas motrices DW y DW mediante el eje de conexión 6, el engranaje 6b, el primer engranaje 8b, etc, sin hacerlo mediante la transmisión 191. Se deberá indicar que, en la presente realización, la transmisión 191 corresponde a una transmisión de la invención según la reivindicación 17.

En el grupo motor 1R construido como antes, en los casos donde un par muy grande es transmitido desde el primer engranaje solar S1 a las ruedas motrices DW y DW, por ejemplo, durante el arranque parado basado en ENG, la posición de velocidad de la transmisión 191 es controlada a la primera velocidad (relación de transmisión $>1,0$). Con esto, el par transmitido al primer engranaje solar S1 se incrementa por la transmisión 191, y luego es transmitido a las ruedas motrices DW y DW. De acuerdo con ello, la potencia eléctrica generada por la máquina rotativa 101 es controlada de tal manera que el par distribuido al primer engranaje solar S1 y el primer engranaje anular R1 sea menor. Con esto, según la presente realización, el par distribuido al primer engranaje solar S1 y el primer engranaje anular R1 mediante el primer soporte C1 se puede reducir, y por lo tanto es posible reducir más el tamaño y los costos de la primera unidad de engranaje planetario PS1. Además de esto, dado que par transmitido del primer engranaje anular R1 al rotor 103 se puede reducir, es posible reducir más el tamaño y los costos de la máquina rotativa 101.

Además, en los casos donde la velocidad rotacional de rotor VRO es demasiado alta, por ejemplo, durante la aceleración rápida del vehículo en la que la velocidad del motor NE es más alta que la velocidad del vehículo VP, la posición de velocidad de la transmisión 191 es controlada a la primera velocidad. Con esto, según la presente realización, la velocidad rotacional de primer engranaje solar VSU1 se incrementa con respecto a la velocidad del vehículo VP, por lo que como es evidente por la figura 58, es posible reducir la velocidad rotacional de rotor VRO, de modo que es posible evitar que se produzca fallo de la máquina rotativa 101 porque la velocidad rotacional de rotor VRO sea demasiado alta.

Además, durante la marcha del vehículo incluyendo la marcha EV y la marcha ENG, la posición de velocidad de la transmisión 191 es controlada de tal manera que la velocidad rotacional de rotor VRO sea igual a un valor deseado predeterminado. Este valor deseado se calcula buscando un mapa según la velocidad del vehículo VP cuando solamente la máquina rotativa 101 y la segunda máquina rotativa 31 se usan como fuentes de potencia motriz, mientras que cuando el motor 3, la máquina rotativa 101 y la segunda máquina rotativa 31 se usan como fuentes de potencia motriz, el valor deseado se calcula buscando un mapa distinto de dicho mapa según la velocidad del motor NE y la velocidad del vehículo VP. Además, en estos mapas, el valor deseado se pone a un valor tal que sea posible obtener eficiencia alta de la máquina rotativa 101 con respecto a la velocidad del vehículo VP (y la velocidad del motor NE) asumida entonces. Además, en paralelo con el control antes descrito de la transmisión 191, la velocidad rotacional de rotor VRO es controlada a dicho valor deseado. Con esto, según la presente realización, durante la marcha del vehículo, es posible obtener la eficiencia alta de la máquina rotativa 101.

Además, durante la marcha ENG, y al mismo tiempo durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión 191, los trenes de engranajes de la transmisión 191 y su eje de entrada 192 y su eje de salida están desconectados uno de otro para desconectar por ello el primer engranaje solar S1 y las ruedas motrices DW y DW, por lo que la carga de las ruedas motrices DW y DW deja de actuar en el primer engranaje solar S1. Por lo tanto, la máquina rotativa 101 no genera potencia eléctrica durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión 191, y al estator 33 de la segunda máquina rotativa 31 se le suministra potencia eléctrica desde la batería 43.

Con esto, según la presente realización, durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión 191, el segundo par equivalente de accionamiento TSE2 y el par motor TENG transmitido al rotor B1 34 se combinan, y el par combinado es transmitido a las ruedas motrices DW y DW mediante el rotor B2 35. Esto hace posible evitar un choque de cambio de velocidad, que puede ser producido por interrupción de la transmisión del par motor TENG a las ruedas motrices DW y DW, haciendo por ello posible mejorar la comerciabilidad.

Además, usando la máquina rotativa 101, la primera unidad de engranaje planetario PS1 y la segunda máquina rotativa 31, es posible transmitir la potencia motriz de motor a las ruedas motrices DW y DW cambiando al mismo tiempo de forma progresiva su velocidad, de modo que es posible reducir la frecuencia de la operación de cambio de velocidad de la transmisión 191. Esto hace posible mejorar la eficiencia de accionamiento del grupo motor 1 R. Además de esto, según la presente realización, es posible obtener los mismos efectos ventajosos que los proporcionados por la decimoquinta realización.

Se deberá indicar que, aunque en las realizaciones decimoséptima a decimonovena las transmisiones 171 a 191 son transmisiones escalonadas del tipo de engranaje, se ha de entender que se puede emplear una transmisión no etápica del tipo de correa, de tipo toroidal o de tipo hidráulico.

A continuación, un grupo motor 1S según una vigésima realización de la presente invención se describirá con

referencia a la figura 64. Este grupo motor 1S se distingue de la decimoquinta realización principalmente en que incluye además una transmisión para cambiar una relación entre la diferencia de velocidad entre la velocidad rotacional de rotor VRO y la velocidad del vehículo VP y la diferencia de velocidad entre la velocidad del vehículo VP y la velocidad del motor NE. La descripción siguiente versa principalmente sobre los puntos diferentes de la decimoquinta realización.

Como se representa en la figura 64, en este grupo motor 1S, de forma similar a la realización decimoctava, el segundo eje de giro 7 no se facilita, y el primer engranaje 8b está en engrane con el engranaje 6b formado integralmente con el eje de conexión 6, por lo que el primer engranaje solar S1 y el rotor B2 35 están conectados mecánicamente a las ruedas motrices DW y DW mediante el eje de conexión 6, el engranaje 6b, el primer engranaje 8b, el mecanismo de engranajes diferenciales 9, etc.

De forma similar a la transmisión descrita en la decimotercera realización, la transmisión antes descrita incluye la segunda unidad de engranaje planetario PS2, y los embragues primero y segundo CL1 y CL2. El segundo engranaje solar S2 está formado integralmente en el primer eje de giro 4, por lo que el segundo engranaje solar S2 está conectado mecánicamente directamente al primer soporte C1, el cigüeñal 3a y el rotor B1 34. Además, el segundo soporte C2 está conectado mecánicamente directamente al primer engranaje anular R1 mediante una pestaña y un eje hueco, por lo que el segundo soporte C2 es rotativo al unísono con el primer engranaje anular R1.

El primer embrague CL1 está dispuesto entre el segundo soporte C2 y el rotor 103. Es decir, el segundo soporte C2 está conectado mecánicamente directamente al rotor 103 mediante el primer embrague CL1. Además, el primer embrague CL1 tiene su grado de enganche controlado por la UEC 2 para conectar y desconectar por ello el segundo soporte C2 y el rotor 103. El segundo embrague CL2 está dispuesto entre el segundo engranaje anular R2 y el rotor 103. Es decir, el segundo engranaje anular R2 está conectado mecánicamente directamente al rotor 103 mediante el segundo embrague CL2. Además, el segundo embrague CL2 tiene su grado de enganche controlado por la UEC 2 para conectar y desconectar por ello el segundo engranaje anular R2 y el rotor 103.

Como se ha descrito anteriormente, el rotor 103 de la máquina rotativa 101 está conectado mecánicamente al primer engranaje anular R1 mediante el primer embrague CL1 y el segundo soporte C2, y está conectado mecánicamente al primer engranaje anular R1 mediante el segundo embrague CL2, el segundo engranaje anular R2, los segundos engranajes planetarios P2, y el segundo soporte C2. Se deberá indicar que, en la presente realización, la segunda unidad de engranaje planetario PS2, el segundo engranaje solar S2, el segundo engranaje anular R2, los segundos engranajes planetarios P2, y el segundo soporte C2 corresponden a una unidad de engranaje planetario, un engranaje solar, un engranaje anular, unos engranajes planetarios, y un soporte en la invención según la reivindicación 18, respectivamente.

La figura 65(a) representa un nomograma de velocidad que ilustra un ejemplo de la relación entre la velocidad rotacional de primer engranaje solar VSU1, la velocidad rotacional de primer soporte VCA1 y la velocidad rotacional de primer engranaje anular VRI1, ilustrada conjuntamente con un nomograma de velocidad que ilustra un ejemplo de la relación entre la velocidad rotacional de segundo engranaje solar VSU2, la velocidad rotacional de segundo soporte VCA2 y la velocidad rotacional de segundo engranaje anular VRI2. Como se ha descrito anteriormente, dado que el primer soporte C1 y el segundo engranaje solar S2 están conectados directamente uno a otro, la velocidad rotacional de primer soporte VCA1 y la velocidad rotacional de segundo engranaje solar VSU2 son iguales entre sí, y dado que el primer engranaje anular R1 y el segundo soporte C2 están conectados directamente uno a otro, la velocidad rotacional de primer engranaje anular VRI1 y la velocidad rotacional de segundo soporte VCA2 son iguales entre sí. Por lo tanto, los dos nomogramas de velocidad con relación a las unidades primera y segunda de engranajes planetarios PS1 y PS2 representadas en la figura 65(a) pueden ser representados por un solo nomograma de velocidad como se representa en la figura 65(b). Como se representa en la figura 65(b), cuatro elementos rotativos cuyas velocidades rotacionales están en una relación colineal una con otra, se han formado conectando los varios elementos rotativos de las unidades primera y segunda de engranajes planetarios PS1 y PS2 descritas anteriormente.

Además, la figura 66(a) representa un nomograma de velocidad que ilustra un ejemplo de la relación entre las velocidades rotacionales de dichos cuatro elementos rotativos, ilustrado conjuntamente con un nomograma de velocidad que ilustra un ejemplo de la relación entre la velocidad rotacional de segundo campo magnético VM F2 y las velocidades rotacionales de rotor B1 y B2 VRB1 y VRB2. Como se ha descrito anteriormente, dado que el primer soporte C1 y el rotor B1 34 están conectados directamente uno a otro, la velocidad rotacional de primer soporte VCA1 y la velocidad rotacional de rotor B1 VRB1 son iguales entre sí. Además, dado que el primer engranaje solar S1 y el rotor B2 35 están conectados directamente uno a otro, la velocidad rotacional de primer engranaje solar VSU1 y la velocidad rotacional de rotor B2 VRB2 son iguales entre sí. Por lo tanto, los dos nomogramas de velocidad representados en la figura 66(a) pueden ser representados por un solo nomograma de velocidad como se representa en la figura 66(b).

Además, dado que el cigüeñal 3a, el primer soporte C1, el rotor B1 34 y el segundo engranaje solar S2 están conectados directamente uno a otro, la velocidad del motor NE, la velocidad rotacional de primer soporte VCA1, la velocidad rotacional de rotor B1 VRB1 y la velocidad rotacional de segundo engranaje solar VSU2 son iguales entre

sí. Además, dado que las ruedas motrices DW y DW, el primer engranaje solar S1 y el rotor B2 35 están conectados uno a otro, suponiendo que no haya pérdida de transmisión producida por los engranajes o análogos, la velocidad del vehículo VP, la velocidad rotacional de primer engranaje solar VSU1 y la velocidad rotacional de rotor B2 VRB2 son iguales entre sí.

Además, el rotor 103 está conectado directamente al segundo soporte C2 y el segundo engranaje anular R2 mediante los embragues primero y segundo CL1 y CL2, respectivamente, y por lo tanto cuando el primer embrague CL1 está enganchado y el segundo embrague CL2 está desenganchado (a continuación, dicho estado enganchado y desenganchado de los embragues se denomina el "primer modo de cambio de velocidad"), la velocidad rotacional de rotor VRO y la velocidad rotacional de segundo soporte VCA2 son iguales entre sí. Además, cuando el primer embrague CL1 está desenganchado y el segundo embrague CL2 está enganchado (a continuación, dicho estado enganchado y desenganchado de los embragues se denomina el "segundo modo de cambio de velocidad"), la velocidad rotacional de rotor VRO y la velocidad rotacional de segundo engranaje anular VR12 son iguales entre sí.

Por lo anterior, la velocidad rotacional de rotor VRO, la velocidad del motor NE, la velocidad del vehículo VP, y la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 están en una relación colineal como se representa por ejemplo en la figura 67(a) en el primer modo de cambio de velocidad, mientras que en el segundo modo de cambio de velocidad están en una relación colineal como se representa por ejemplo en la figura 67(b).

Como se representa en las figuras 67(a) y 67(b), la distancia entre la línea vertical que representa la velocidad del vehículo VP y la línea vertical que representa la velocidad rotacional de rotor VRO en los nomogramas de velocidad es más corta en el primer modo de cambio de velocidad que en el segundo modo de cambio de velocidad, y por lo tanto una relación entre la diferencia rotacional DN2 entre la velocidad rotacional de rotor VRO y la velocidad del vehículo VP y la diferencia rotacional DN1 entre la velocidad del motor NE y la velocidad del vehículo VP (denominado a continuación la "relación rotacional DN2/DN1") es menor en el primer modo de cambio de velocidad.

En el grupo motor 1S construido como antes, en los casos donde la velocidad rotacional de rotor VRO que se determina por la relación entre la velocidad del motor NE y la velocidad del vehículo VP es demasiado alta, por ejemplo, durante la aceleración rápida del vehículo en la que la velocidad del motor NE es más alta que la velocidad del vehículo VP, se usa el primer modo de cambio de velocidad. Con esto, según la presente realización, como es claro por la relación de dicha relación rotacional DN2/DN1, la velocidad rotacional de rotor VRO se puede hacer más baja que cuando se usa el segundo modo de cambio de velocidad, de modo que es posible evitar que se produzca fallo de la máquina rotativa 101 porque la velocidad rotacional de rotor VRO sea demasiado alta.

Además, la relación entre las velocidades rotacionales y pares de los varios elementos rotativos del grupo motor 1S al tiempo del arranque ENG durante la marcha EV, cuando el par demandado de la máquina rotativa 101 es grande, se representa por la figura 68(a) y la figura 68(b) para los respectivos casos de uso de los modos de cambio de velocidad primero y segundo. En este caso, cuando se usa el primer modo de cambio de velocidad, el par demandado de la máquina rotativa 101, es decir, el par de máquina rotativa TMOT se expresa por dicha ecuación (64). Por otra parte, cuando se usa el segundo modo de cambio de velocidad, el par de máquina rotativa TMOT se expresa por la ecuación siguiente (66):

$$TMOT = - \{ \beta \cdot TDDW + (1 + \beta) TDENG \} / (r1 \cdot r2 + r1 + 1 + \beta) \quad \dots (66)$$

Como es evidente por una comparación entre las ecuaciones (64) y (66), el par de máquina rotativa TMOT es menor en el segundo modo de cambio de velocidad con respecto al par transmitido de rueda motriz TDDW y el par transmitido de motor TDENG suponiendo que sus respectivas magnitudes no hayan cambiado. Por lo tanto, el segundo modo de cambio de velocidad se usa al tiempo del arranque ENG durante la marcha EV.

Según la presente realización, el segundo modo de cambio de velocidad se usa como se ha descrito anteriormente, y la potencia eléctrica generada por la máquina rotativa 101 es controlada en base a dicha ecuación (66). Por lo tanto, es posible reducir el valor máximo de par demandado de la máquina rotativa 101 para reducir más por ello el tamaño y los costos de la máquina rotativa 101.

Además, durante la marcha del vehículo incluyendo la marcha EV y la marcha ENG, un modo de cambio de velocidad que haga posible obtener mayor eficiencia de la máquina rotativa 101 se selecciona de los modos de cambio de velocidad primero y segundo, según la velocidad del vehículo VP durante la parada del motor 3, y según la velocidad del vehículo VP y la velocidad del motor NE durante la operación del motor 3. Con esto, según la presente realización, es posible controlar la velocidad rotacional de rotor VRO a un valor apropiado, y por lo tanto es posible obtener una eficiencia alta de la máquina rotativa 101.

Además, de forma similar a la decimotercera realización, la conmutación entre los modos de cambio de velocidad primero y segundo se lleva a cabo cuando la velocidad rotacional de segundo soporte VCA2 y la velocidad rotacional

de segundo engranaje anular VRI2 son iguales entre sí. Con esto, según la presente realización, es posible conmutar suavemente entre los modos de cambio de velocidad primero y segundo manteniendo al mismo tiempo las respectivas rotaciones de las ruedas motrices DW y DW y el motor 3, haciendo por ello posible asegurar una conducibilidad excelente.

Además, durante la marcha ENG y al mismo tiempo durante la transición entre los modos de cambio de velocidad primero y segundo, después de que los embragues primero y segundo CL1 y CL2 estén desenganchados y hasta que uno de los embragues primero y segundo CL1 y CL2 esté enganchado, el rotor 103 y el cigüeñal 3a permanecen desconectados uno de otro, por lo que el par motor TENG no actúa en el rotor 103. Por lo tanto, el estator 102 de la máquina rotativa 101 no genera potencia eléctrica, y al estator 33 de la segunda máquina rotativa 31 se le suministra potencia eléctrica desde la batería 43.

Con esto, según la presente realización, durante la transición entre los modos de cambio de velocidad primero y segundo, incluso cuando ambos embragues primero y segundo CL1 y CL2 están desenganchados, el segundo par equivalente de accionamiento TSE2 y el par motor TENG transmitido al rotor B1 34 se combinan, y el par combinado es transmitido a las ruedas motrices DW y DW mediante el rotor B2 35. Esto hace posible evitar un choque de cambio de velocidad, que puede ser producido por interrupción de la transmisión del par motor TENG a las ruedas motrices DW y DW, haciendo por ello posible mejorar la comerciabilidad. Además, según la presente realización, es posible obtener los mismos efectos ventajosos que los proporcionados por la decimoquinta realización.

Además, aunque en la presente realización el segundo engranaje solar S2 está conectado al primer soporte C1, y el segundo engranaje anular R2 está conectado al rotor 103 mediante el segundo embrague CL2, las relaciones de conexión anteriores se pueden invertir, es decir, el segundo engranaje anular R2 puede estar conectado al primer soporte C1 mientras que el segundo engranaje solar S2 puede estar conectado al rotor 103 mediante el segundo embrague CL2. Además, aunque en la presente realización los embragues primero y segundo CL1 y CL2 están formados por embragues de rozamiento de discos múltiples, pueden estar formados, por ejemplo, por embragues electromagnéticos.

A continuación, un grupo motor 1T según una vigésimo primera realización de la presente invención se describirá con referencia a la figura 69. Este grupo motor 1T se distingue de la decimoquinta realización principalmente en que incluye además una transmisión 201. La descripción siguiente versa principalmente sobre los puntos diferentes de la decimoquinta realización.

Como se representa en la figura 69, de forma similar a las realizaciones decimoctava a vigésima, este grupo motor 1T no está provisto del segundo eje de giro 7, y el primer engranaje 8b está en engrane con el engranaje 6b formado integralmente con el eje de conexión 6. Con esto, el primer engranaje solar S1 está conectado mecánicamente a las ruedas motrices DW y DW mediante el eje de conexión 6, el engranaje 6b, el primer engranaje 8b, el mecanismo de engranajes diferenciales 9, etc, sin hacerlo mediante la transmisión antes descrita 201.

Además, la transmisión 201 es una transmisión escalonada del tipo de engranaje que está configurada de forma similar a la transmisión 131 según la décima realización y tiene posiciones de velocidad de las velocidades primera a tercera. La transmisión 201 incluye un eje de entrada 202 conectado directamente al rotor B2 35, y un eje de salida (no representado) conectado directamente al eje de conexión 6, y transmite potencia motriz introducida en el eje de entrada 202 al eje de salida cambiando al mismo tiempo la velocidad de la potencia motriz. Además, la UEC 2 controla un cambio entre las posiciones de velocidad de la transmisión 201

Como se ha descrito anteriormente, el rotor B2 35 está conectado a las ruedas motrices DW y DW mediante la transmisión 201, el eje de conexión 6, el engranaje 6b, el primer engranaje 8b, etc. La potencia motriz transmitida al rotor B2 35 es transmitida a las ruedas motrices DW y DW al mismo tiempo que su velocidad es cambiada por la transmisión 201. Se deberá indicar que, en la presente realización, la transmisión 201 corresponde a una transmisión de la invención según la reivindicación 19.

En el grupo motor 1T construido como antes, en los casos donde un par muy grande es transmitido desde el rotor B2 35 a las ruedas motrices DW y DW, por ejemplo, durante el arranque parado EV y el arranque parado basado en ENG, la posición de velocidad de la transmisión 201 es controlada a la primera velocidad (relación de transmisión >1,0). Con esto, el par transmitido de rotor B2 TRB2 transmitido al rotor B2 35 se incrementa por la transmisión 201, y luego es transmitido a las ruedas motrices DW y DW. De acuerdo con ello, la potencia eléctrica suministrada al estator 33 de la segunda máquina rotativa 31 es controlada de tal manera que el par transmitido de rotor B2 TRB2 sea menor. Como consecuencia, según la presente invención, es posible reducir el valor máximo de par requerido de la segunda máquina rotativa 31, haciendo por ello posible reducir más el tamaño y los costos de la segunda máquina rotativa 31.

Además, en los casos donde la velocidad rotacional de rotor B2 VRB2 es demasiado alta, por ejemplo, durante la operación a alta velocidad del vehículo en la que la velocidad del vehículo VP es muy alta, la posición de velocidad de la transmisión 201 es controlada a la tercera velocidad (relación de transmisión <1,0). Con esto, según la presente realización, dado que la velocidad rotacional de rotor B2 VRB2 se puede bajar con respecto a la velocidad

del vehículo VP, es posible evitar que se produzca fallo de la segunda máquina rotativa 31 porque la velocidad rotacional de rotor B2 VRB2 sea demasiado alta.

Además, durante la marcha del vehículo incluyendo la marcha EV y la marcha ENG, la posición de velocidad de la transmisión 201 es controlada de tal manera que la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 sea igual a un valor deseado predeterminado. Este valor deseado se calcula buscando un mapa según la velocidad del vehículo VP cuando solamente la máquina rotativa 101 y la segunda máquina rotativa 31 se usan como fuentes de potencia motriz, mientras que cuando el motor 3, la máquina rotativa 101 y la segunda máquina rotativa 31 se usan como fuentes de potencia motriz, el valor deseado se calcula buscando un mapa distinto de dicho mapa según la velocidad del motor NE y la velocidad del vehículo VP. Además, en estos mapas, el valor deseado se pone a un valor tal que sea posible obtener eficiencia alta de la segunda máquina rotativa 31 con respecto a la velocidad del vehículo VP (y la velocidad del motor NE) asumida entonces. Además, en paralelo con el control antes descrito de la transmisión 201, la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 es controlada a dicho valor deseado. Con esto, según la presente realización, durante la marcha del vehículo, es posible obtener la eficiencia alta de la segunda máquina rotativa 31.

Además, durante la marcha ENG, y al mismo tiempo durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión 201 (después de que el eje de entrada 202 y el eje de salida de la transmisión 201 son desconectados de un tren de engranajes seleccionado antes de un cambio de velocidad y hasta que el eje de entrada 202 y el eje de salida estén conectados a un tren de engranajes seleccionado para el cambio de velocidad), es decir, cuando el rotor B2 35 y las ruedas motrices DW y DW son desconectados uno de otro por la transmisión 201, como se ha descrito con respecto a la decimoquinta realización, parte del par motor TENG es transmitida a las ruedas motrices DW y DW mediante el primer engranaje solar S1. Con esto, según la presente realización, durante la operación de cambio de velocidad de la transmisión 201, es posible evitar un choque de cambio de velocidad, que puede ser producido por interrupción de la transmisión del par motor TENG a las ruedas motrices DW y DW. Esto hace posible mejorar la comerciabilidad.

Además, de forma similar a la decimoquinta realización, usando la máquina rotativa 101, la primera unidad de engranaje planetario PS1 y la segunda máquina rotativa 31, es posible transmitir la potencia motriz de motor a las ruedas motrices DW y DW cambiando al mismo tiempo de forma progresiva su velocidad, de modo que es posible reducir la frecuencia de la operación de cambio de velocidad de la transmisión 201. Esto hace posible mejorar la eficiencia de accionamiento del grupo motor 1T. Además, según la presente realización, es posible obtener los mismos efectos ventajosos que los proporcionados por la decimoquinta realización.

Se deberá indicar que, aunque en la presente realización la transmisión 201 es una transmisión escalonada del tipo de engranaje, se ha de entender que se puede emplear una transmisión no etápica del tipo de correa, de tipo toroidal o de tipo hidráulico.

A continuación, un grupo motor 1U según una vigésimo segunda realización de la presente invención se describirá con referencia a la figura 70. Como se representa en la figura, este grupo motor 1U se ha construido añadiendo el mecanismo de freno BL descrito en la sexta realización al grupo motor 1N según la decimoquinta realización. La descripción siguiente versa principalmente sobre los puntos diferentes de la decimoquinta realización.

En el grupo motor 1U, el mecanismo de freno BL permite que el primer eje de giro 4 gire solamente cuando realice rotación normal conjuntamente con el cigüeñal 3a, el primer soporte C1, y el rotor B1 34, pero bloquea la rotación del primer eje de giro 4 cuando realiza rotación inversa conjuntamente con el cigüeñal 3a, etc. Se deberá indicar que, en la presente realización, el mecanismo de freno BL corresponde a un mecanismo de freno de la invención según la reivindicación 20.

Además, el grupo motor 1U realiza las operaciones por dicho avance lento EV y arranque parado EV de la siguiente manera: el grupo motor 1U suministra potencia eléctrica al estator 102 de la máquina rotativa 101 haciendo que el rotor 103 realice rotación inversa conjuntamente con el primer engranaje anular R1, y suministra potencia eléctrica al estator 33 de la segunda máquina rotativa 31 haciendo que el segundo campo magnético rotativo generado por el estator 33 junto con el suministro de la potencia eléctrica realice rotación normal. Además, el grupo motor 1U controla la velocidad rotacional de rotor VRO y la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 de tal manera que $(\beta+1) \cdot |VRO| = r1 \cdot |VMF2|$ sea válido. Además, la potencia eléctrica suministrada a los estatores 102 y 33 es controlada de tal manera que se transmite par suficiente a las ruedas motrices DW y DW.

Mientras el primer engranaje anular R1 realiza rotación inversa conjuntamente con el rotor 103, como se ha descrito anteriormente, la rotación inversa del primer soporte C1 es bloqueada por el mecanismo de freno BL, como se ha descrito anteriormente, de modo que toda la potencia motriz de la máquina rotativa 101 es transmitida al primer engranaje solar S1 mediante el primer engranaje anular R1 y los primeros engranajes planetarios P1, actuando por ello en el primer engranaje solar S1 haciendo que el primer engranaje solar S1 lleve a cabo rotación normal. Además, mientras el segundo campo magnético rotativo generado por el estator 33 realiza rotación normal, como se ha descrito anteriormente, la rotación inversa del rotor B1 34 es bloqueada por el mecanismo de freno BL, de modo que toda la potencia eléctrica suministrada al estator 33 es transmitida al rotor B2 35 como potencia motriz, actuando por ello en el rotor B2 35 haciendo que el rotor B2 35 efectúe rotación normal. Además, la potencia motriz

transmitida al primer engranaje solar S1 y el rotor B2 35 es transmitida a las ruedas motrices DW y DW, y hace que las ruedas motrices DW y DW realicen rotación normal.

Además, en este caso, en el primer soporte C1 y el rotor B1 34, que están bloqueados de manera que no realicen rotación inversa por el mecanismo de freno BL, los pares actúan desde el rotor 103 y el estator 33 a través de dicho control de la máquina rotativa 101 y la segunda máquina rotativa 31 de tal manera que los pares hagan que el primer soporte C1 y el rotor B1 34 realicen rotación inversa, respectivamente, por lo que el cigüeñal 3a, el primer soporte C1 y el rotor B1 34 no solamente están bloqueados contra la realización de rotación inversa, sino que también se mantienen estacionarios.

Como se ha descrito anteriormente, según la presente realización, es posible accionar las ruedas motrices DW y DW por la máquina rotativa 101 y la segunda máquina rotativa 31 sin usar la potencia motriz de motor. Además, durante el accionamiento de las ruedas motrices DW y DW, no solamente se evita la rotación inversa del cigüeñal 3a, sino que también se mantiene estacionario, y por lo tanto, el cigüeñal 3a no arrastra el motor 3. Además, es posible obtener los mismos efectos ventajosos que los proporcionados por la decimoquinta realización.

Se deberá indicar que, aunque en las realizaciones decimoquinta a vigésimo segunda antes descritas, de forma similar a la primera realización, la segunda relación de número de pares de polos β de la segunda máquina rotativa 31 se pone a 2,0. Si la segunda relación de número de pares de polos β se pone a menos que 1,0, como es evidente por las figuras 25 y 58, es posible evitar que la eficiencia de accionamiento disminuya por la aparición de pérdida producida porque la velocidad rotacional de segundo campo magnético VMF2 sea demasiado alta. Además, aunque en las realizaciones decimoquinta a vigésimo segunda, la primera relación de engranaje planetario r1 de la primera unidad de engranaje planetario PS1 se pone a un valor relativamente grande, poniendo la primera relación de engranaje planetario r1 a un valor menor, es posible obtener los efectos ventajosos siguientes:

Como es evidente por la figura 58, cuando la primera relación de engranaje planetario r1 se pone a un valor relativamente grande, si la velocidad del motor NE es más alta que la velocidad del vehículo VP (véanse las líneas de dos puntos y trazo en la figura 58), la velocidad rotacional de rotor VRO es más alta que la velocidad del motor NE, y a veces es demasiado alta. En contraposición, si la primera relación de engranaje planetario r1 se pone a un valor menor, como es evidente por una comparación entre las líneas de trazos y líneas de dos puntos y trazo en el nomograma de velocidad en la figura 58, la velocidad rotacional de rotor VRO se puede reducir, y por lo tanto es posible evitar que la eficiencia de accionamiento disminuya por la aparición de pérdida producida porque la velocidad rotacional de rotor VRO sea demasiado alta.

Además, aunque en las realizaciones decimoquinta a vigésimo segunda, el primer soporte C1 y el rotor B1 34 están conectados directamente uno a otro, y el primer engranaje solar S1 y el rotor B2 35 están conectados directamente uno a otro, el primer soporte C1 y el rotor B1 34 no tienen que estar necesariamente conectados directamente uno a otro en la medida en que estén conectados al cigüeñal 3a. Además, el primer engranaje solar S1 y el rotor B2 35 no tienen que estar necesariamente conectados directamente uno a otro en la medida en que estén conectados a las ruedas motrices DW y DW. En este caso, cada una de las transmisiones 161 y 171 de las realizaciones decimoséxta y decimoséptima puede estar formada por dos transmisiones, que se pueden disponer de la siguiente manera: una de las dos transmisiones que forma la transmisión 161 se puede disponer entre el primer engranaje solar S1 y las ruedas motrices DW y DW mientras que la otra se puede disponer entre el rotor B2 35 y las ruedas motrices DW y DW. Además, una de las dos transmisiones que forma la transmisión 171 se puede disponer entre el primer soporte C1 y el cigüeñal 3a mientras que la otra se puede disponer entre el rotor B1 34 y el cigüeñal 3a.

Además, aunque en las realizaciones decimoquinta a vigésimo segunda el primer engranaje solar S1 y el primer engranaje anular R1 están conectados a las ruedas motrices DW y DW y la máquina rotativa 101, respectivamente, la relación de conexión anterior se puede invertir, es decir, el primer engranaje anular R1 y el primer engranaje solar S1 pueden estar conectados a las ruedas motrices DW y DW y la máquina rotativa 101, respectivamente. En este caso, al tiempo del arranque ENG durante la marcha EV en el que el par demandado de la máquina rotativa 101 es especialmente grande, el par de máquina rotativa TMOT se expresa por la ecuación siguiente (67):

$$TMOT = - \{ \beta \cdot TDDW + (1 + \beta) TDENG \} / (r1' + 1 + \beta) \quad \dots \quad (67)$$

En esta ecuación (67), r1' representa una relación entre el número de los dientes de engranaje del primer engranaje anular y el de los dientes de engranaje del primer engranaje solar S1 (el número de los dientes de engranaje del primer engranaje anular/el número de los dientes de engranaje del primer engranaje solar S1), como se ha descrito anteriormente, y es mayor que 1,0. Como es claro por esta configuración, el hecho de que la primera relación de engranaje planetario r1 represente el número de los dientes de engranaje del primer engranaje solar S1/el número de los dientes de engranaje del primer engranaje anular, como se ha descrito anteriormente, y sea menor que 1,0, y dichas ecuaciones (64) y (67), el par de máquina rotativa TMOT se puede reducir, haciendo por ello posible reducir más el tamaño y los costos de la máquina rotativa 101.

Además, aunque en las realizaciones séptima a vigésimo segunda, la primera unidad de engranaje planetario PS1 se usa como el engranaje diferencial en la invención según la reivindicación 8, se puede emplear cualquier otro dispositivo adecuado en la medida en que tenga las funciones siguientes: que tenga tres elementos y la función de distribuir potencia motriz introducida en uno de los tres elementos a los otros dos elementos, y la función de combinar la potencia motriz introducida en los otros dos elementos, y luego envíe la potencia motriz combinada a un elemento anterior, girando los tres elementos al mismo tiempo que se mantiene una relación de velocidad lineal entre ellos durante la distribución y la combinación de la potencia motriz. Por ejemplo, se puede emplear un dispositivo tal que tenga una pluralidad de rodillos para transmitir potencia motriz por rozamiento entre las superficies en lugar de los engranajes de la unidad de engranaje planetario, y tiene las funciones equivalentes a la unidad de engranaje planetario. Además, aunque se omite su descripción detallada, se puede emplear el dispositivo descrito en la Solicitud de Patente japonesa número 2006-213905, que está formado por una combinación de una pluralidad de imanes y elementos magnéticos de material blando. Además, se puede usar una unidad de engranaje planetario del tipo de piñón doble como el engranaje diferencial. Esto también se aplica igualmente a la segunda unidad de engranaje planetario PS2.

Además, aunque en las realizaciones séptima a vigésimo segunda la máquina rotativa 101 como la segunda máquina rotativa en la invención según la reivindicación 8 es un motor CC, se puede emplear cualquier otro dispositivo adecuado, tal como un motor CA, en la medida en que tenga la función de convertir la potencia eléctrica suministrada a potencia motriz, y la función de convertir la potencia motriz introducida a potencia eléctrica. Además, se ha de entender que en las realizaciones séptima a decimotercera y las realizaciones decimoquinta a vigésimo primera, se puede prever el mecanismo de freno BL para bloquear la rotación inversa del cigüeñal 3a. Además, aunque el mecanismo de freno BL esté formado por el embrague unidireccional OC y la caja CA, el mecanismo de freno BL puede estar formado por otro mecanismo adecuado, tal como un freno de mano, en la medida en que sea capaz de bloquear la rotación inversa del cigüeñal 3a.

Se deberá indicar que la presente invención no se limita de ningún modo a las realizaciones descritas anteriormente, sino que se puede poner en práctica de varias formas. Por ejemplo, en las realizaciones antes descritas, los controladores primero y segundo en la presente invención están formados por la UEC 2 y las PDU's primera y segunda 41 y 42, los controladores primero y segundo no se limitan a estos, sino que se puede usar cualesquiera controladores adecuados en la medida en que sean capaces de controlar la generación de potencia eléctrica por los estatores 23, 33, y 102, y la potencia eléctrica suministrada a ellos. Por ejemplo, los controladores primero y segundo pueden estar formados por circuitos eléctricos o análogos en los que se hayan instalado microordenadores. Además, aunque en las realizaciones antes descritas, el dispositivo de almacenamiento de potencia eléctrica en la presente invención es la batería 43, esto no es limitativo, sino que el dispositivo de almacenamiento de potencia eléctrica puede ser un condensador, por ejemplo, en la medida en que sea capaz de cargarse y descargarse. Además, la batería 43 se puede omitir, dependiendo de si se necesita.

Además, en las realizaciones antes descritas, se han dispuesto cuatro primeros polos magnéticos de inducido, ocho primeros polos magnéticos, y seis núcleos 25a. Es decir, en las realizaciones antes descritas, la relación entre el número de los primeros polos magnéticos de inducido, el número de los primeros polos magnéticos, y el número de los primeros elementos de material magnético blando en la presente invención es 1:2:1,5, a modo de ejemplo. Sin embargo, se pueden emplear respectivos números deseados de los primeros polos magnéticos de inducido, los primeros polos magnéticos y los núcleos 25a, en la medida en que la relación entre ellos cumpla $1:m:(1+m)/2$ ($m \neq 1,0$). Esto también se aplica igualmente a la segunda máquina rotativa 31. Además, aunque en las realizaciones antes descritas, los núcleos 25a y 35a están formados por chapas de acero, pueden estar formados por otros materiales magnéticos blandos.

Además, aunque en las realizaciones antes descritas, el estator 23 y el rotor A1 24 están dispuestos en una posición exterior y una posición interior en la dirección radial, respectivamente, esto no es limitativo, sino que, inversamente, se pueden disponer en una posición interior y una posición exterior en la dirección radial, respectivamente. Además, aunque en las realizaciones antes descritas, la primera máquina rotativa 21 se ha construido como el tipo denominado radial disponiendo el estator 23 y los rotores A1 y A2 24 y 25 en la dirección radial, la primera máquina rotativa 21 se puede construir como el denominado tipo axial disponiendo el estator 23 y los rotores A1 y A2 24 y 25 en la dirección axial. Esto también se aplica igualmente a la segunda máquina rotativa 31.

Además, aunque en las realizaciones antes descritas, un polo magnético está formado por un polo magnético de un solo imán permanente 24a, puede estar formado por polos magnéticos de una pluralidad de imanes permanentes. Por ejemplo, si se forma un polo magnético disponiendo dos imanes permanentes en forma de V invertida de tal manera que sus polos magnéticos estén más próximos uno a otro hacia el estator 23, es posible mejorar la directividad de dicha línea de fuerza magnética ML. Además, se puede usar electroimanes o inducidos que pueden generar un campo magnético móvil en lugar de los imanes permanentes 24a usados en las realizaciones antes descritas. Además, aunque en las realizaciones antes descritas, las bobinas de fase U a fase W 23c a 23e están enrolladas en las ranuras 23b por devanado distribuido, esto no es limitativo, sino que pueden estar enrolladas por devanado concentrado. Además, aunque en las realizaciones antes descritas, las bobinas 23c a 23e están formadas por bobinas trifásicas de fase U a fase W, el número de fases de las bobinas se puede poner a voluntad en la medida en que las bobinas puedan generar el primer campo magnético rotativo. Además, se ha de entender que un

número deseado de ranuras, distinto del usado en las realizaciones antes descritas, se puede emplear como el número de las ranuras 23b. Además, aunque en las realizaciones antes descritas, las ranuras 23b, los imanes permanentes 24a, y los núcleos 25a están dispuestos a intervalos igualmente espaciados, se pueden disponer a intervalos desigualmente espaciados. Lo anterior también se aplica igualmente a la segunda máquina rotativa 31.

Además, aunque en las realizaciones antes descritas, el motor 3 como un motor térmico en la presente invención es un motor de gasolina, se puede usar cualquier otro motor adecuado, tal como un motor diesel o un motor de combustión externa. Además, aunque en las realizaciones antes descritas, la presente invención se aplica a un vehículo, a modo de ejemplo, esto no es limitativo, sino que, por ejemplo, se puede aplicar, por ejemplo, a un barco y un avión. También se ha de entender que se pueden hacer varios cambios y modificaciones sin apartarse de su espíritu y alcance.

[Aplicabilidad industrial]

El grupo motor según la presente invención es muy útil para lograr una reducción del tamaño y los costos del grupo motor, y mejorar su eficiencia de accionamiento.

[Descripción de números de referencia]

1: grupo motor

1A: grupo motor

1B: grupo motor

1C: grupo motor

1D: grupo motor

1E: grupo motor

1F: grupo motor

1G: grupo motor

1H: grupo motor

1I: grupo motor

1J: grupo motor

1K: grupo motor

1L: grupo motor

1M: grupo motor

1N: grupo motor

1O: grupo motor

1P: grupo motor

1Q: grupo motor

1R: grupo motor

1S: grupo motor

1T: grupo motor

1U: grupo motor

DW: ruedas de accionamiento (partes movidas)

2: UEC (primer controlador, segundo controlador)

	3a: cigüeñal (porción de salida, primera porción de salida)
5	3: motor (motor térmico)
	21: primera máquina rotativa
	23: estator (primer estator)
10	23a: núcleo de hierro (primer inducido, inducido)
	23c: bobina de fase U (primer inducido, inducido)
	23d: bobina de fase V (primer inducido, inducido)
15	23e: bobina de fase W (primer inducido, inducido)
	24: rotor A1 (primer rotor)
20	24a: imán permanente (primer polo magnético, polo magnético)
	25: rotor A2 (segundo rotor)
25	25a: núcleo (primer elemento de material magnético blando, elemento de material magnético blando)
	31: segunda máquina rotativa (primera máquina rotativa)
	33: estator (segundo estator)
30	33a: núcleo de hierro (segundo inducido, inducido)
	33b: bobina de fase U (segundo inducido, inducido)
	33b: bobina de fase V (segundo inducido, inducido)
35	33b: bobina de fase W (segundo inducido, inducido)
	34: rotor B1 (tercer rotor, primer rotor)
40	34a: imán permanente (segundo polo magnético, polo magnético)
	35: rotor B2 (cuarto rotor, segundo rotor)
45	35a: núcleo (segundo elemento de material magnético blando, elemento de material magnético blando)
	41: primera PDU (primer controlador, segundo controlador)
	42: segunda PDU (segundo controlador, primer controlador)
50	43: batería (dispositivo de almacenamiento de potencia eléctrica)
	61: transmisión
55	71: transmisión
	81: transmisión
	91: transmisión
60	101: máquina rotativa (segunda máquina rotativa)
	103: rotor (segunda porción de salida)
	111: transmisión
65	121: transmisión

	131: transmisión
5	141: transmisión
	151: transmisión
	161: transmisión
10	171: transmisión
	181: transmisión
	191: transmisión
15	201: transmisión
	PS1: primera unidad de engranaje planetario (engranaje diferencial)
20	S: primer engranaje solar (primer elemento, tercer elemento)
	R1: primer engranaje anular (tercer elemento, primer elemento)
	C1: primer soporte (segundo elemento)
25	B: mecanismo de freno
	PS2: segunda unidad de engranaje planetario (unidad de engranaje planetario)
30	S2: segundo engranaje solar (engranaje solar)
	R2: segundo engranaje anular (engranaje anular)
	P2: segundo engranaje planetario (engranaje planetario)
35	C2: segundo soporte (soporte)
	CL1: primer embrague
40	CL2: segundo embrague

REIVINDICACIONES

1. Un grupo motor para mover partes movidas, incluyendo:

5 un motor térmico (3) que tiene una porción de salida (3a) para enviar potencia motriz;

una primera máquina rotativa (21); y

una segunda máquina rotativa (31),

10 incluyendo dicha primera máquina rotativa (21):

un primer rotor (24) que tiene una primera fila de polos magnéticos que está formada por una pluralidad
predeterminada de primeros polos magnéticos (24a) dispuestos en una primera dirección circunferencial y tiene
15 cada dos primeros polos magnéticos adyacentes (24a) dispuestos de manera que tengan polaridades diferentes uno
de otro, siendo rotativo dicho primer rotor (24) en la primera dirección circunferencial;

un primer estator inmóvil (23) que tiene una primera fila de inducidos que está formada por una pluralidad de
primeros inducidos (23a) dispuestos en la primera dirección circunferencial, y está dispuesto de manera opuesta a
20 dicha primera fila de polos magnéticos, para generar un primer campo magnético rotativo que gira en la primera
dirección circunferencial entre dicha primera fila de inducidos y dicha primera fila de polos magnéticos, por una
pluralidad predeterminada de primeros polos magnéticos de inducido generados en dicha pluralidad de primeros
inducidos (23a); donde

25 dicha primera máquina rotativa (21) incluye además:

un segundo rotor (25) que tiene una primera fila de elementos de material magnético blando que está formada por
una pluralidad predeterminada de primeros elementos de material magnético blando (25a) dispuestos en la primera
dirección circunferencial espaciados uno de otro, y está dispuesto entre dicha primera fila de polos magnéticos y
30 dicha primera fila de inducidos, siendo rotativo dicho segundo rotor (25) en la primera dirección circunferencial,
caracterizado porque

una relación entre el número de los primeros polos magnéticos de inducido, el número de los primeros polos
magnéticos (24a), y el número de dichos primeros elementos de material magnético blando (25a) se pone a
35 $1:m:(1+m)/2$ (donde $m \neq 1,0$, incluyendo dicha segunda máquina rotativa (31):

un tercer rotor (34) que tiene una segunda fila de polos magnéticos que está formada por una pluralidad
predeterminada de segundos polos magnéticos (34a) dispuestos en una segunda dirección circunferencial, y tiene
40 cada dos segundos polos magnéticos adyacentes (34a) dispuestos de manera que tengan polaridades diferentes
uno de otro, siendo rotativo dicho tercer rotor (34) en la segunda dirección circunferencial;

un segundo estator inmóvil (33) que tiene una segunda fila de inducidos que está formada por una pluralidad de
segundos inducidos (33a) dispuestos en la segunda dirección circunferencial, y está dispuesto de manera opuesta a
45 dicha segunda fila de polos magnéticos, para generar un segundo campo magnético rotativo que gira en la segunda
dirección circunferencial entre dicha segunda fila de inducidos y dicha segunda fila de polos magnéticos, por una
pluralidad predeterminada de segundos polos magnéticos de inducido generados en dicha pluralidad de segundos
inducidos (33a); y

un cuarto rotor (35) que tiene una fila de segundos elementos de material magnético blando que está formada por
una pluralidad predeterminada de segundos elementos de material magnético blando (35a) dispuestos en la
50 segunda dirección circunferencial espaciados uno de otro, y está dispuesto entre dicha segunda fila de polos
magnéticos y dicha segunda fila de inducidos, siendo rotativo dicho cuarto rotor (35) en la segunda dirección
circunferencial,

donde una relación entre el número de los segundos polos magnéticos de inducido, el número de los segundos
polos magnéticos (34a), y el número de dichos segundos elementos de material magnético blando (35a) se pone a
55 $1:n:(1+n)/2$ donde $n \neq 1,0$,

incluyendo además el grupo motor:

60 un primer controlador (41) conectado eléctricamente a dicho primer estator (23), para controlar la potencia eléctrica
generada por dicho primer estator (23) y la potencia eléctrica suministrada a dicho primer estator (23); y

un segundo controlador (42) conectado eléctricamente a dicho segundo estator (33), para controlar la potencia
65 eléctrica generada por dicho segundo estator (33) y la potencia eléctrica suministrada a dicho segundo estator (33),

donde dichos estatores primero y segundo (23, 33) están conectados eléctricamente uno a otro mediante dichos controladores primero y segundo (41, 42), estando conectados dichos rotores primero y cuarto (24, 35) mecánicamente a las partes movidas (DW), y estando conectados dichos rotores segundo y tercero (25, 34) mecánicamente a dicha porción de salida de dicho motor térmico (3).

2. Un grupo motor según la reivindicación 1, incluyendo además un dispositivo de almacenamiento de potencia eléctrica que está configurado de manera que sea capaz de cargarse y descargarse y está conectado eléctricamente a dichos estatores primero y segundo (23, 33) mediante dichos controladores primero y segundo (41, 42), respectivamente.

3. Un grupo motor según la reivindicación 1 o 2, incluyendo además una transmisión para cambiar la velocidad de la potencia motriz de dichos rotores primero y cuarto (24, 35) y transmitir la potencia motriz a las partes movidas (DW).

4. Un grupo motor según la reivindicación 1 o 2, incluyendo además una transmisión para cambiar la velocidad de potencia motriz de dicho primer rotor (24) y transmitir la potencia motriz a las partes movidas (DW).

5. Un grupo motor según la reivindicación 1 o 2, incluyendo además una transmisión para cambiar la velocidad de potencia motriz de dicho cuarto rotor (35) y transmitir la potencia motriz a las partes movidas (DW).

6. Un grupo motor según la reivindicación 1 o 2, incluyendo además una transmisión para cambiar la velocidad de la potencia motriz de dicha porción de salida (3a) de dicho motor térmico (3) y transmitir la potencia motriz a dichos rotores segundo y tercero (25, 34).

7. Un grupo motor según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, incluyendo además un mecanismo de freno (BL) para bloquear la rotación inversa de dicha porción de salida de dicho motor térmico (3).

8. Un grupo motor para mover partes movidas, incluyendo:

un motor térmico (3) que tiene una primera porción de salida (3a) para enviar potencia motriz;

una primera máquina rotativa (21) incluyendo un primer rotor (24) que tiene una fila de polos magnéticos que está formada por una pluralidad predeterminada de polos magnéticos (24a) dispuestos en una dirección circunferencial, y tiene cada dos polos magnéticos adyacentes dispuestos de manera que tengan polaridades diferentes uno de otro, siendo rotativo dicho primer rotor (24) en la dirección circunferencial, un estator inmóvil (23) que tiene una fila de inducidos que está formada por una pluralidad de inducidos (23a) dispuestos en la dirección circunferencial, y está dispuesto de manera opuesta a dicha fila de polos magnéticos, para generar un campo magnético rotativo que gira en la dirección circunferencial entre dicha fila de inducidos y dicha fila de polos magnéticos, por una pluralidad predeterminada de polos magnéticos de inducido generados en dicha pluralidad de inducidos (23a),

un segundo rotor (25) que tiene una fila de elementos de material magnético blando que está formada por una pluralidad predeterminada de elementos magnéticos de material blando (25a) dispuestos en la dirección circunferencial espaciados uno de otro, y está dispuesto entre dicha fila de polos magnéticos y dicha fila de inducidos, siendo rotativo dicho segundo rotor (25) en la dirección circunferencial,

caracterizado porque una relación entre el número de los polos magnéticos de inducido, el número de los polos magnéticos (24a), y el número de dichos elementos magnéticos de material blando (25a) se pone a $1:m:(1+m)/2$ donde $m \neq 1,0$;

un primer controlador (41) está conectado eléctricamente a dicho estator (23), para controlar la potencia eléctrica generada por dicho estator (23) y la potencia eléctrica suministrada a dicho estator (23);

un diferencial incluyendo un primer elemento (S1), un segundo elemento (C1) y un tercer elemento (R1) conectados mecánicamente uno a otro, y que tiene una función de distribuir la potencia motriz introducida en dicho segundo elemento (C1) a dichos elementos primero y tercero (S1, R1) y una función de combinar la potencia motriz introducida a dicho primer elemento (S1) y la potencia motriz introducida a dicho tercer elemento (R1) y luego enviar la potencia motriz combinada a dicho segundo elemento (C1), girando dichos elementos primero a tercero (S1, C1, R1) manteniendo al mismo tiempo una relación colineal con respecto a la velocidad rotacional, durante la distribución y la combinación de la potencia motriz;

una segunda máquina rotativa (31) incluyendo una segunda porción de salida, y que tiene una función de convertir la potencia eléctrica suministrada a potencia motriz y enviar la potencia motriz a dicha segunda porción de salida y una función de convertir la potencia motriz introducida a dicha segunda porción de salida a potencia eléctrica, generando por ello potencia eléctrica; y

un segundo controlador (42) conectado eléctricamente a dicha segunda máquina rotativa (31), para controlar la potencia eléctrica generada por dicha segunda máquina rotativa (31) y la potencia eléctrica suministrada a dicha

segunda máquina rotativa (31),

donde uno de un par de dicho primer rotor (24) y dicho segundo elemento y un par de dicho segundo rotor (34) y dicho primer elemento están conectados mecánicamente a dicha primera porción de salida (3a) de dicho motor térmico (3), mientras que el otro del par de dicho primer rotor (24) y dicho segundo elemento y el par de dicho segundo rotor (34) y dicho primer elemento están conectados mecánicamente a las partes movidas, estando conectado mecánicamente dicho tercer elemento a dicha segunda porción de salida de dicha segunda máquina rotativa (31), y estando conectado eléctricamente dicho estator y dicha segunda máquina rotativa (31) uno a otro mediante dichos controladores primero y segundo.

9. Un grupo motor según la reivindicación 8, incluyendo además un dispositivo de almacenamiento de potencia eléctrica que está configurado de manera que sea capaz de cargarse y descargarse y está conectado eléctricamente a dicho estator (23) y dicha segunda máquina rotativa mediante dichos controladores primero y segundo, respectivamente.

10. Un grupo motor según la reivindicación 8 o 9, incluyendo además una transmisión para cambiar la velocidad de la potencia motriz del otro del par de dicho primer rotor (24) y dicho segundo elemento (C1) y el par de dicho segundo rotor (25) y dicho primer elemento (S1) y transmitir la potencia motriz a las partes movidas (DW).

11. Un grupo motor según la reivindicación 8 o 9, incluyendo además una transmisión para cambiar la velocidad de la potencia motriz de dicha primera porción de salida (3a) de dicho motor térmico (3) y transmitir la potencia motriz al uno del par de dicho primer rotor (24) y dicho segundo elemento (C1) y el par de dicho segundo rotor (34) y dicho primer elemento (S1).

12. Un grupo motor según la reivindicación 8 o 9, donde dicho segundo rotor (34) y dicho primer elemento (S1) están conectados mecánicamente a dicha primera porción de salida (3a) de dicho motor térmico (3), y dicho primer rotor (24) y dicho segundo elemento (C1) están conectados mecánicamente a las partes movidas,

incluyendo además el grupo motor una transmisión para cambiar la velocidad de la potencia motriz de dicho primer rotor (24) y transmitir la potencia motriz a las partes movidas (DW).

13. Un grupo motor según la reivindicación 8 o 9, donde dicho segundo rotor (34) y dicho primer elemento (S1) están conectados mecánicamente a dicha primera porción de salida (3a) de dicho motor térmico (3), y dicho primer rotor (24) y dicho segundo elemento (C1) están conectados mecánicamente a las partes movidas,

incluyendo además el grupo motor una transmisión para cambiar la velocidad de la potencia motriz de dicha segunda porción de salida de dicha segunda máquina rotativa (31) y transmitir la potencia motriz a dicho tercer elemento (R1).

14. Un grupo motor según la reivindicación 8 o 9, donde dicho segundo rotor (34) y dicho primer elemento (S1) están conectados mecánicamente a dicha primera porción de salida (3a) de dicho motor térmico (3), y dicho primer rotor (24) y dicho segundo elemento (C1) están conectados mecánicamente a las partes movidas (DW),

incluyendo además el grupo motor una transmisión para cambiar la velocidad de la potencia motriz de dicho segundo elemento (C1) y transmitir la potencia motriz a las partes movidas (DW).

15. Un grupo motor según la reivindicación 8 o 9, donde dicho segundo rotor (34) y dicho primer elemento (S1) están conectados mecánicamente a dicha primera porción de salida (3a) de dicho motor térmico (3), y dicho primer rotor (24) y dicho segundo elemento (C1) están conectados mecánicamente a las partes movidas (DW),

incluyendo además el grupo motor:

una unidad de engranaje planetario (PS1) incluyendo un engranaje solar (S1), un engranaje anular (R1), y un soporte (C1) que soporta rotativamente los engranajes planetarios en engrane con dicho engranaje solar (S1) y dicho engranaje anular (R1);

un primer embrague (CL1); y

un segundo embrague (CL2),

donde uno de dicho engranaje solar (S1) y dicho engranaje anular (R1) está conectado mecánicamente a dicho segundo elemento (C1), donde dicho soporte (C1) está conectado mecánicamente a dicho tercer elemento (R1), y está conectado mecánicamente a dicha segunda porción de salida de dicha segunda máquina rotativa (31) mediante dicho primer embrague (CL1), y

donde el otro de dicho engranaje solar (S1) y dicho engranaje anular (R1) está conectado mecánicamente a dicha

segunda porción de salida mediante dicho segundo embrague (CL2).

5 16. Un grupo motor según la reivindicación 8 o 9, donde dicho primer rotor (24) y dicho segundo elemento (C1) están conectados mecánicamente a dicha primera porción de salida (3a) de dicho motor térmico (3), y dicho segundo rotor (34) y dicho primer elemento (S1) están conectados mecánicamente a las partes movidas (DW),

incluyendo además el grupo motor una transmisión para cambiar la velocidad de la potencia motriz transmitida entre dicha segunda porción de salida de dicha segunda máquina rotativa (31) y dicho tercer elemento.

10 17. Un grupo motor según la reivindicación 8 o 9, donde dicho primer rotor (24) y dicho segundo elemento (C1) están conectados mecánicamente a dicha primera porción de salida (3a) de dicho motor térmico (3), y dicho segundo rotor (34) y dicho primer elemento (S1) están conectados mecánicamente a las partes movidas,

15 incluyendo además el grupo motor una transmisión para cambiar la velocidad de la potencia motriz de dicho primer elemento (S1) y transmitir la potencia motriz a las partes movidas (DW).

20 18. Un grupo motor según la reivindicación 8 o 9, donde dicho primer rotor (24) y dicho segundo elemento (C1) están conectados mecánicamente a dicha primera porción de salida (3a) de dicho motor térmico (3), y dicho segundo rotor (34) y dicho primer elemento (S1) están conectados mecánicamente a las partes movidas (DW),

incluyendo además el grupo motor:

25 una unidad de engranaje planetario (PS1) incluyendo un engranaje solar (S1), un engranaje anular (R1), y un soporte (C1) que soporta rotativamente engranajes planetarios en engrane con dicho engranaje solar (S1) y dicho engranaje anular (R1);

un primer embrague (CL1); y

30 un segundo embrague (CL2),

donde uno de dicho engranaje solar (S1) y dicho engranaje anular (R1) está conectado mecánicamente a dicho segundo elemento (C1), donde dicho soporte (C1) está conectado mecánicamente a dicho tercer elemento (R1), y está conectado mecánicamente a dicha segunda porción de salida de dicha segunda máquina rotativa (31) mediante dicho primer embrague (CL1), y

35 donde el otro de dicho engranaje solar (S1) y dicho engranaje anular (R1) está conectado mecánicamente a dicha segunda porción de salida mediante dicho segundo embrague (CL2).

40 19. Un grupo motor según la reivindicación 8 o 9, donde dicho primer rotor (24) y dicho segundo elemento (C1) están conectados mecánicamente a dicha primera porción de salida (3a) de dicho motor térmico (3), y dicho segundo rotor (34) y dicho primer elemento (S1) están conectados mecánicamente a las partes movidas (DW),

45 incluyendo además el grupo motor una transmisión para cambiar la velocidad de la potencia motriz de dicho segundo rotor (34) y transmitir la potencia motriz a las partes movidas (DW).

20. Un grupo motor según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 19, incluyendo además un mecanismo de freno (BL) para bloquear la rotación inversa de dicha primera porción de salida (3a) de dicho motor térmico (3).

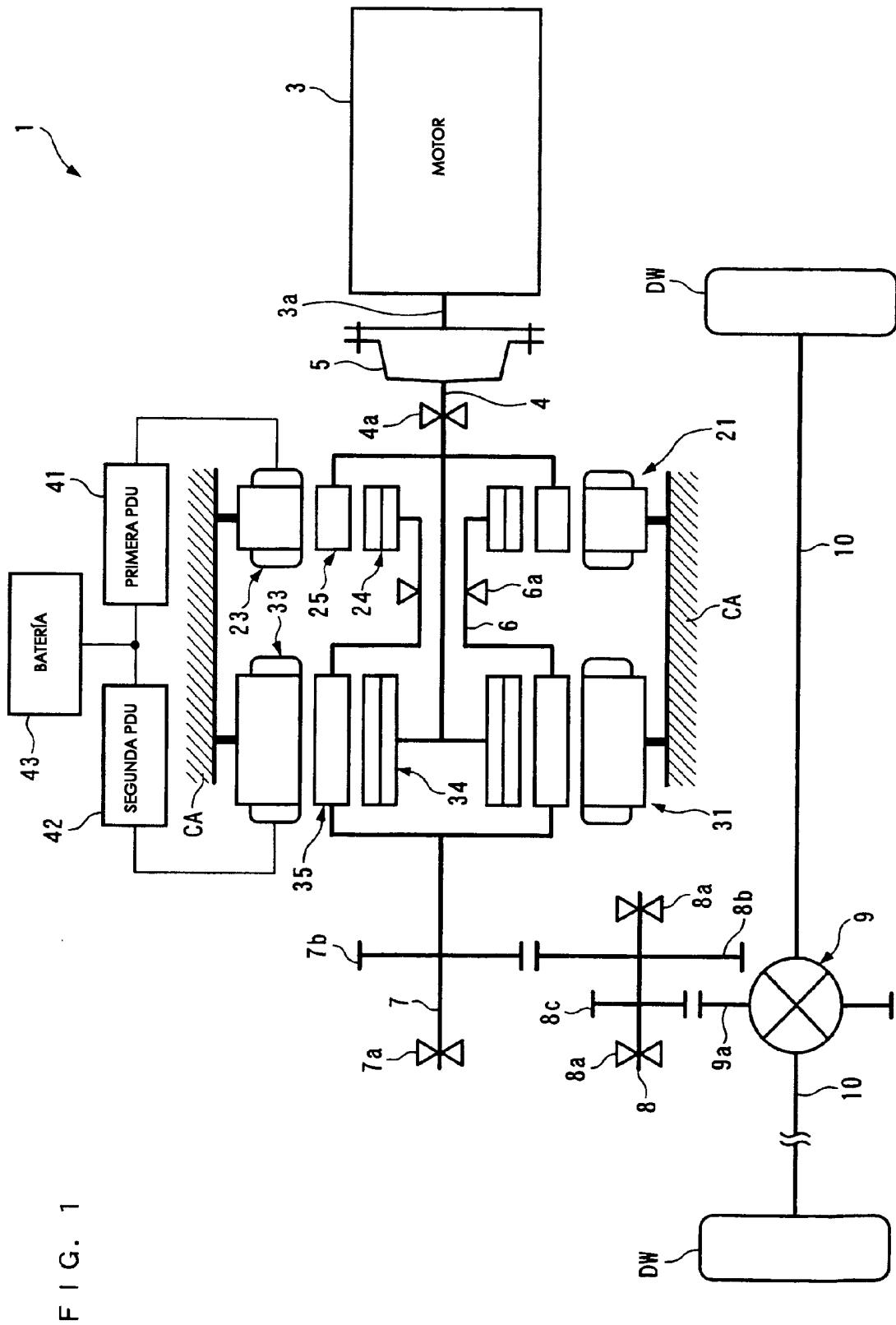


FIG. 2

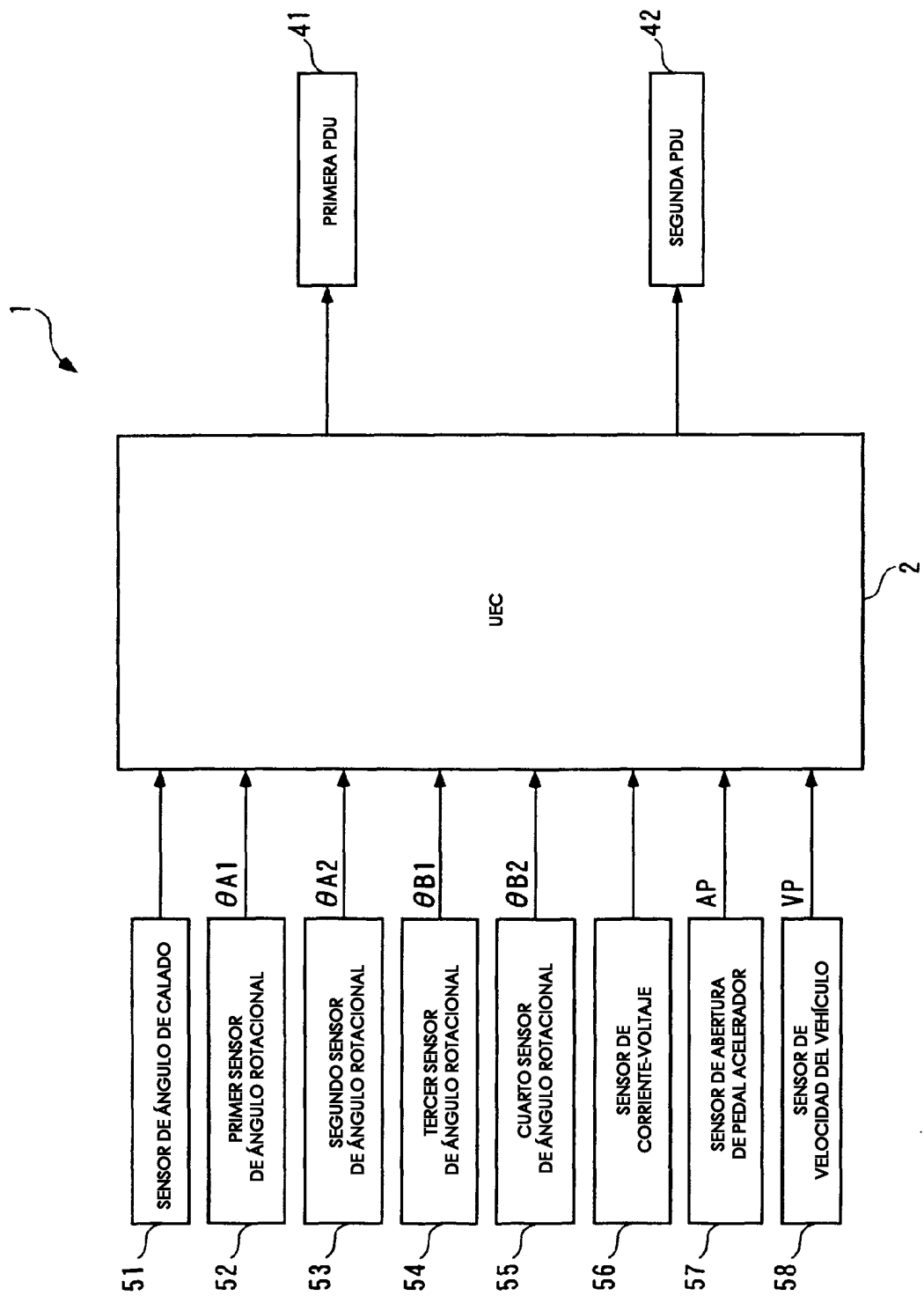


FIG. 3

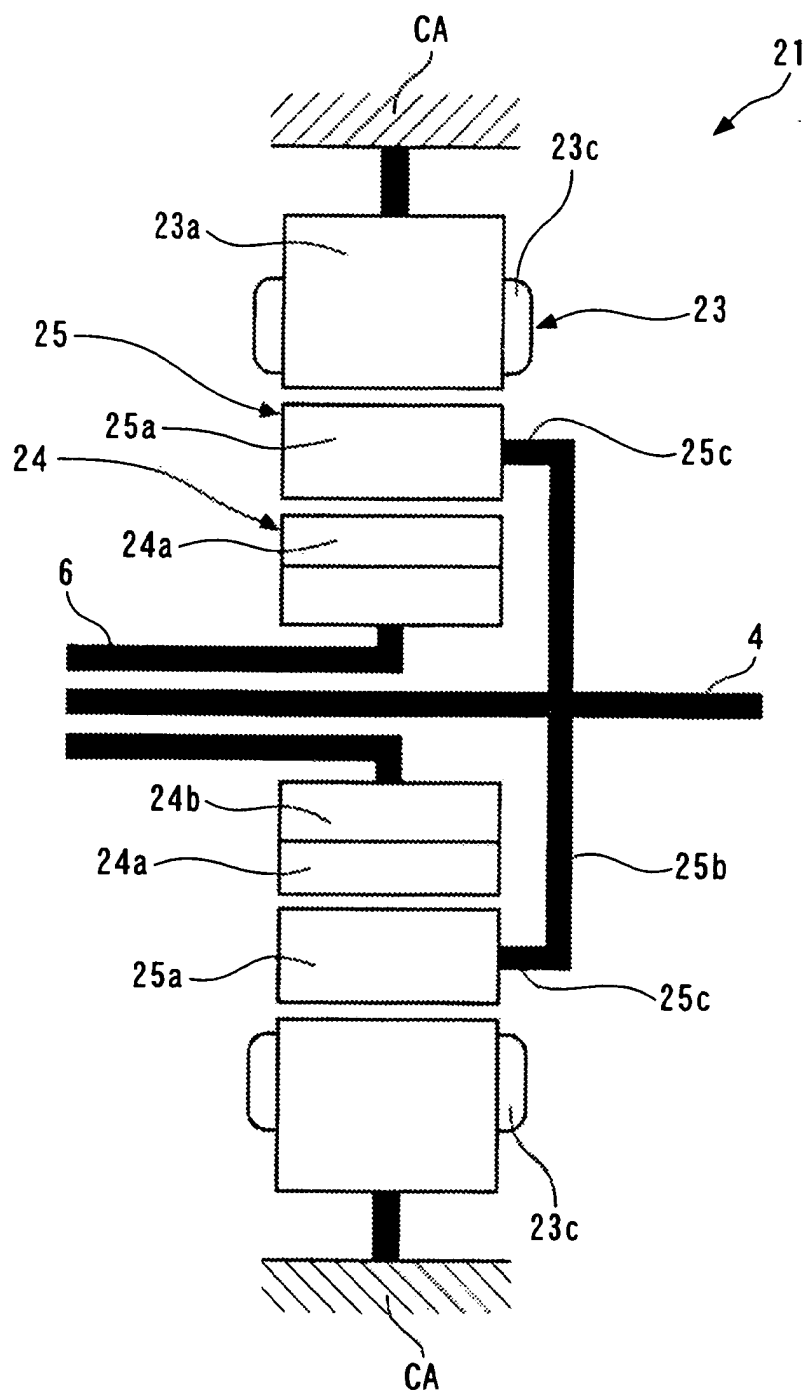
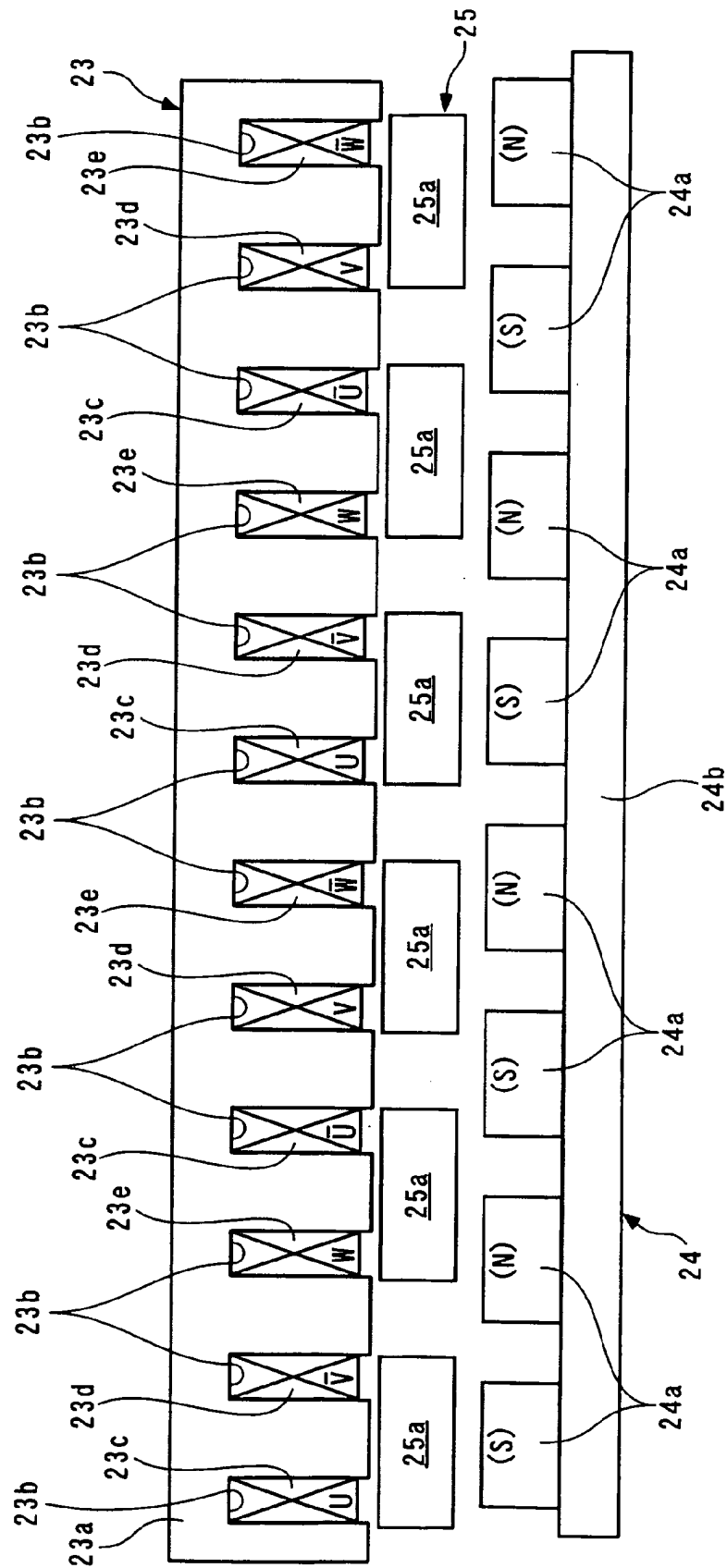


FIG. 4



F I G. 5

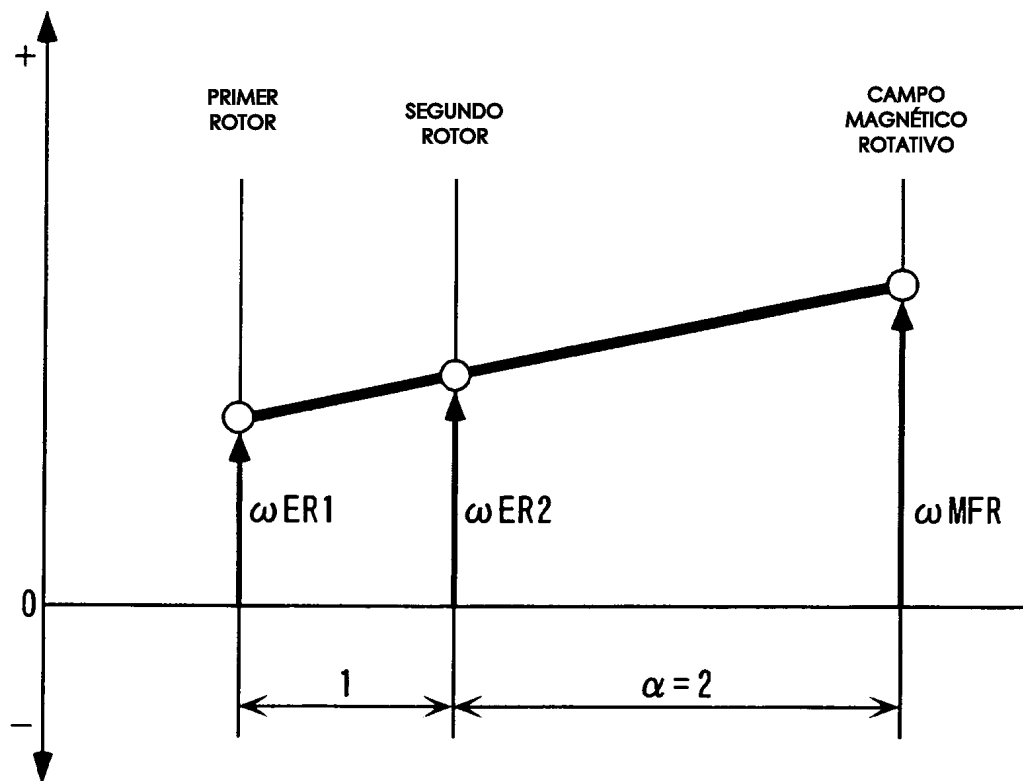


FIG. 6

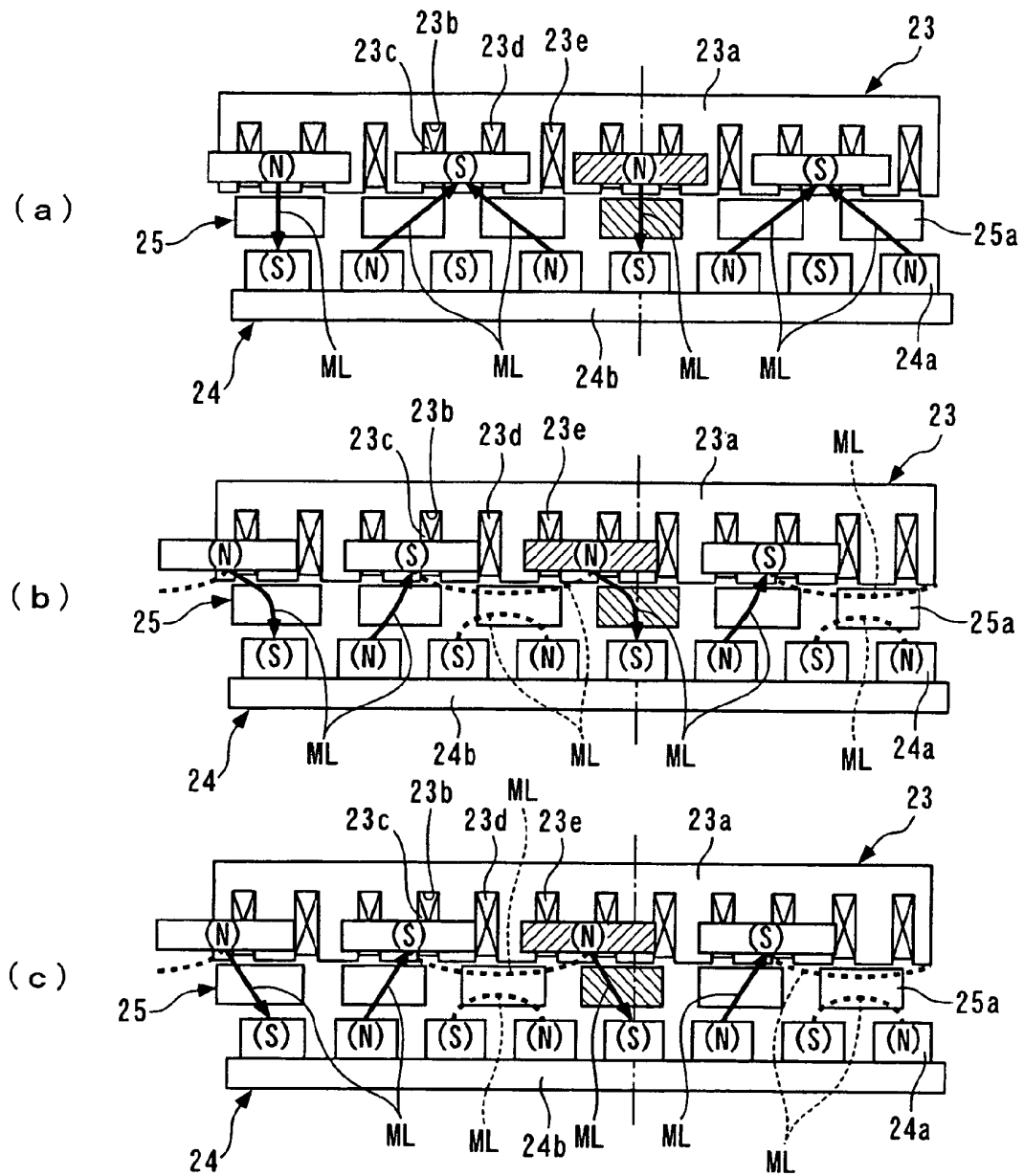


FIG. 7

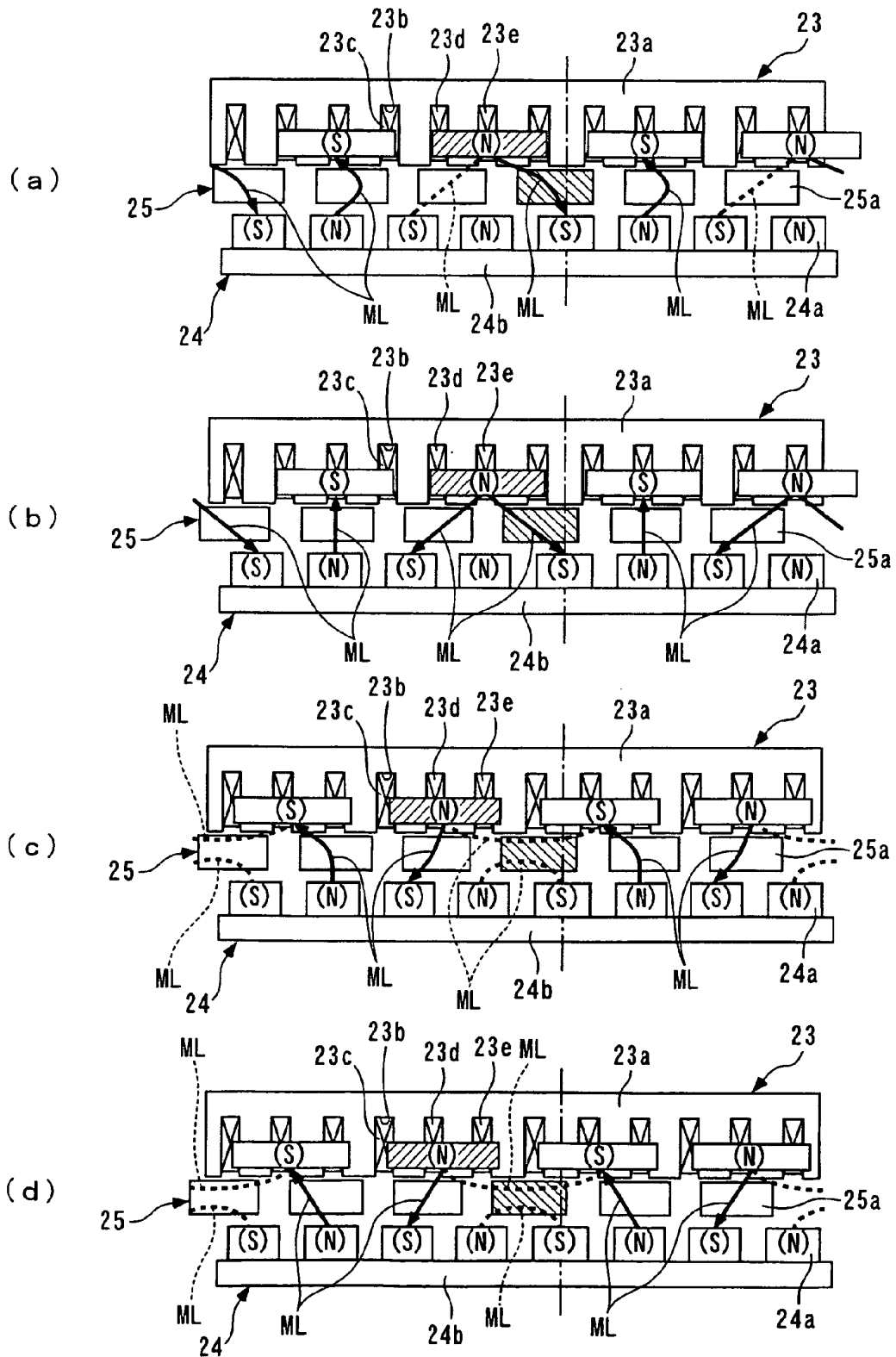


FIG. 8

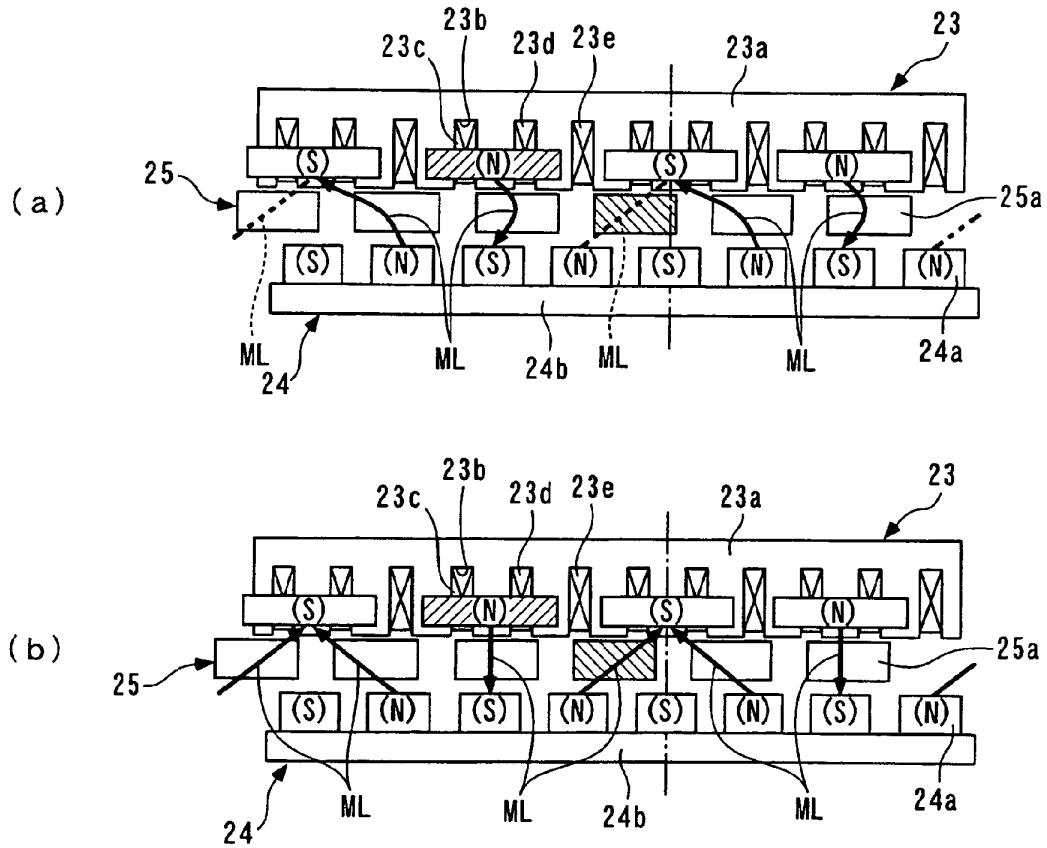


FIG. 9

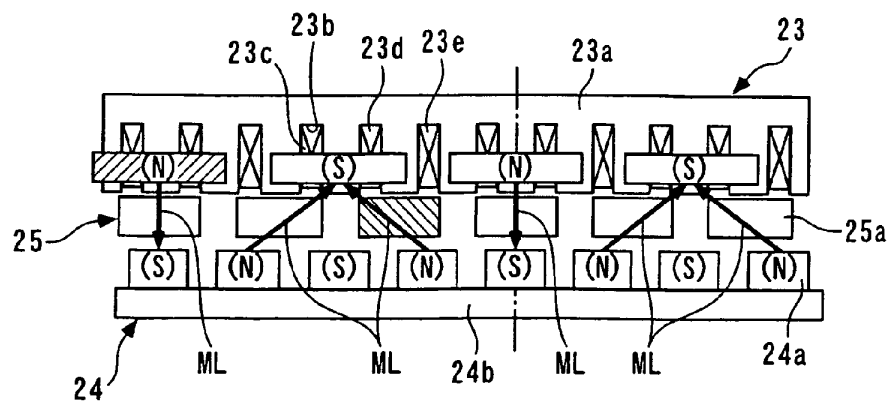


FIG. 10

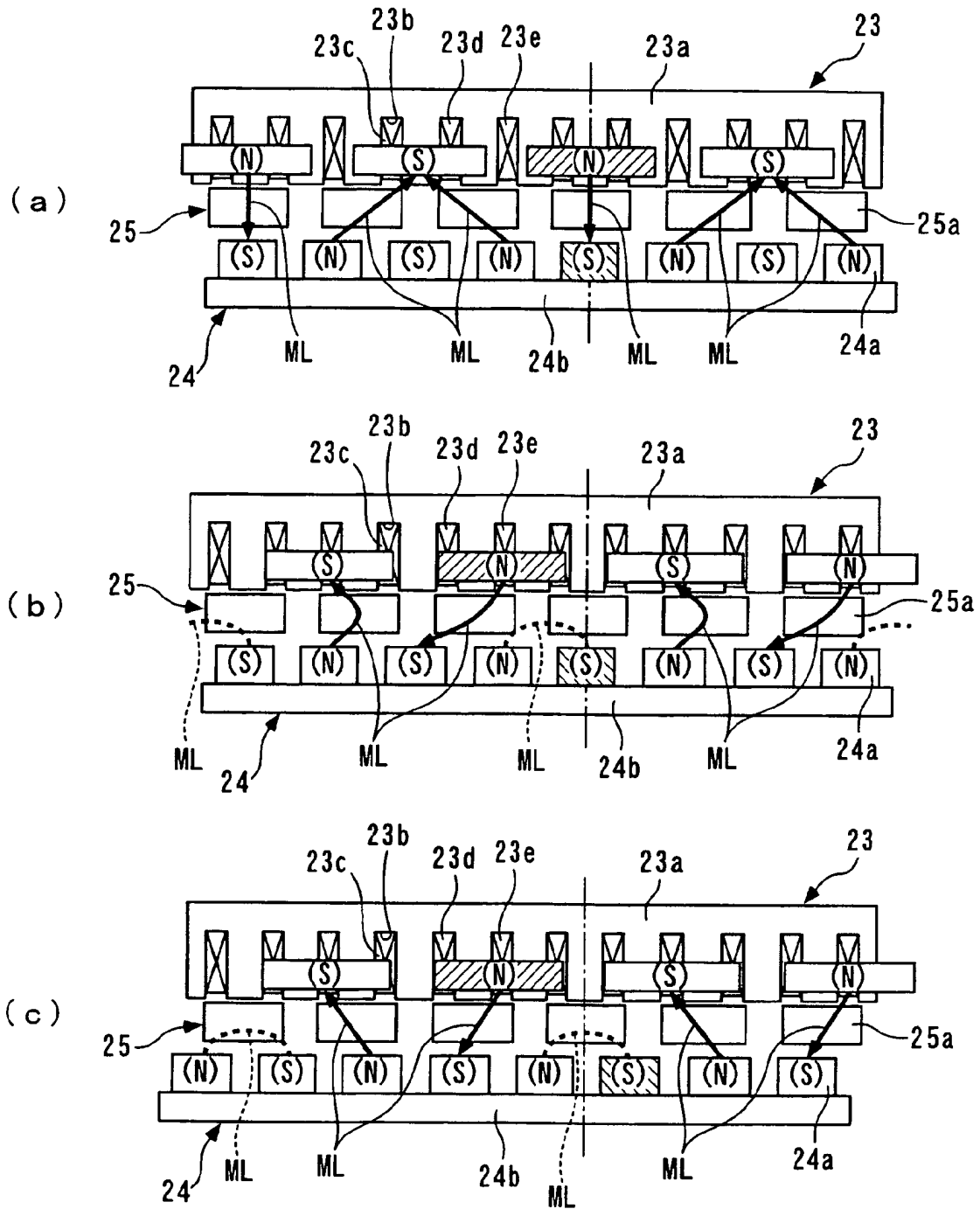


FIG. 11

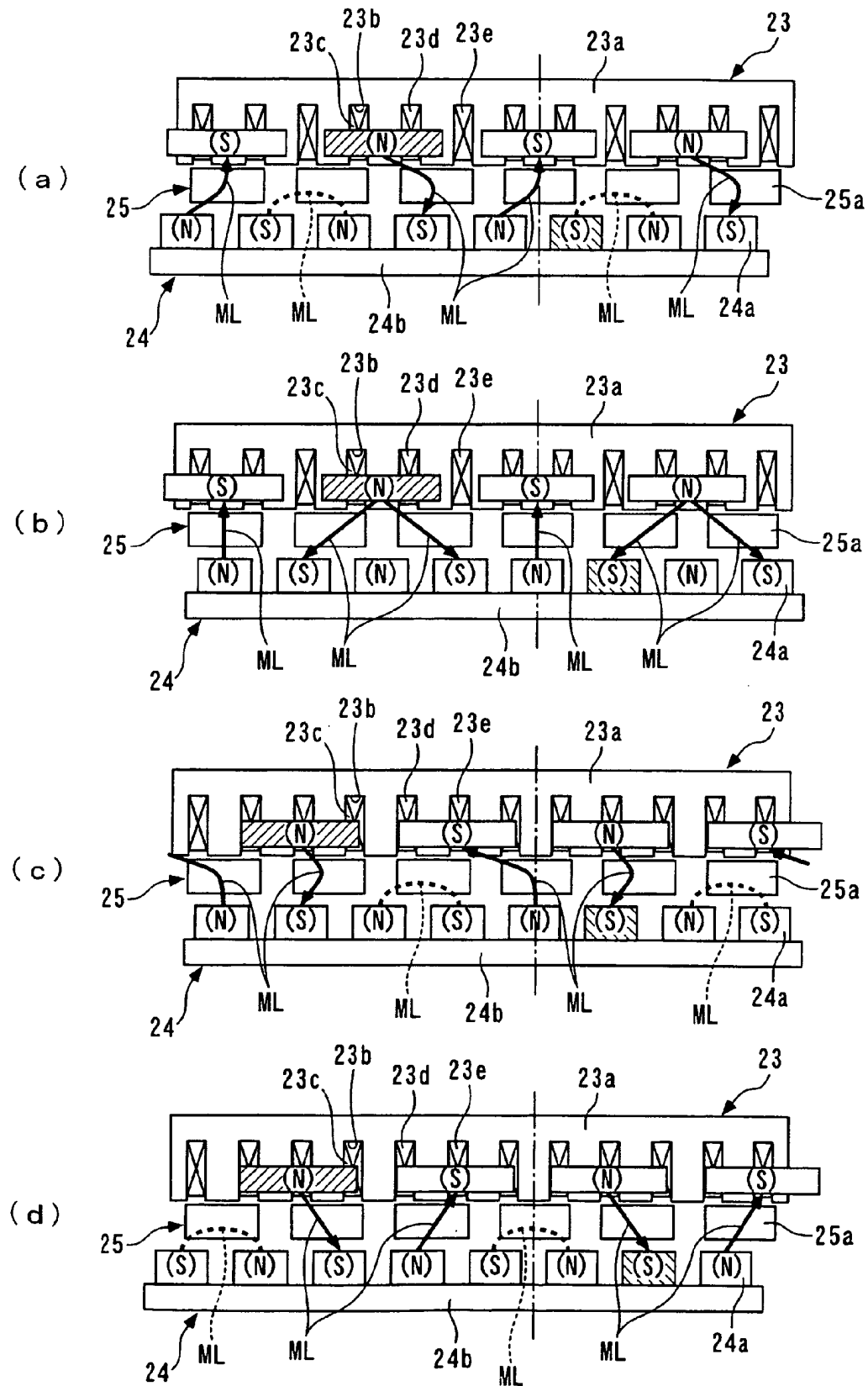


FIG. 12

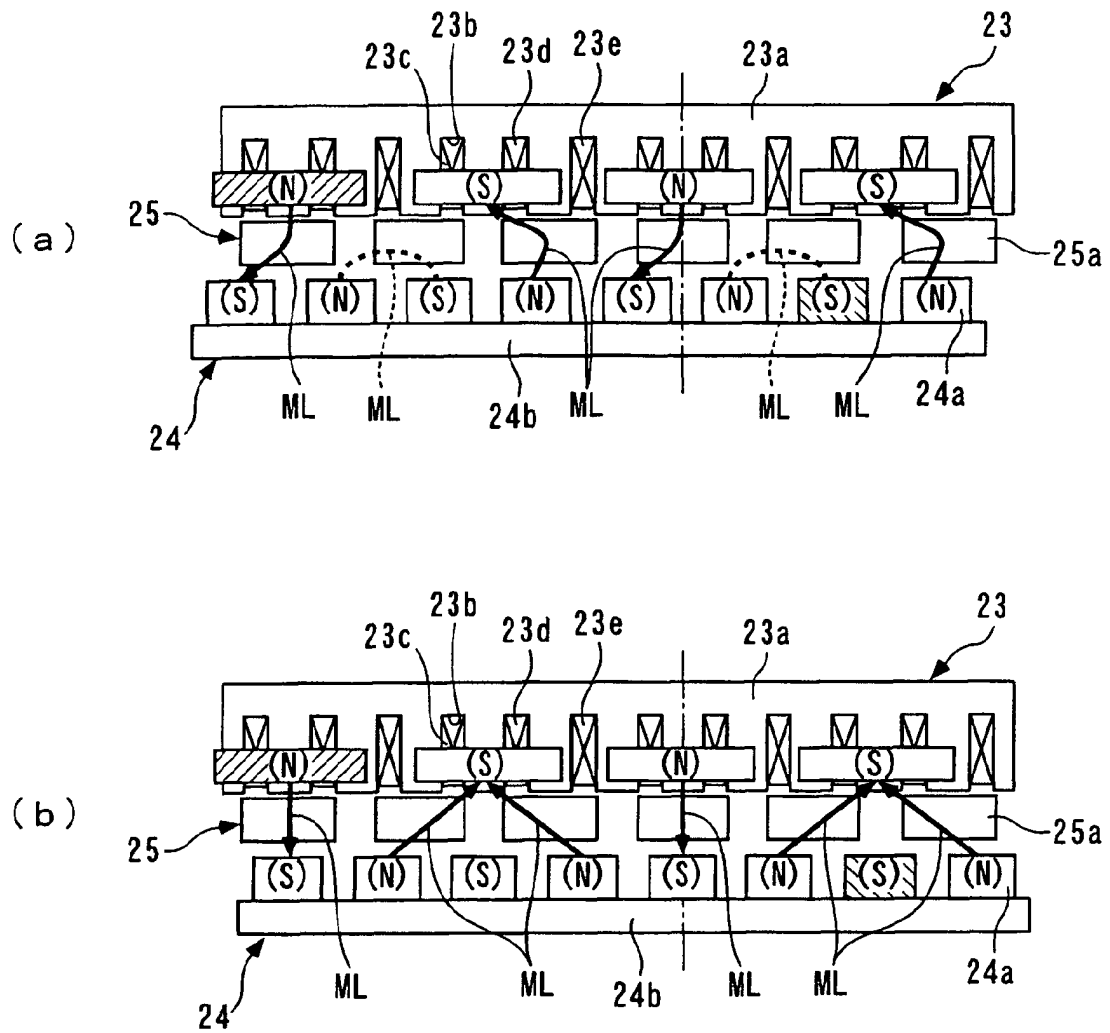


FIG. 13

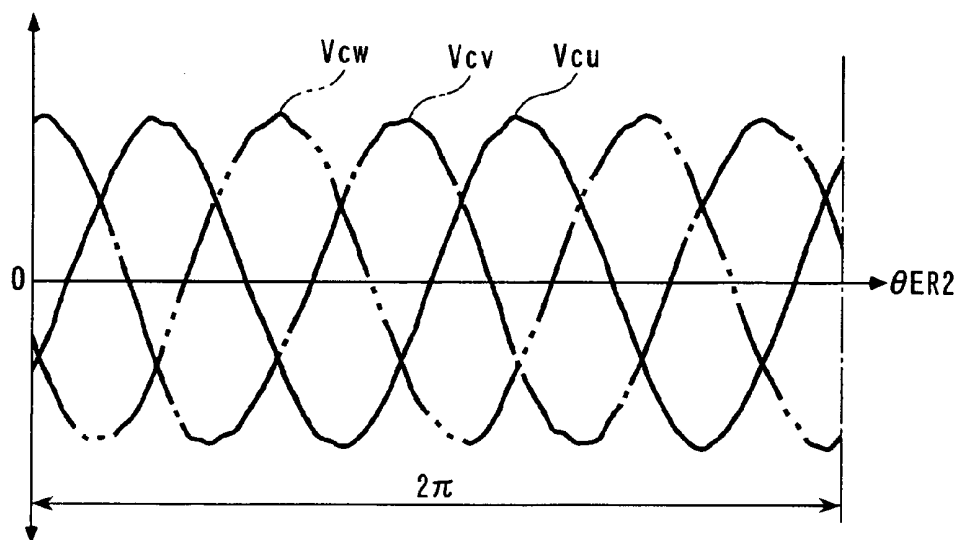


FIG. 14

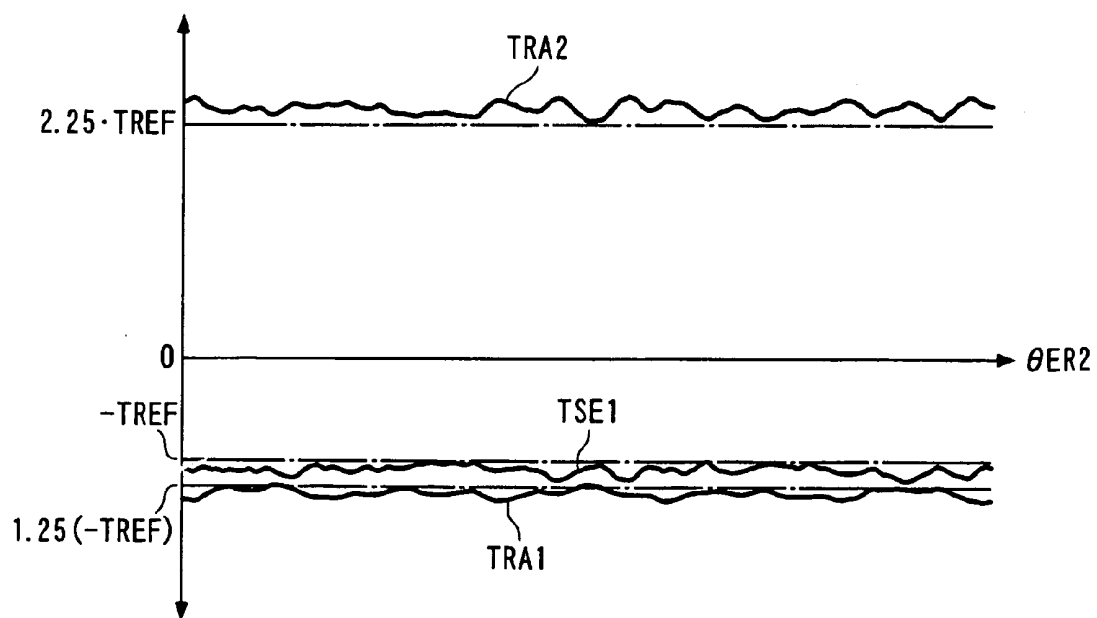


FIG. 15

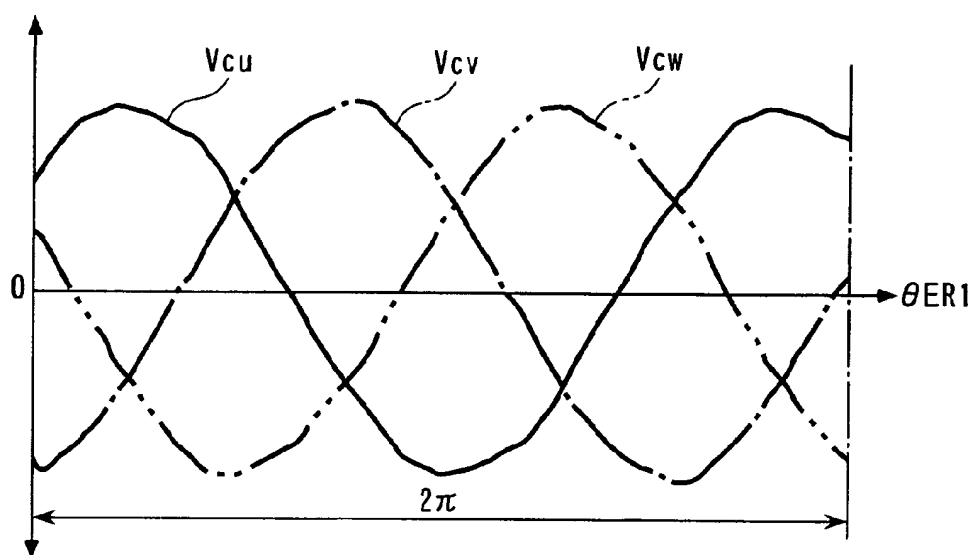


FIG. 16

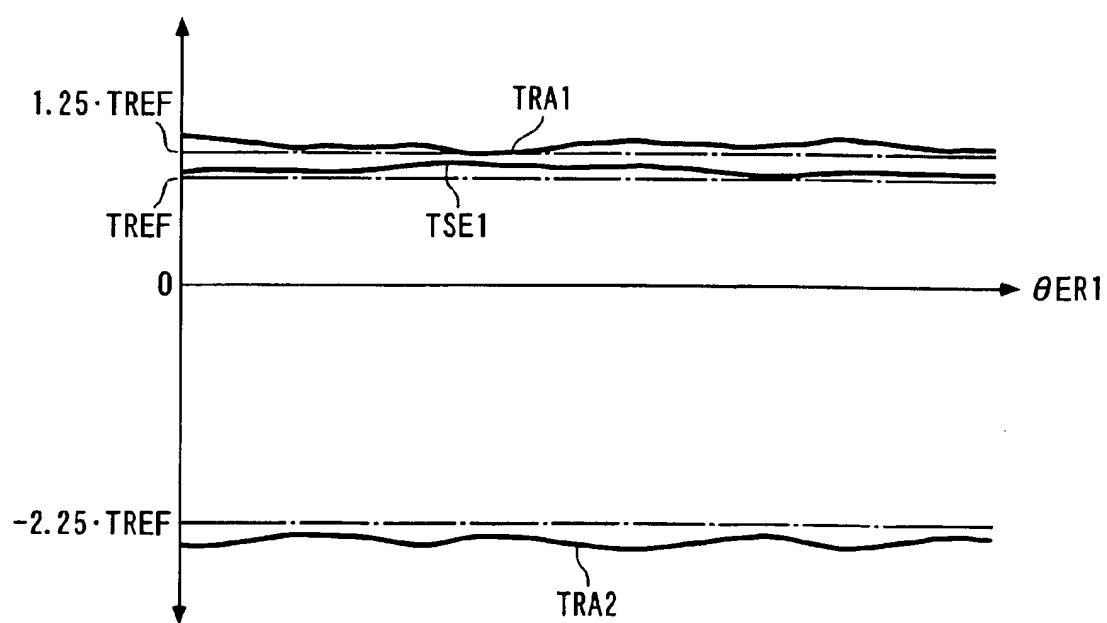
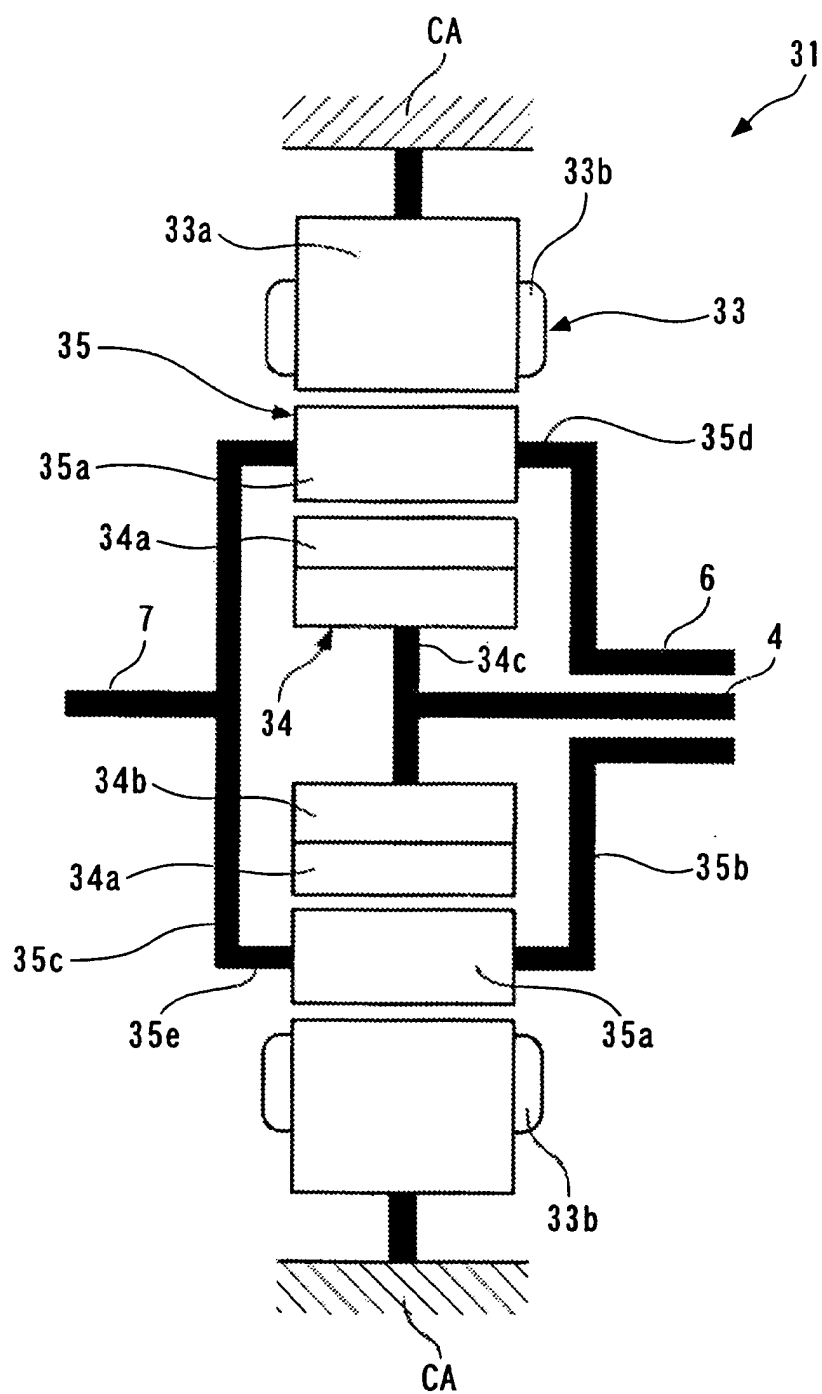


FIG. 17



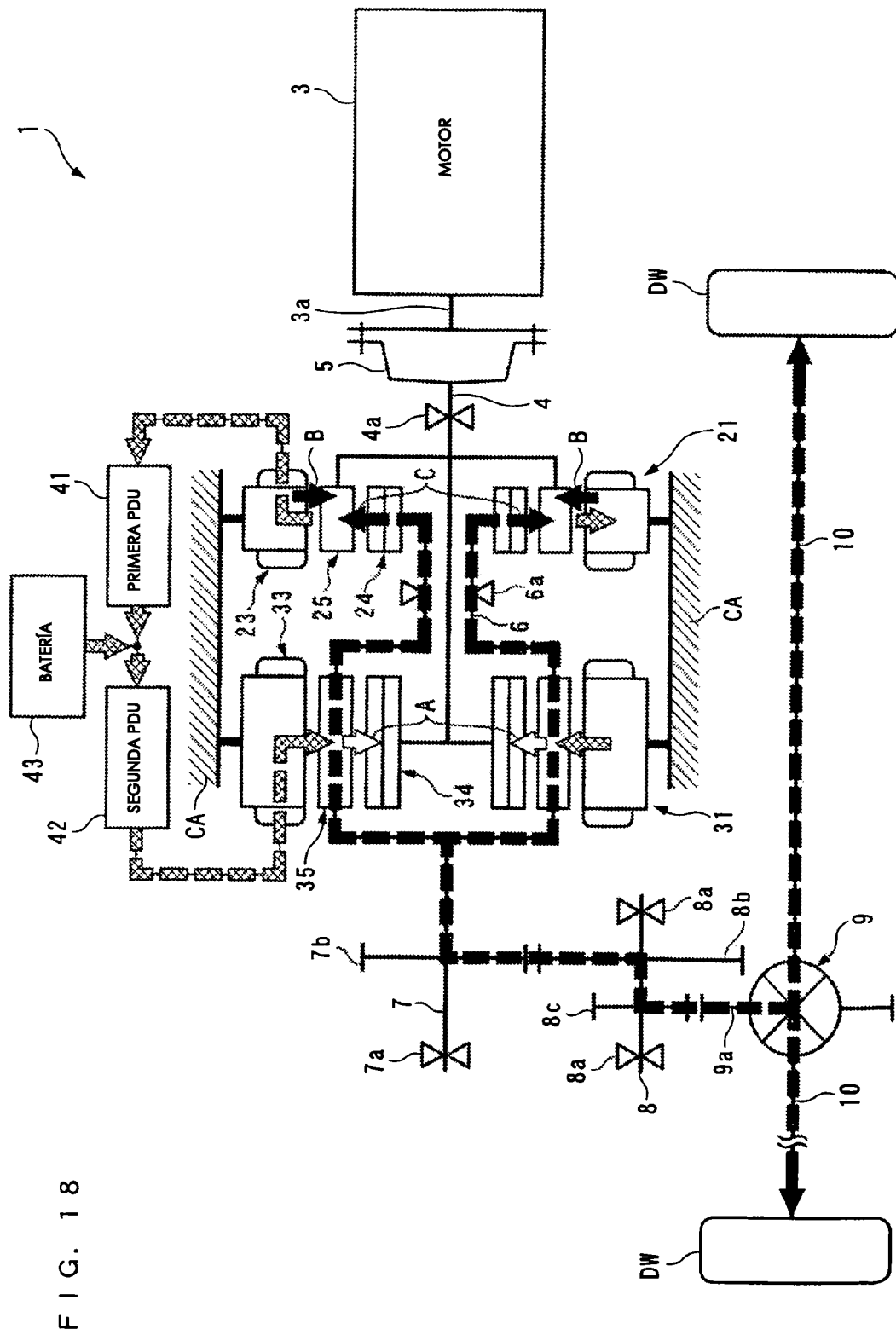
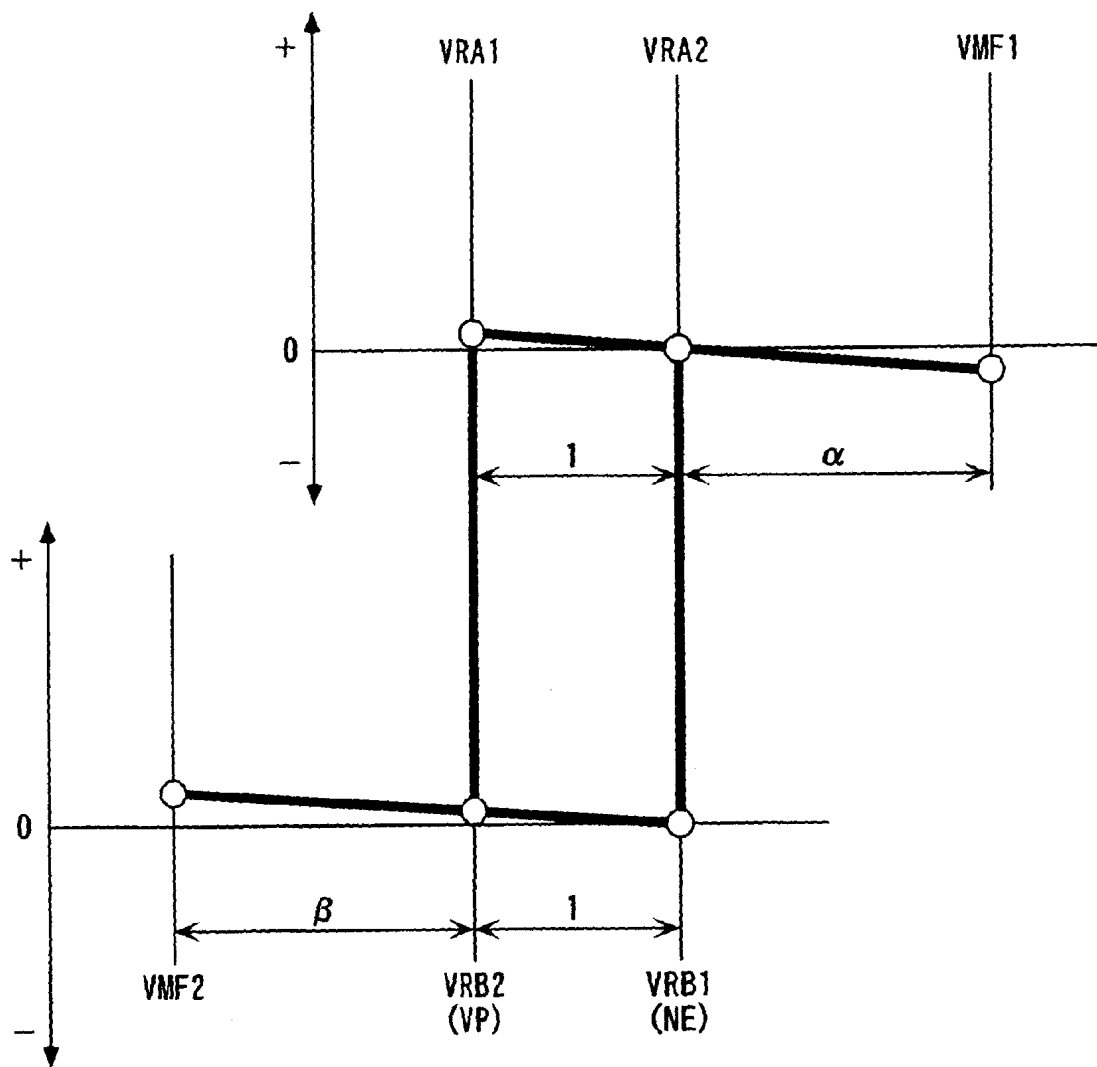
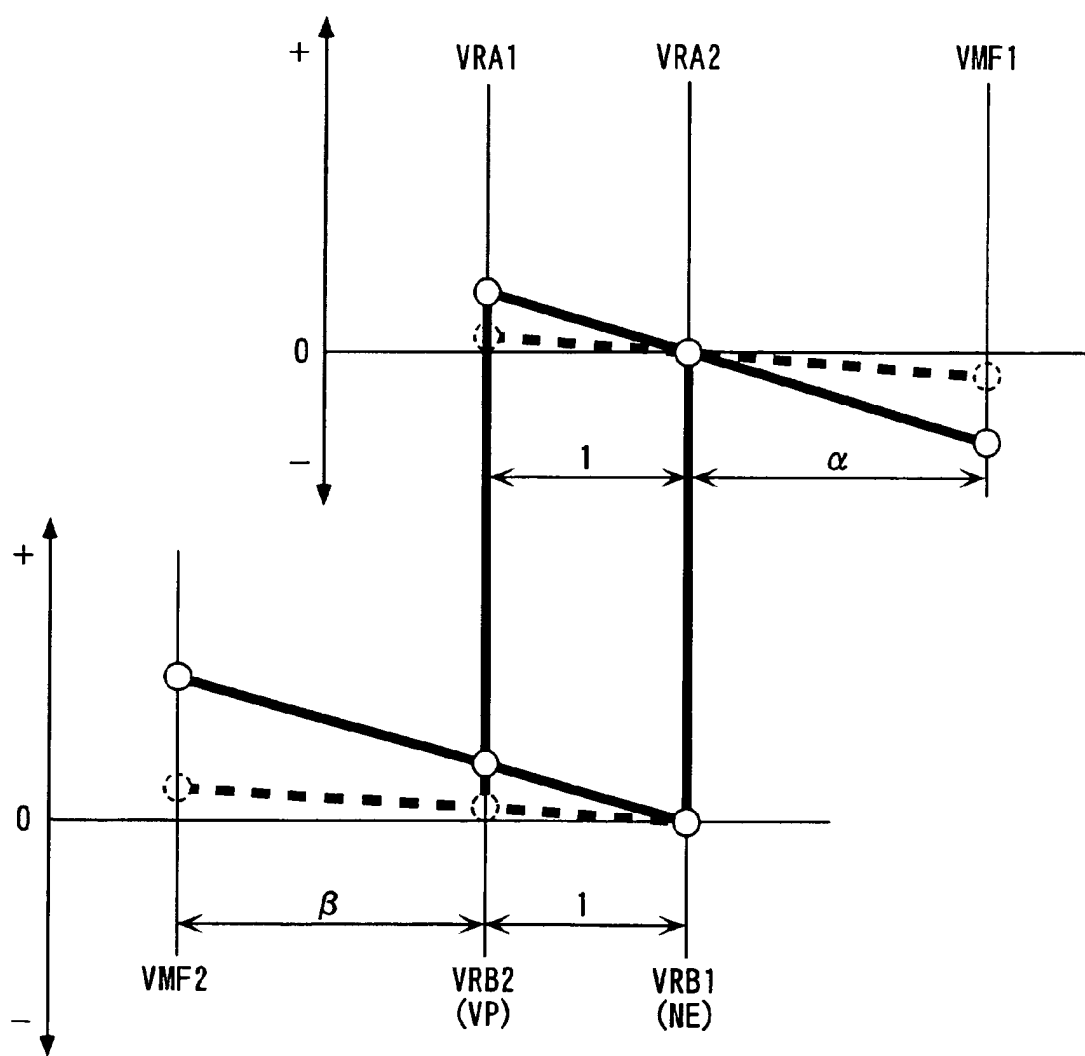


FIG. 18

FIG. 19



F I G. 20



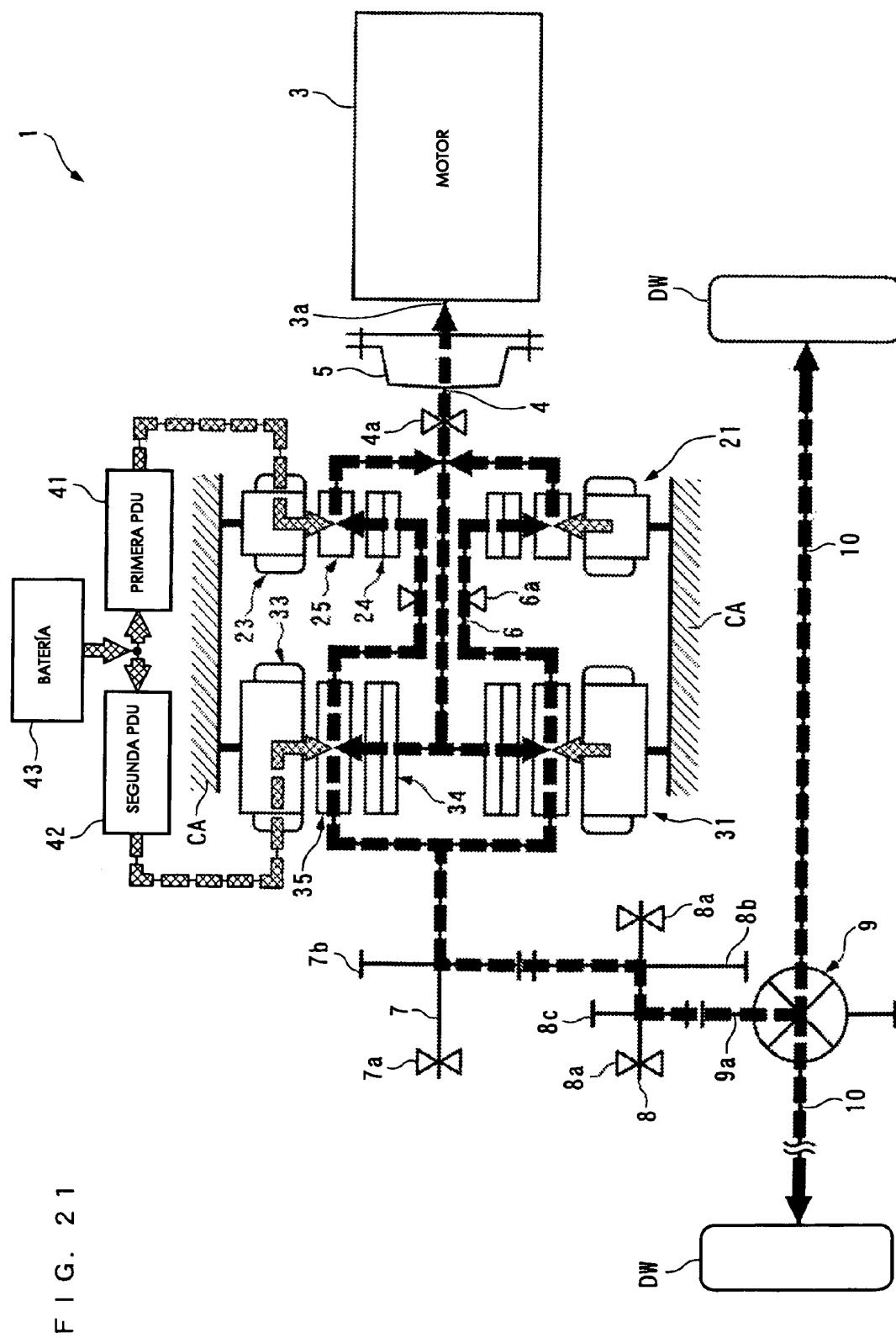
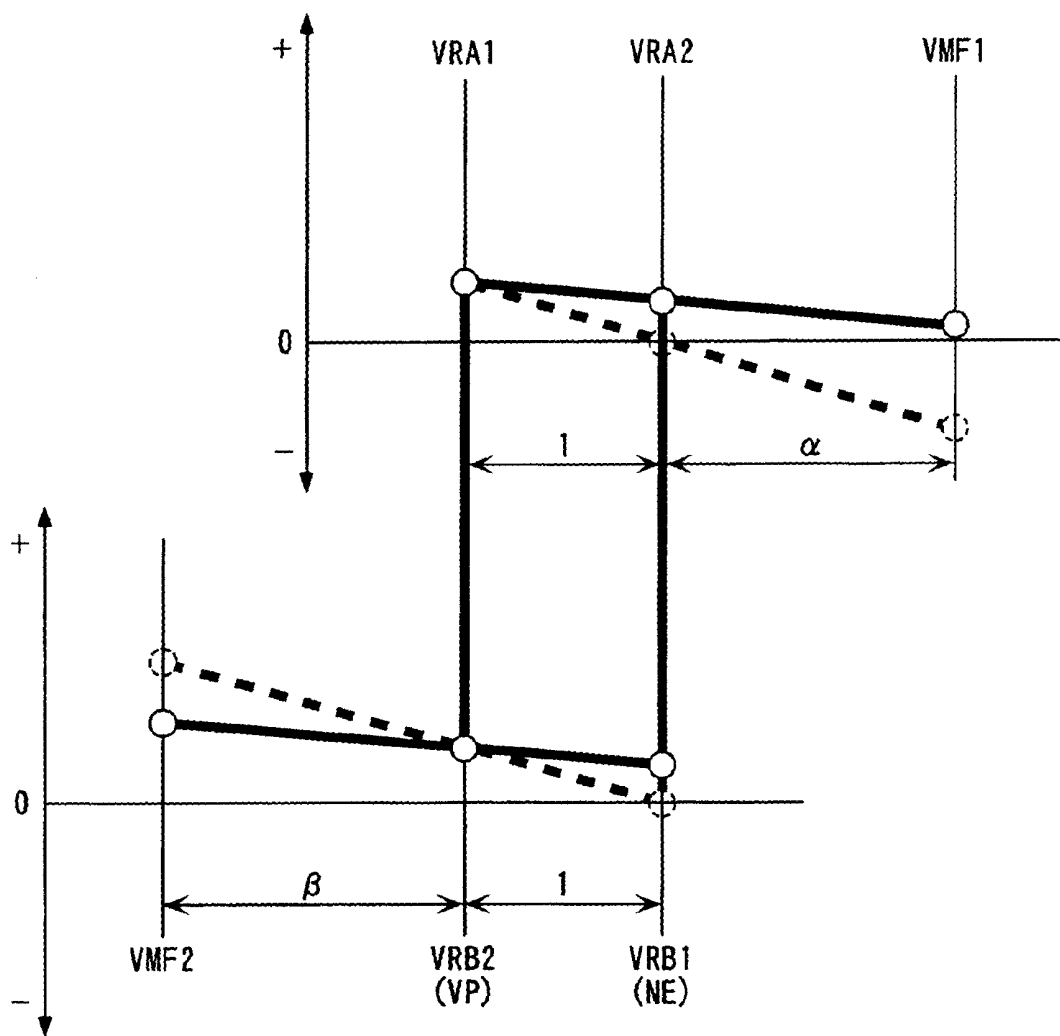
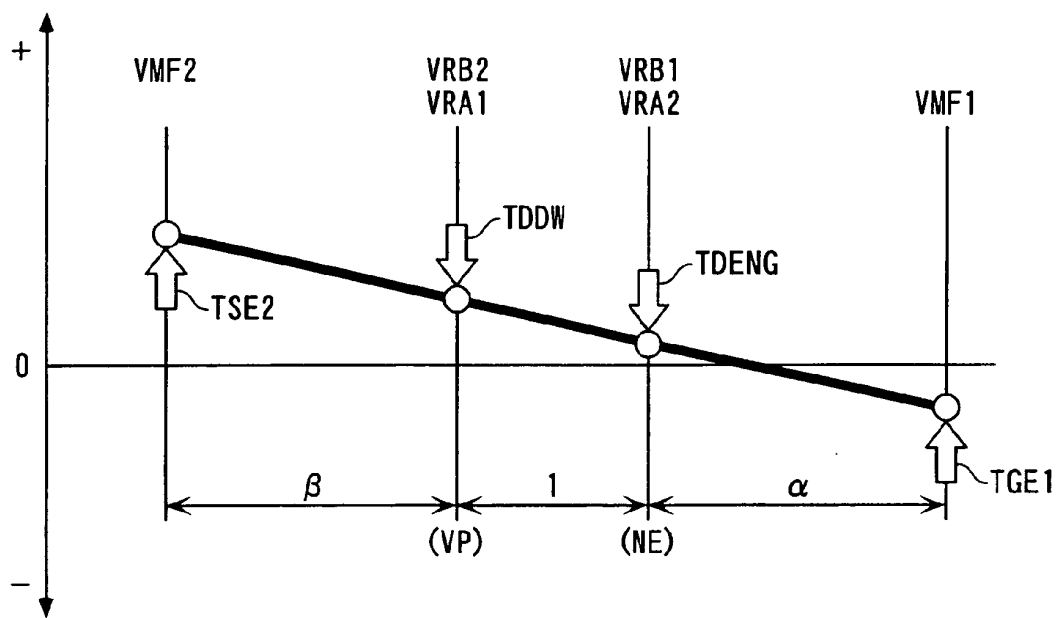


FIG. 22



F I G. 2 3



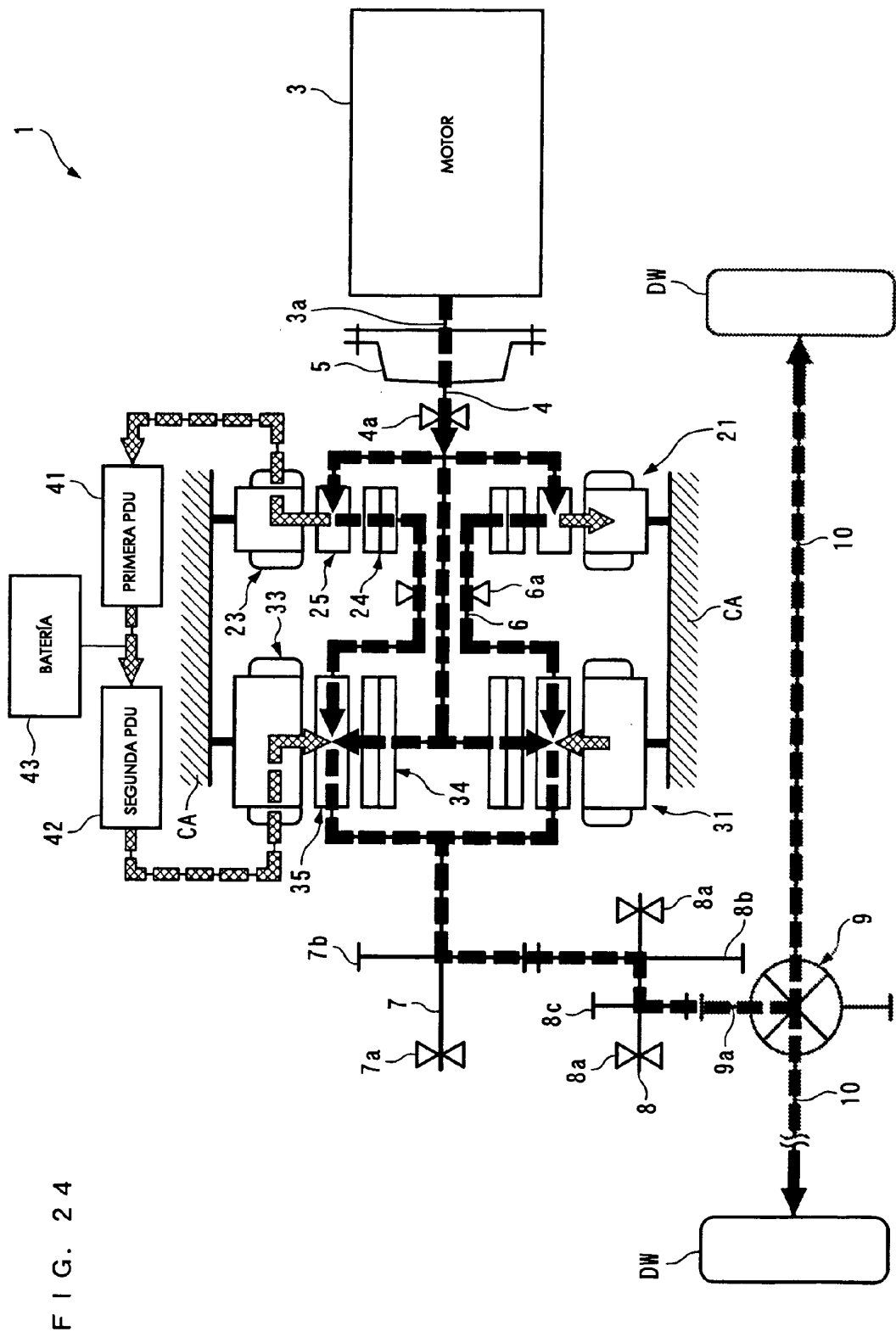


FIG. 24

FIG. 25

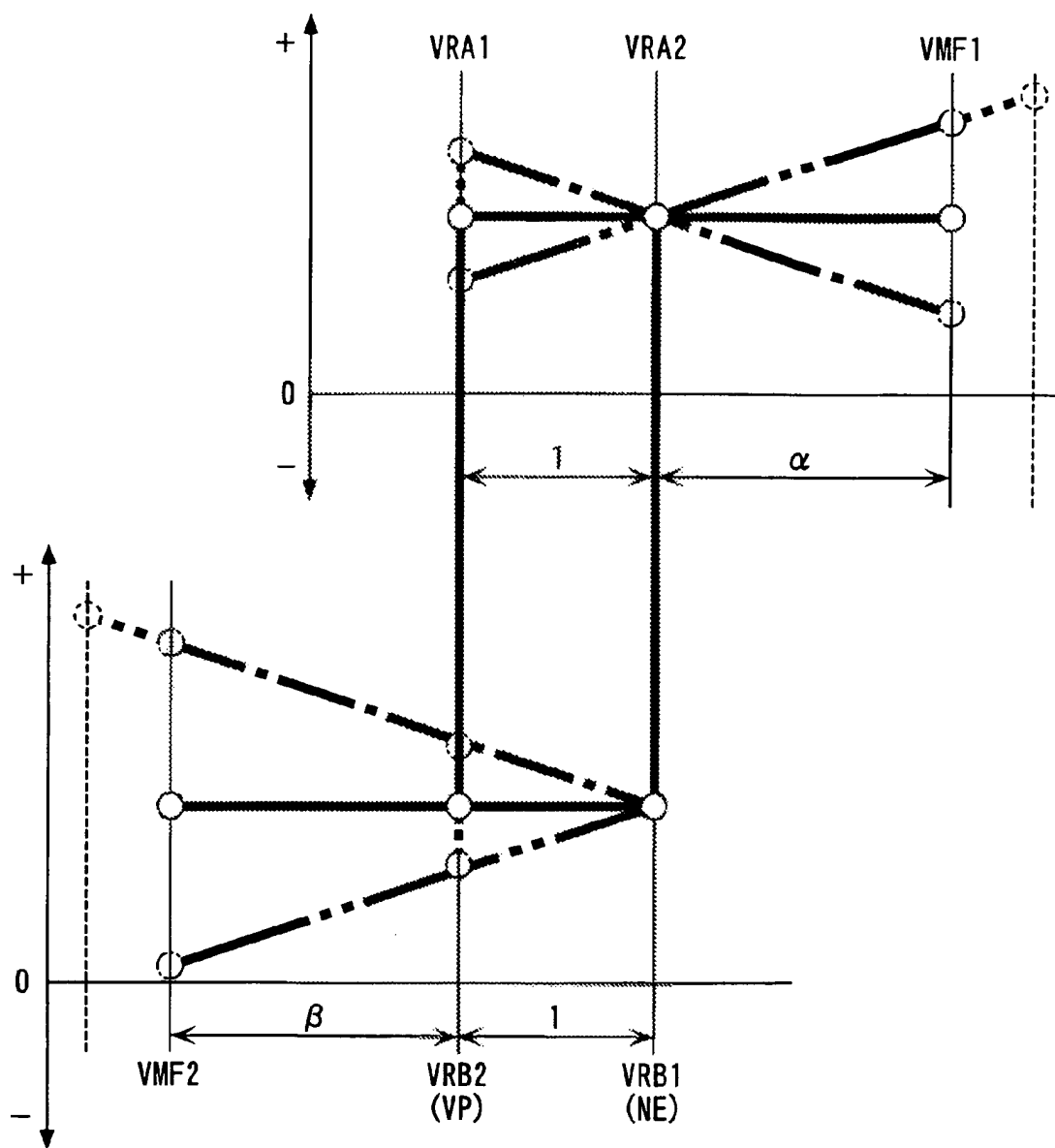
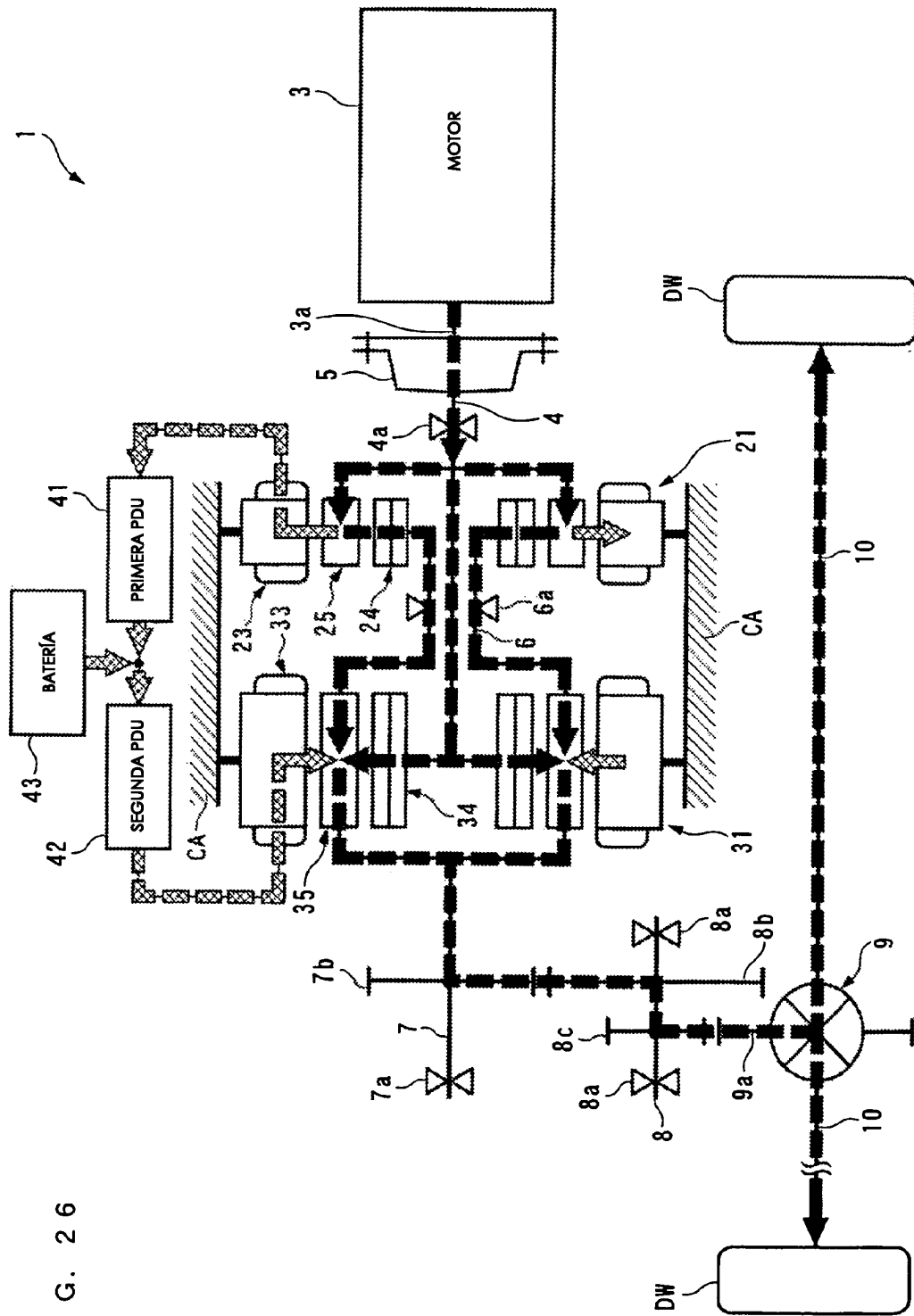
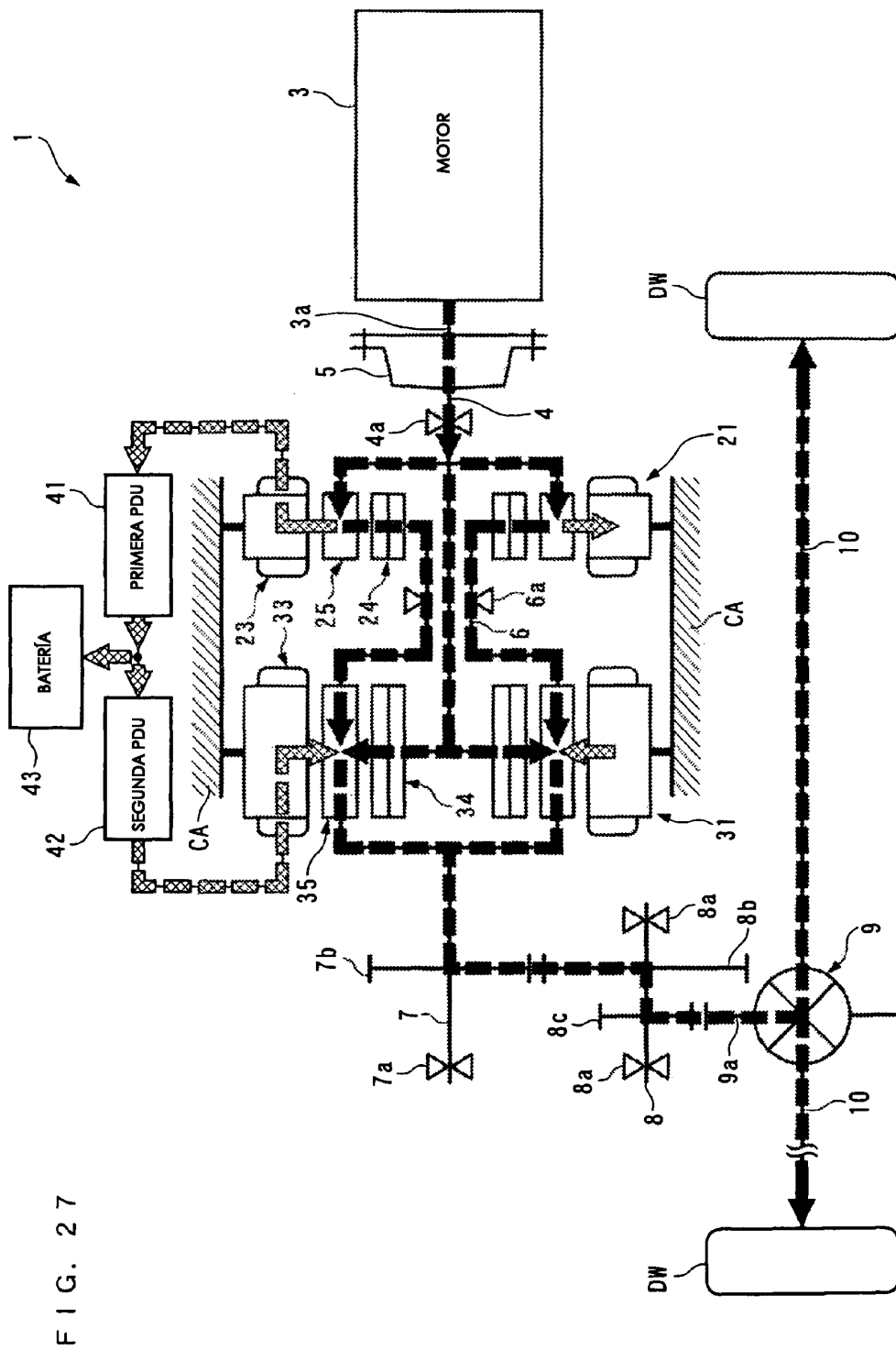


FIG. 26





F I G. 2 8

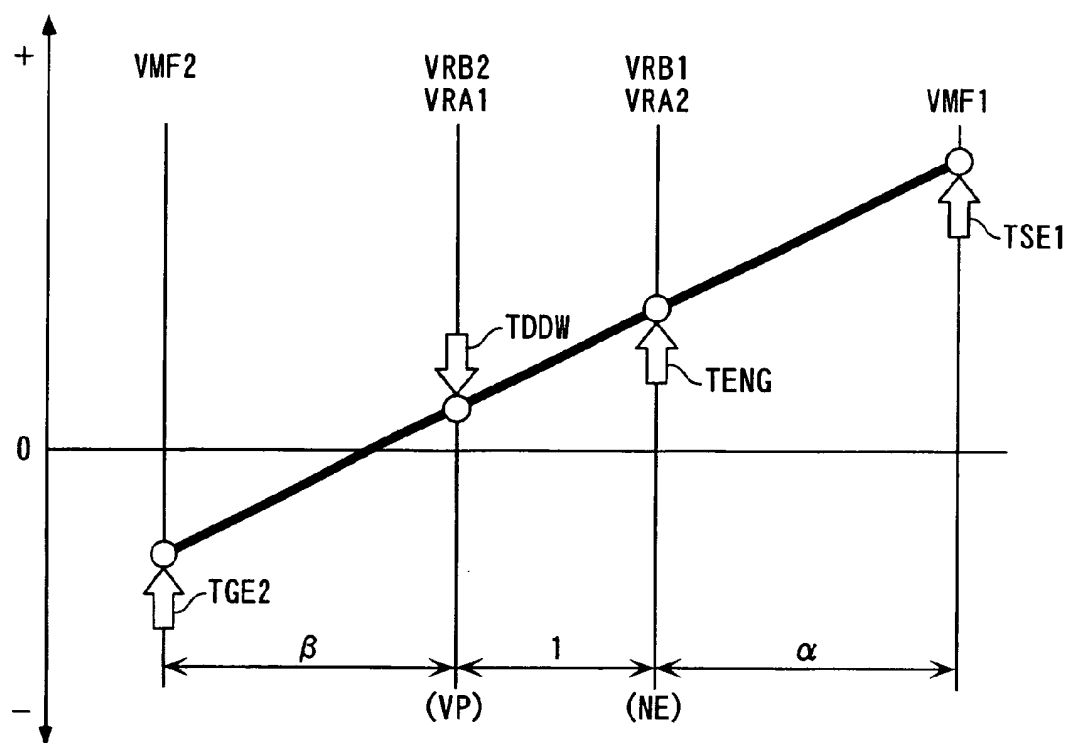
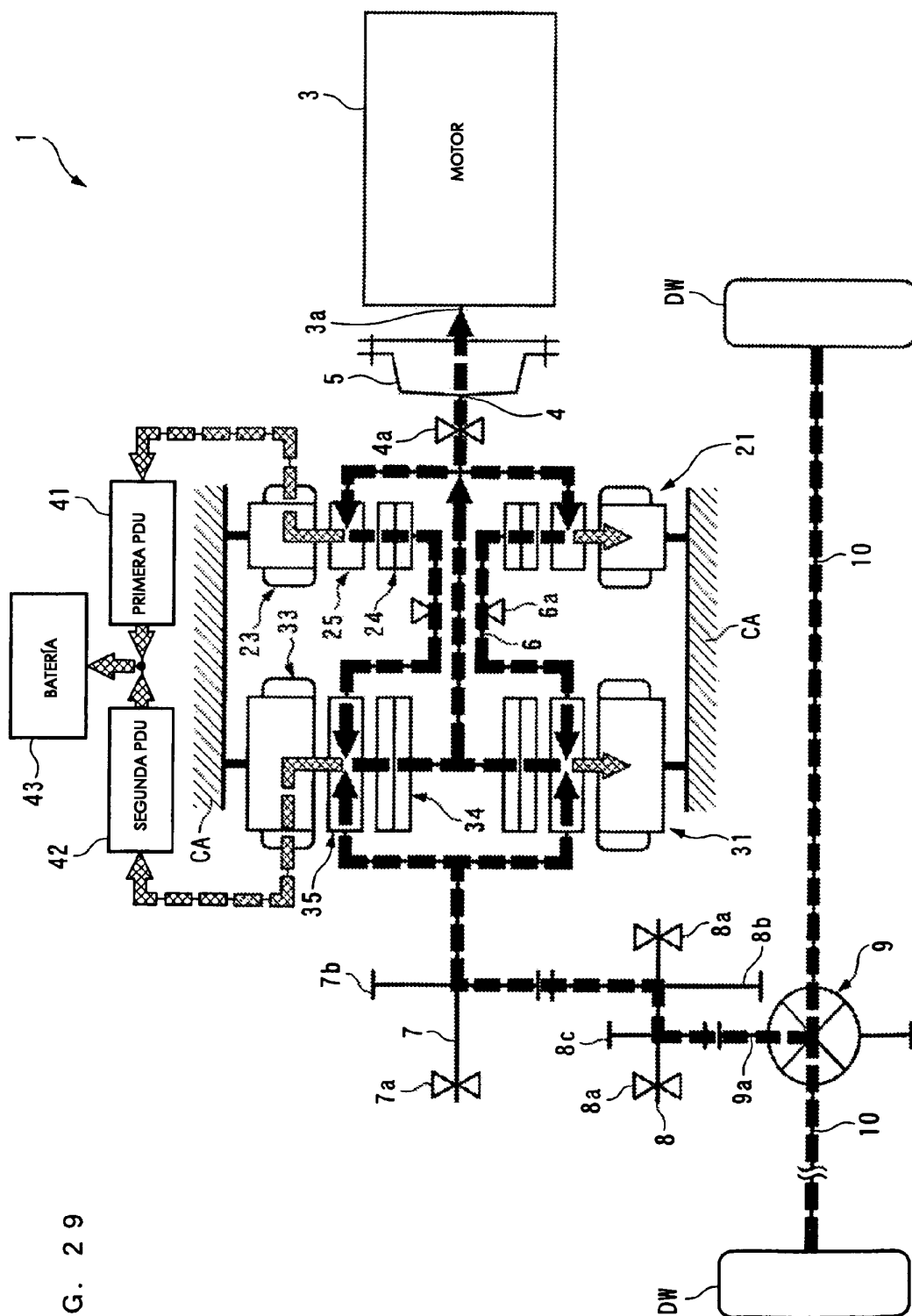


FIG. 29



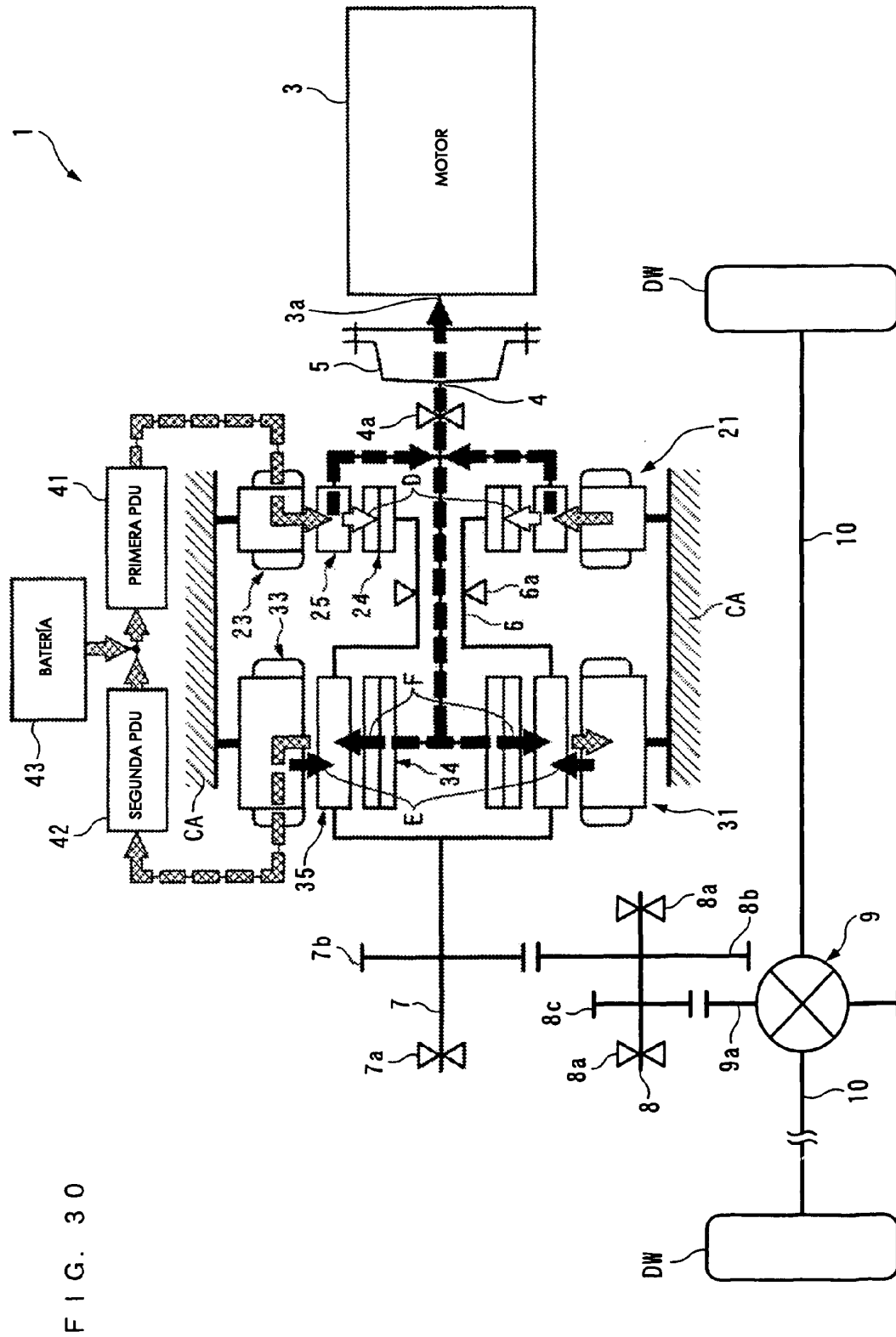
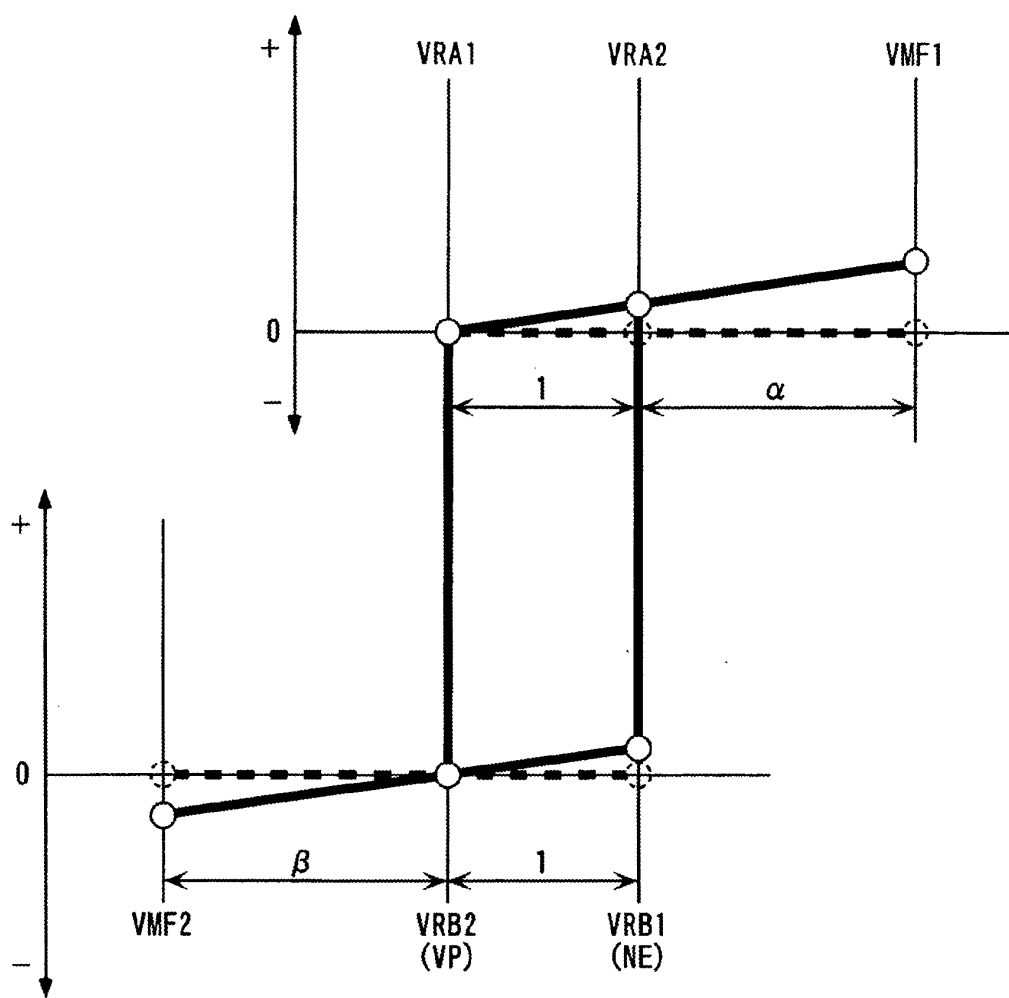
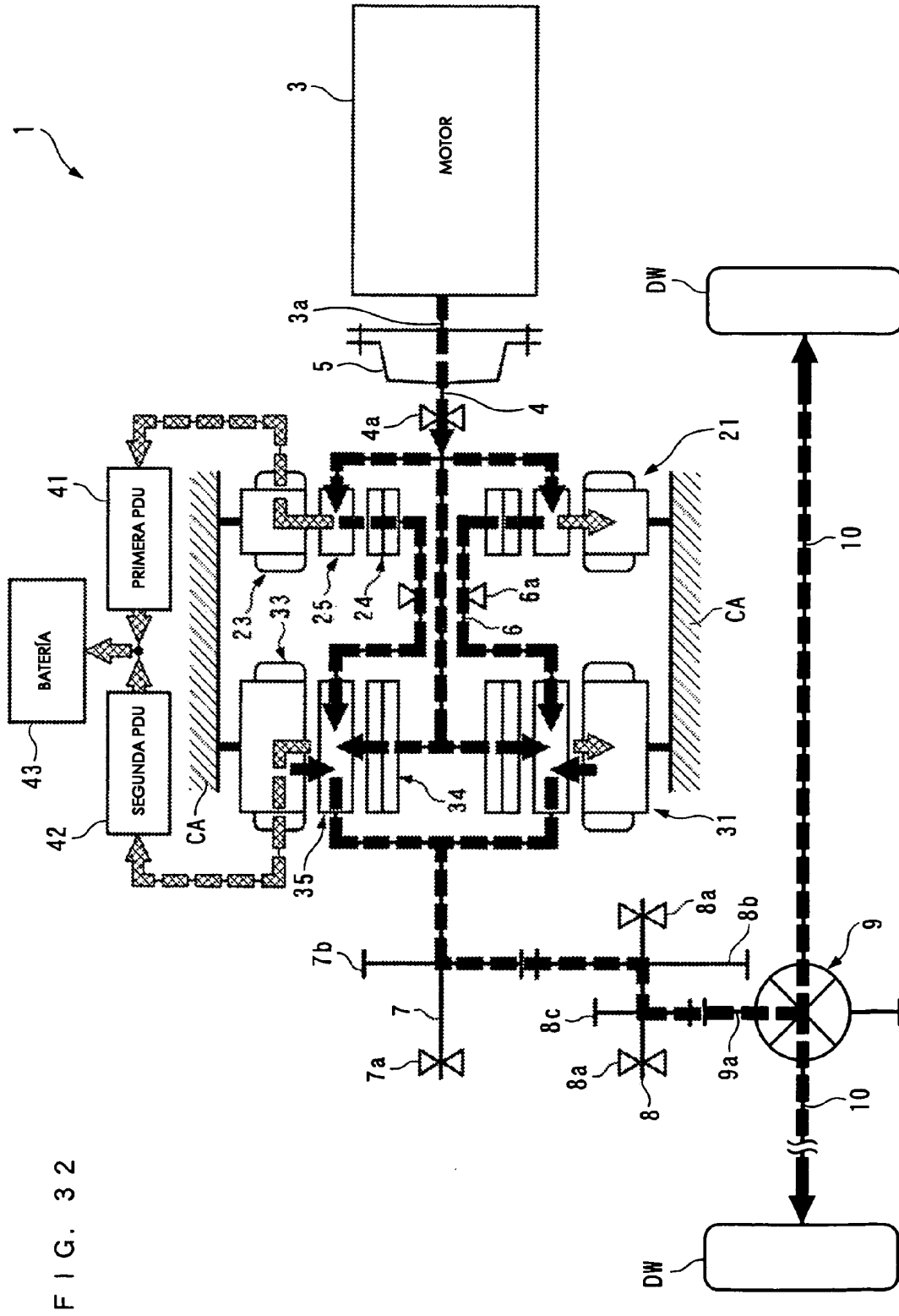


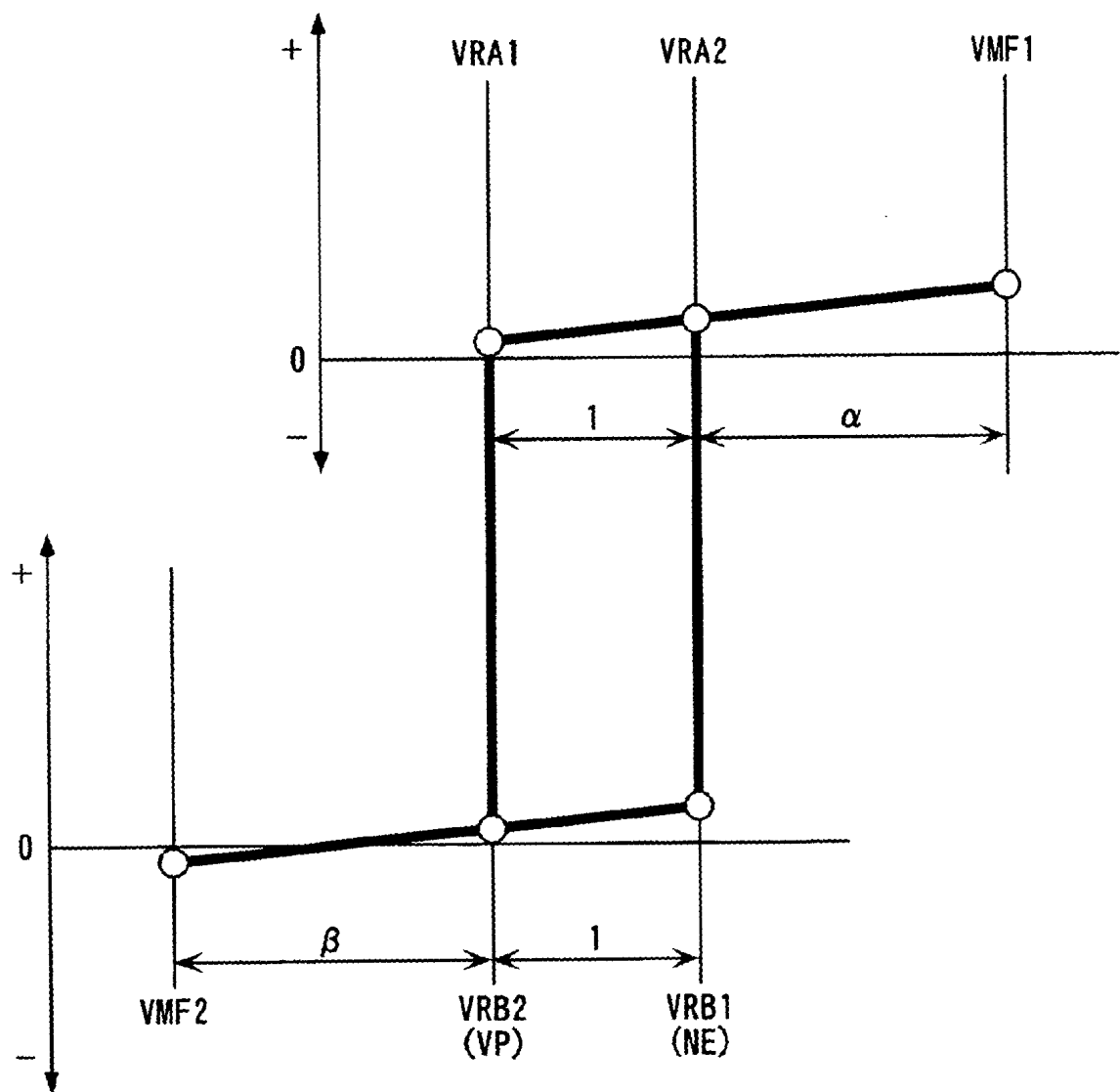
FIG. 30

F I G. 3 1





F I G. 3 3



F I G. 3 4

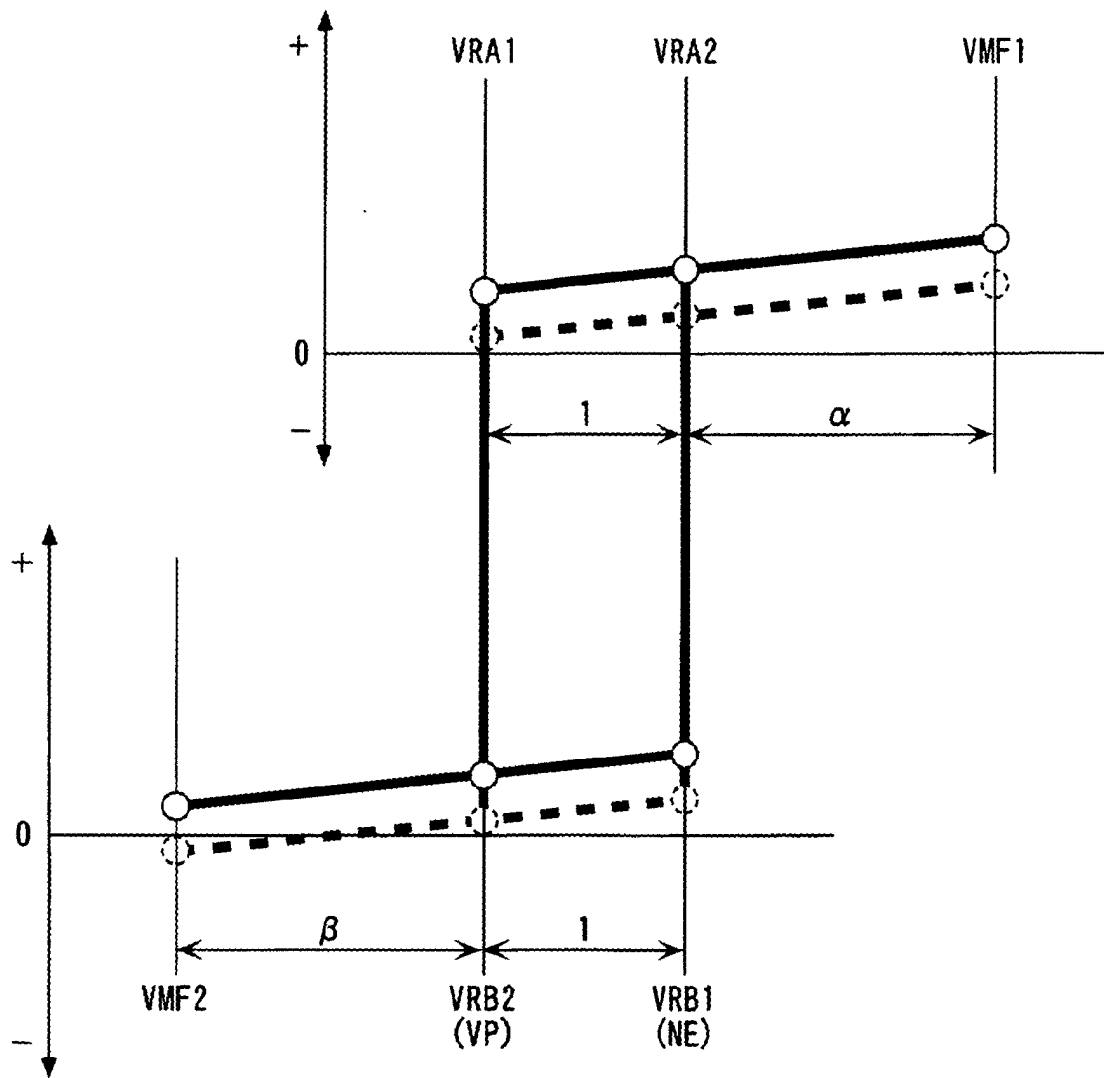
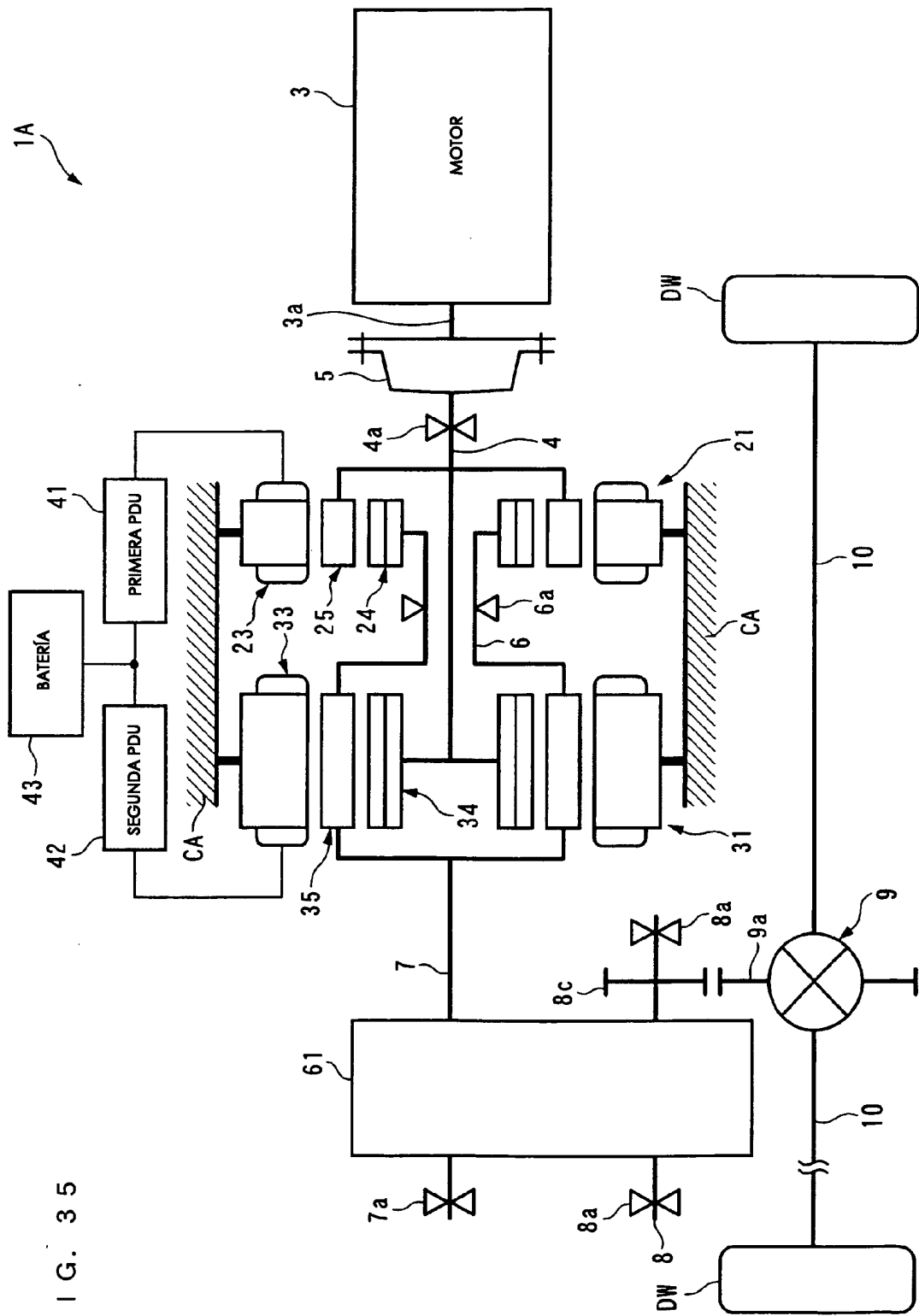
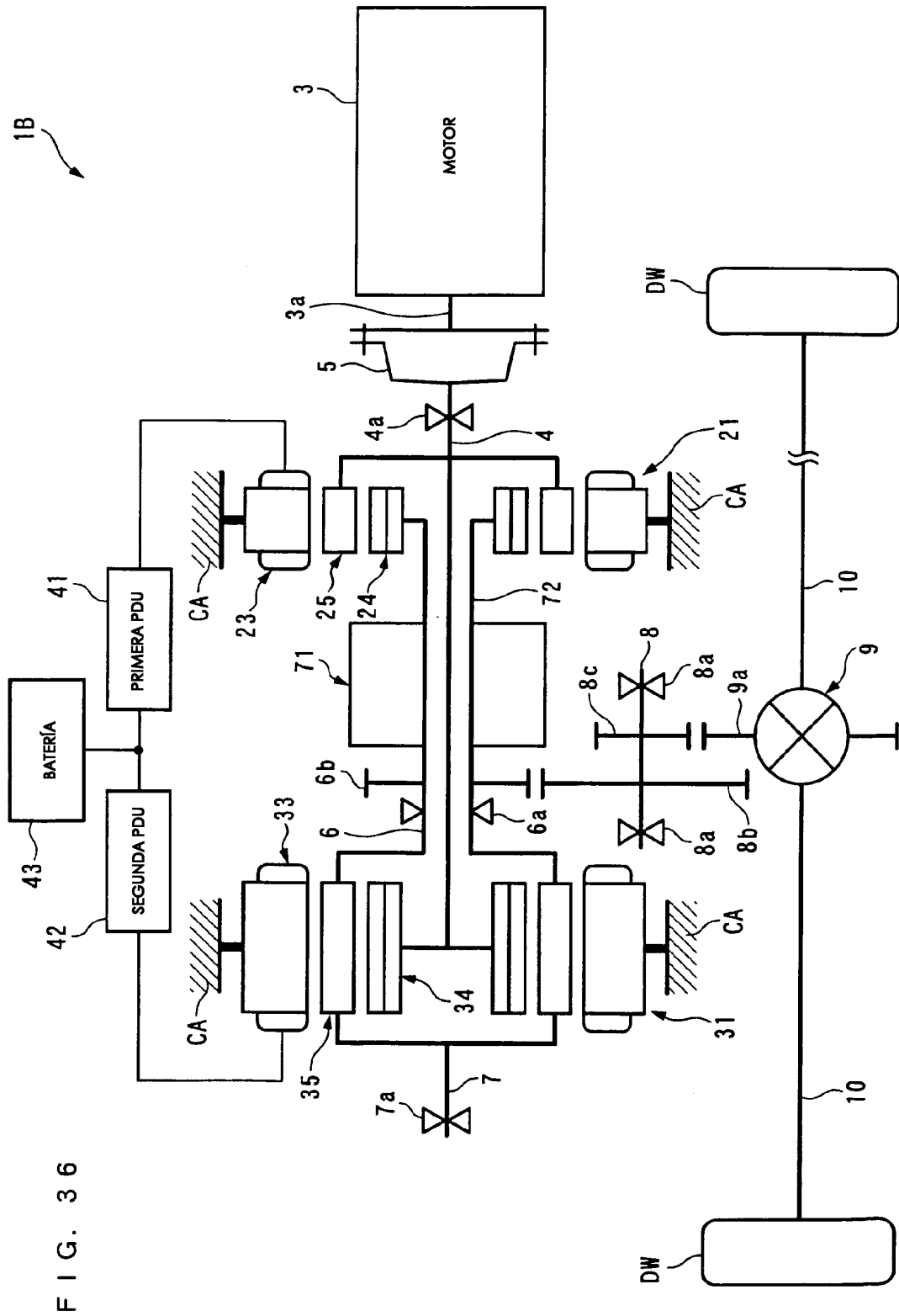
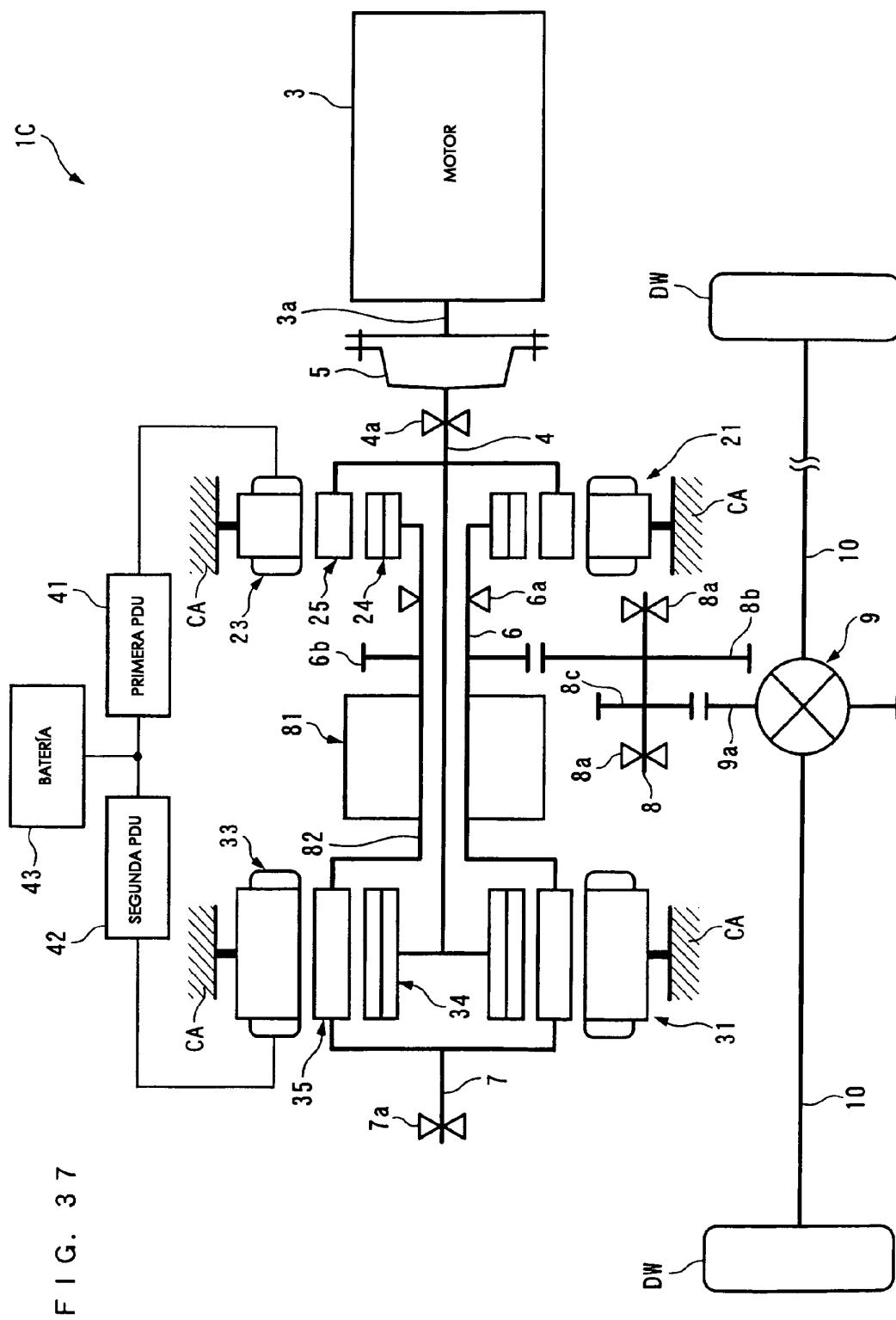


FIG. 35







F-1 G. 38

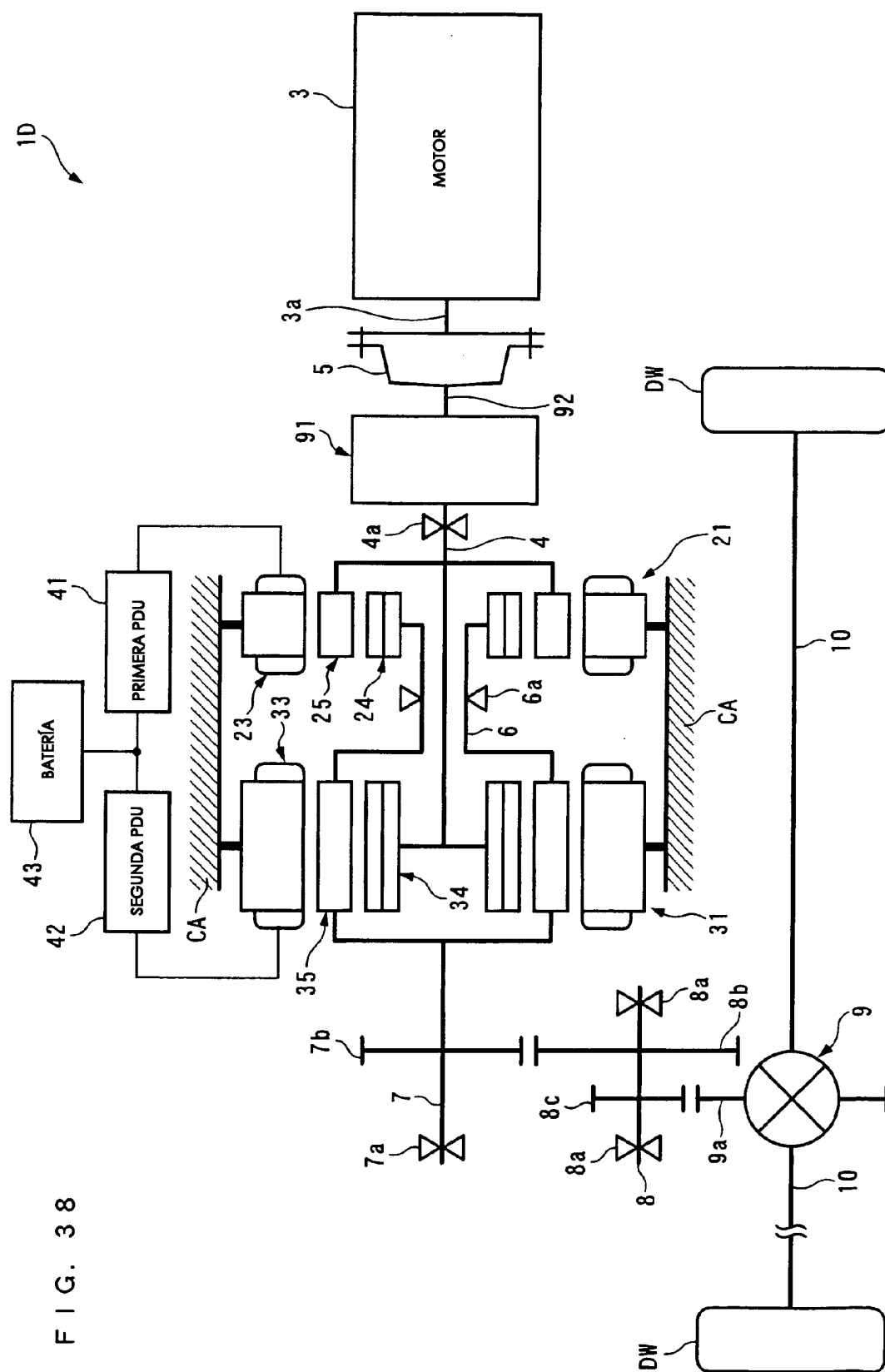


FIG. 39

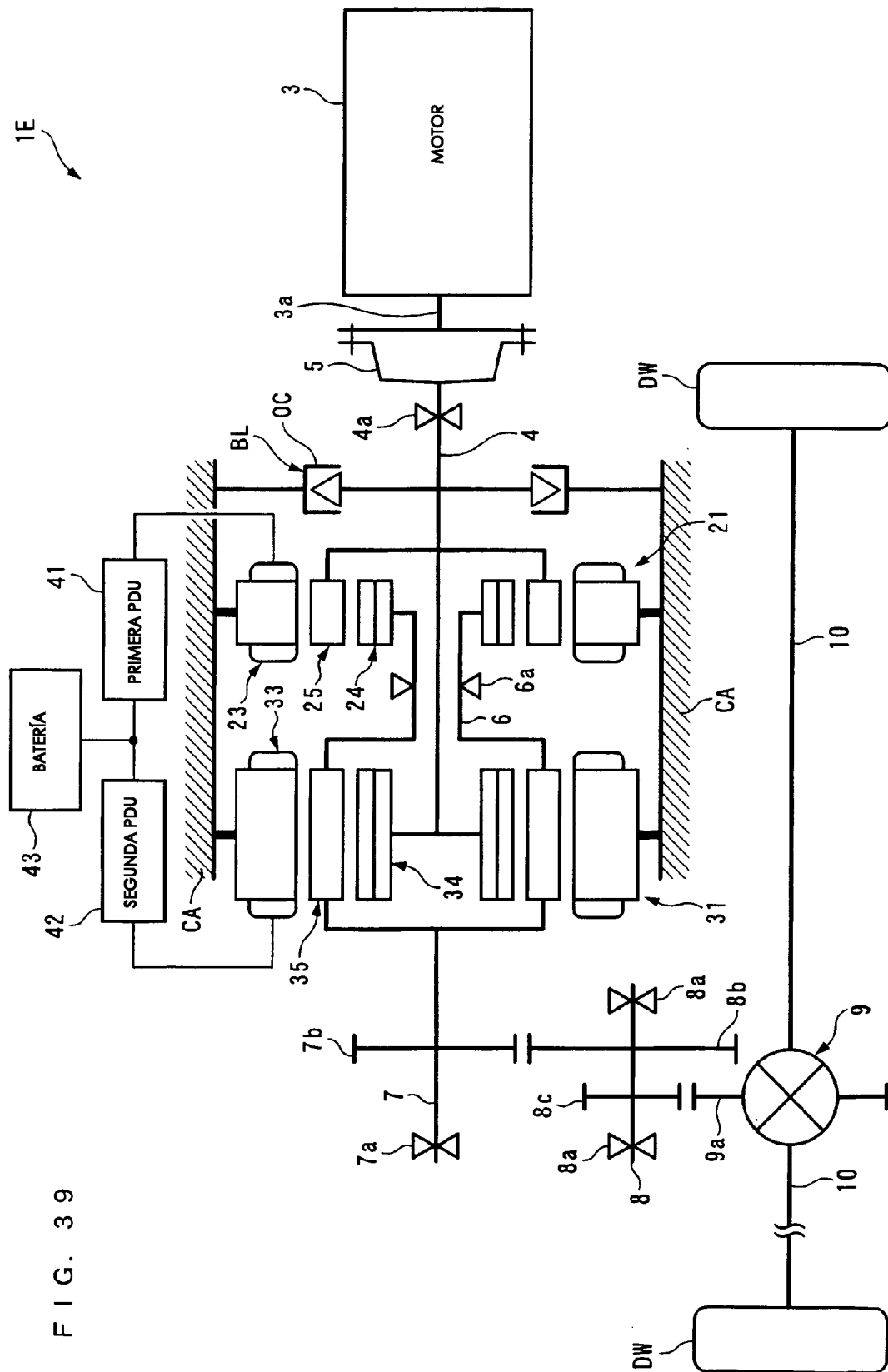


FIG. 40

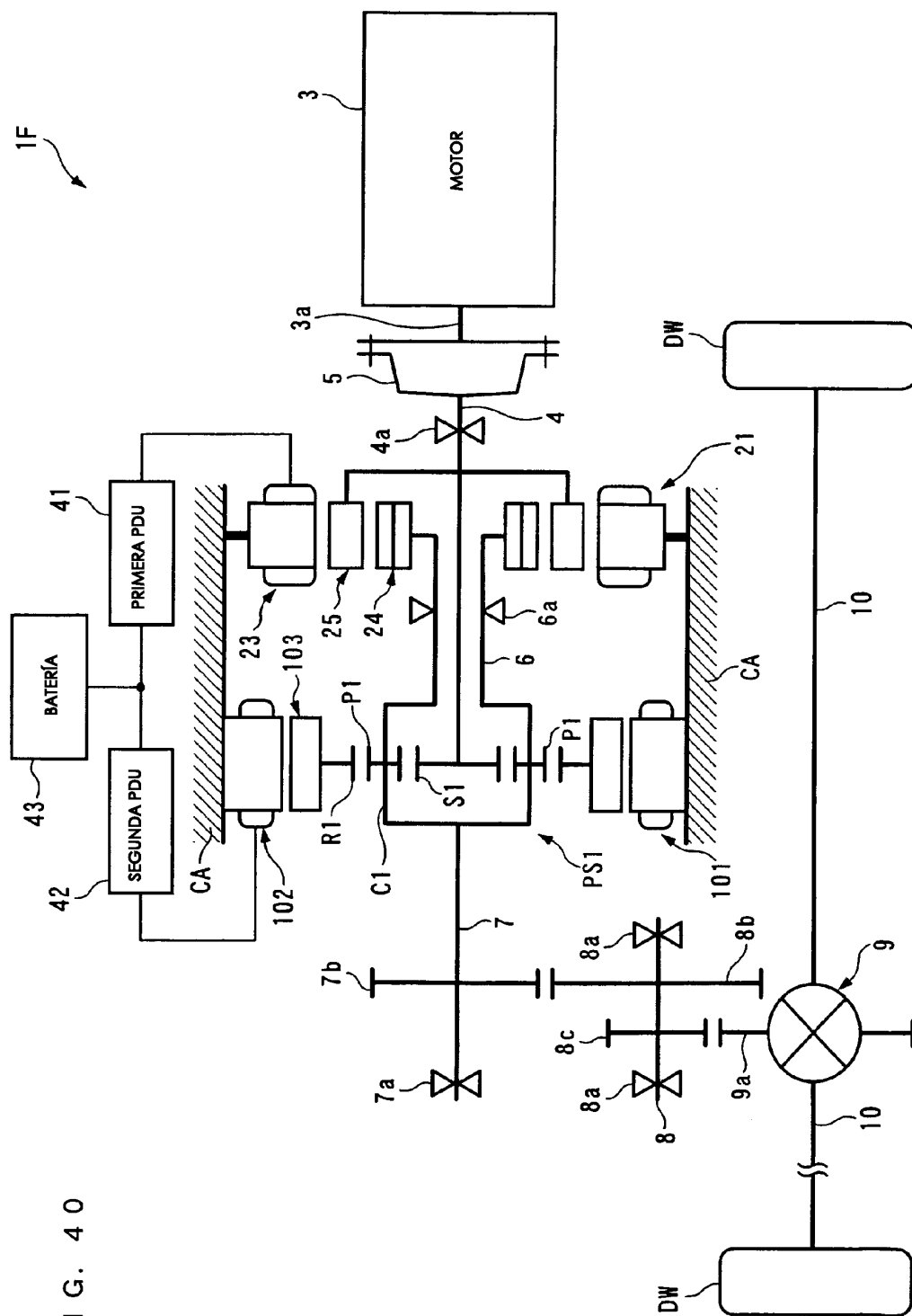


FIG. 41

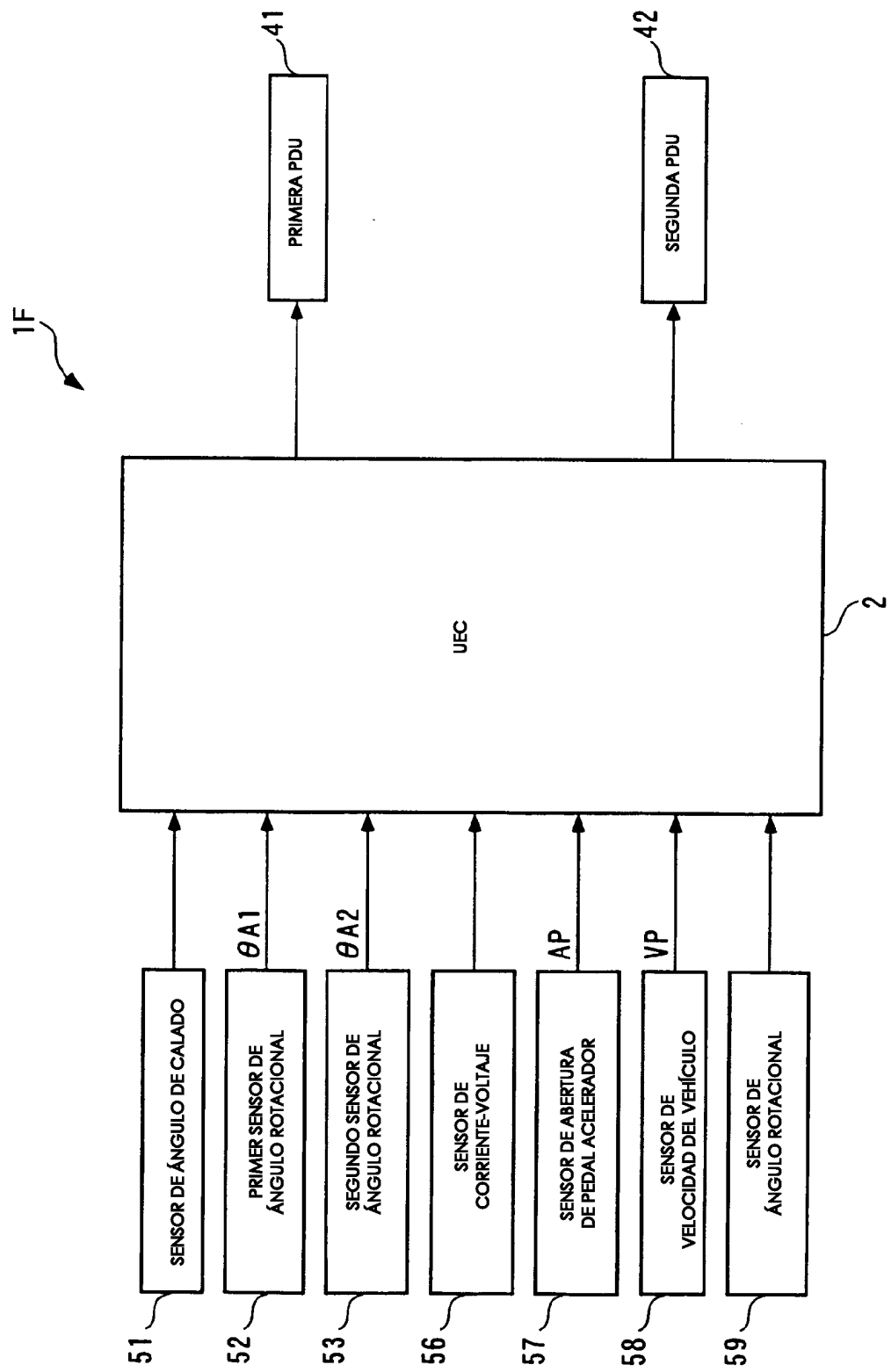


FIG. 42

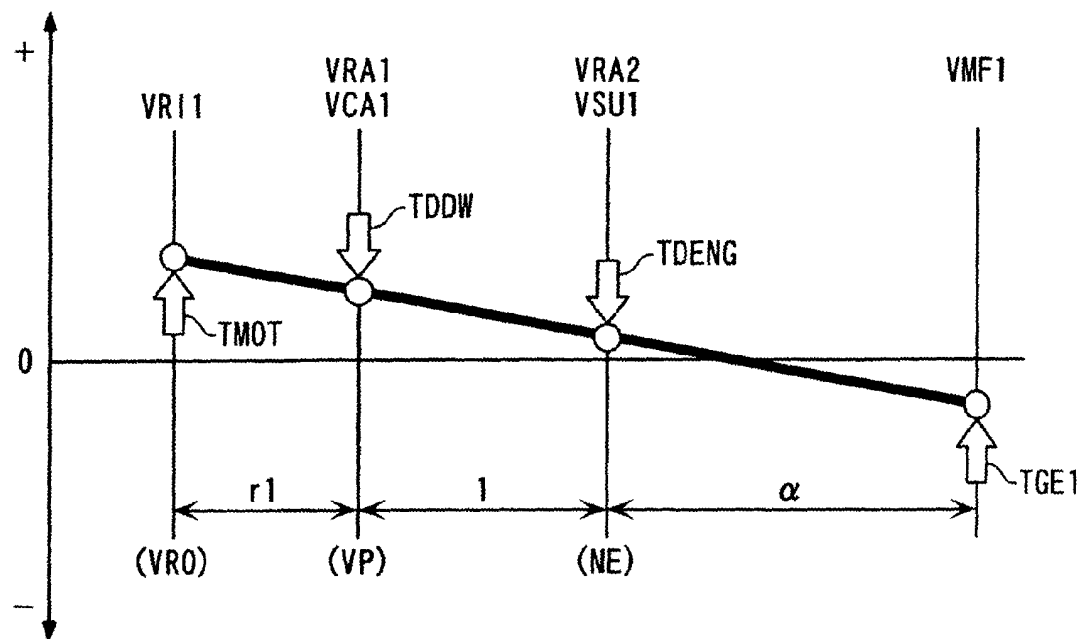
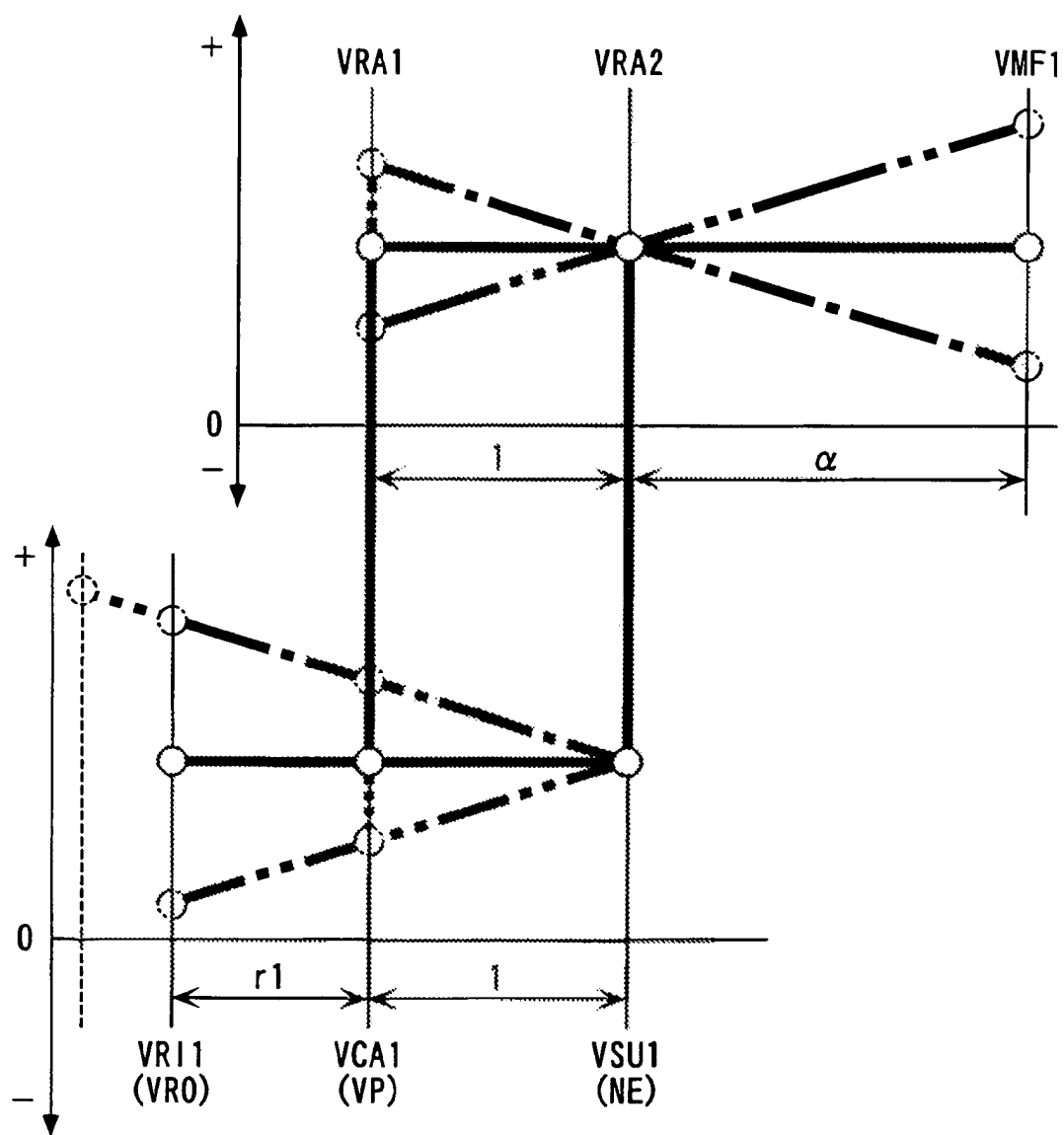


FIG. 43



F I G. 4 4

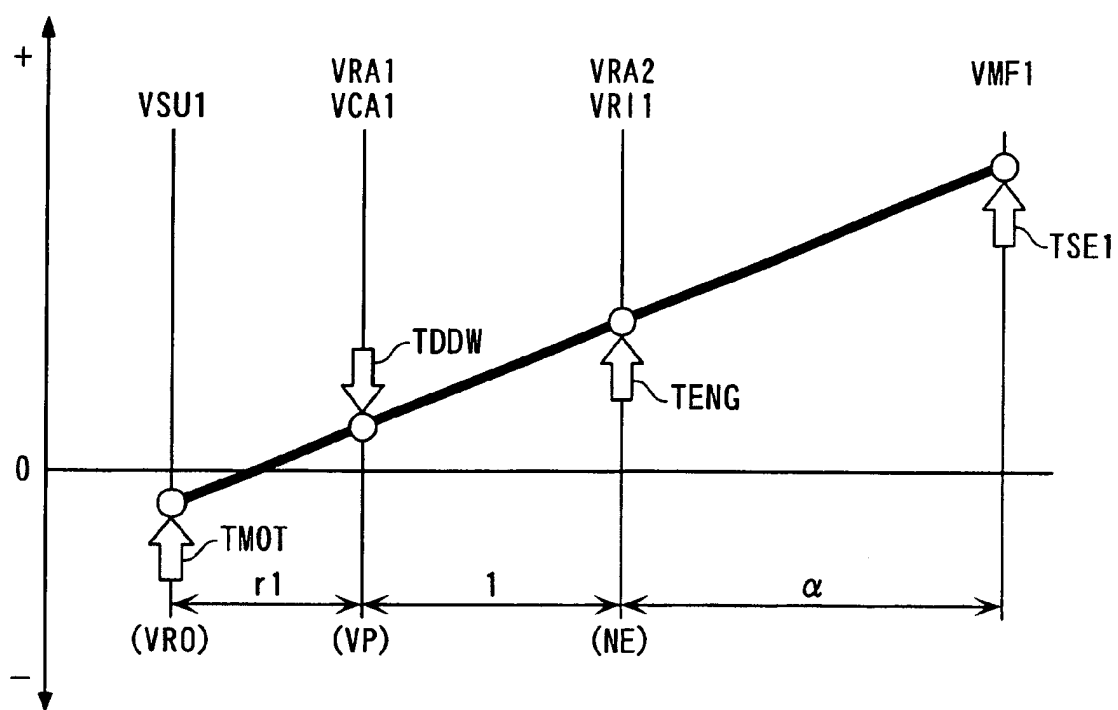


FIG. 45

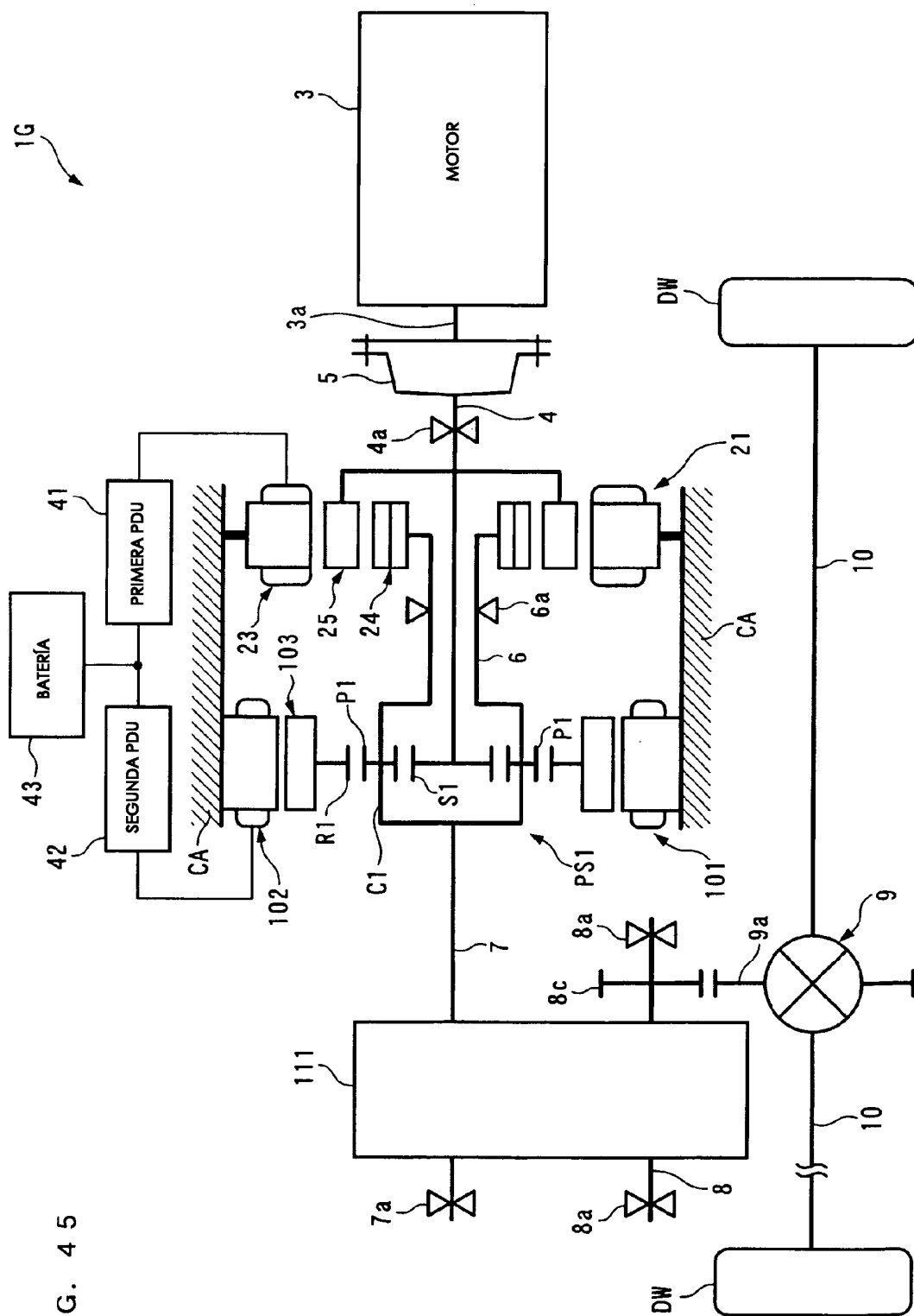
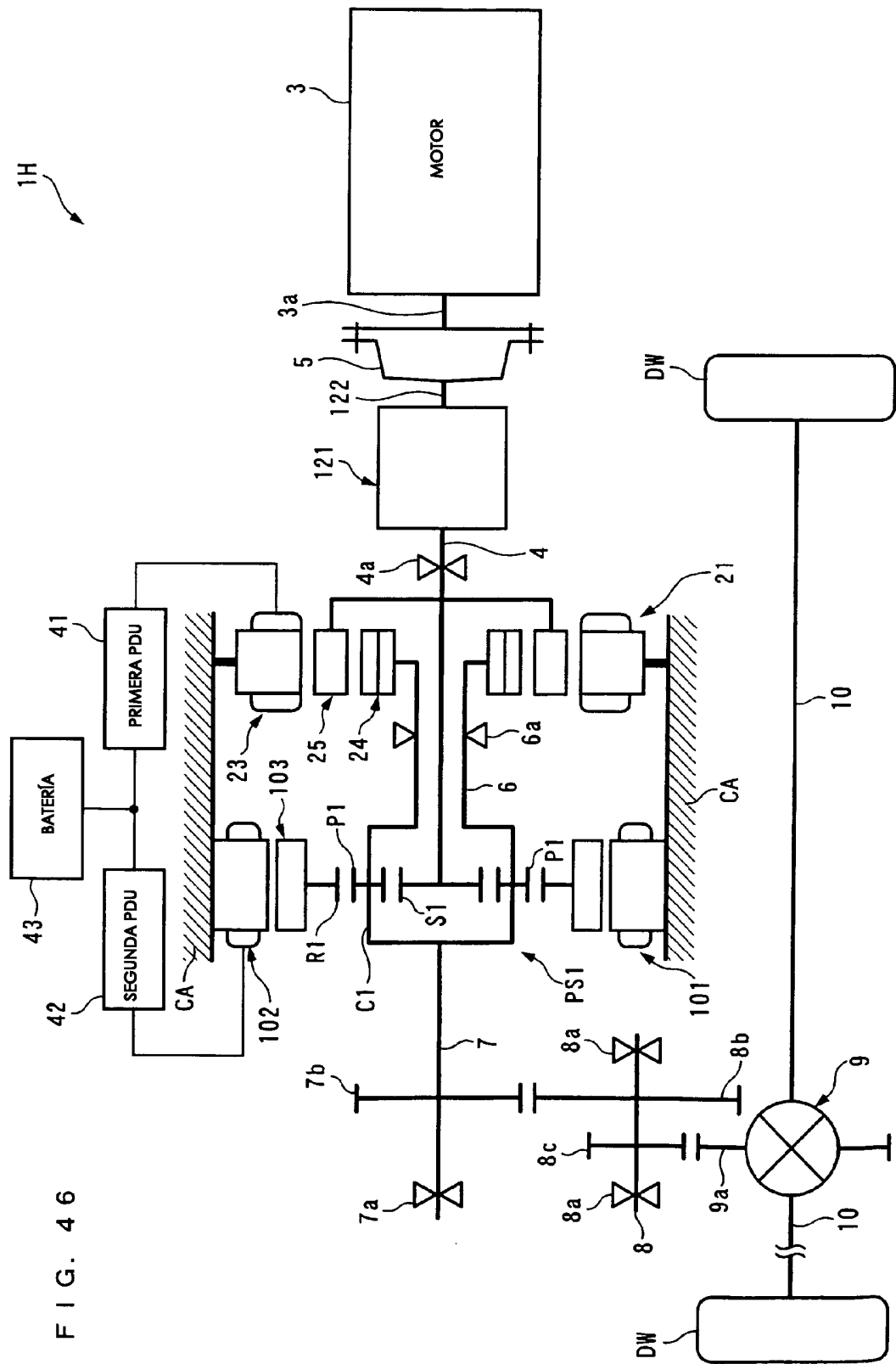
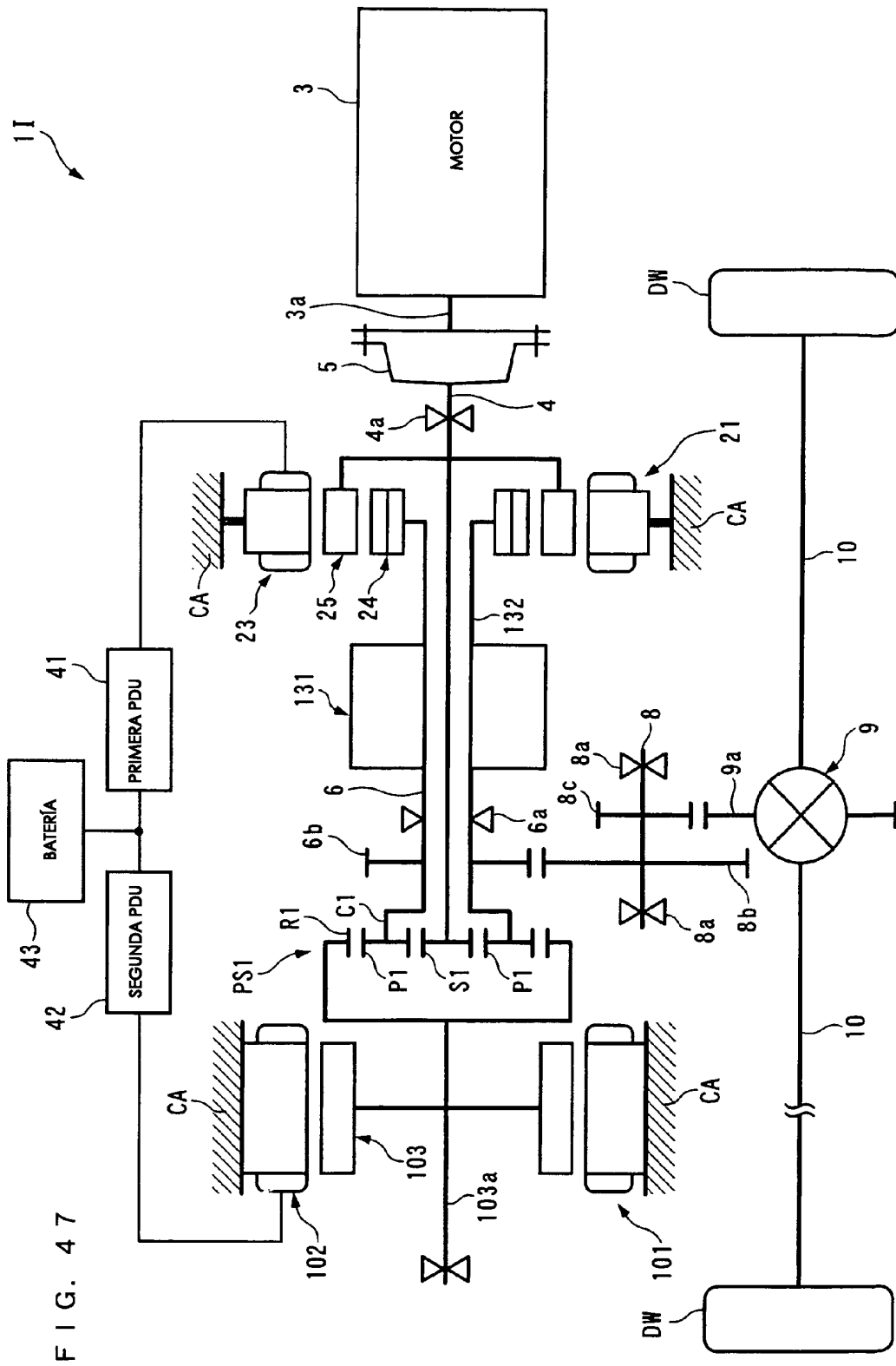
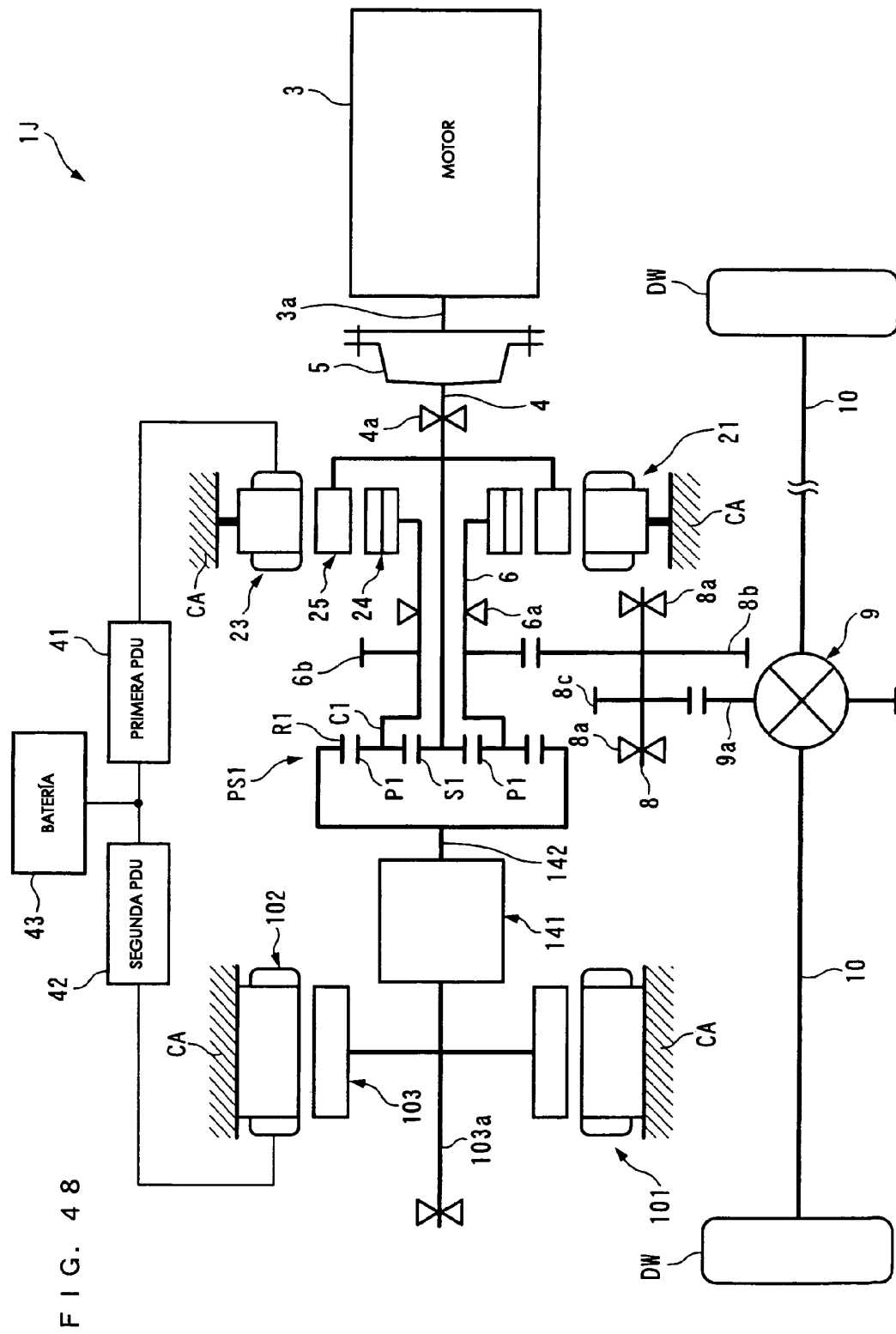
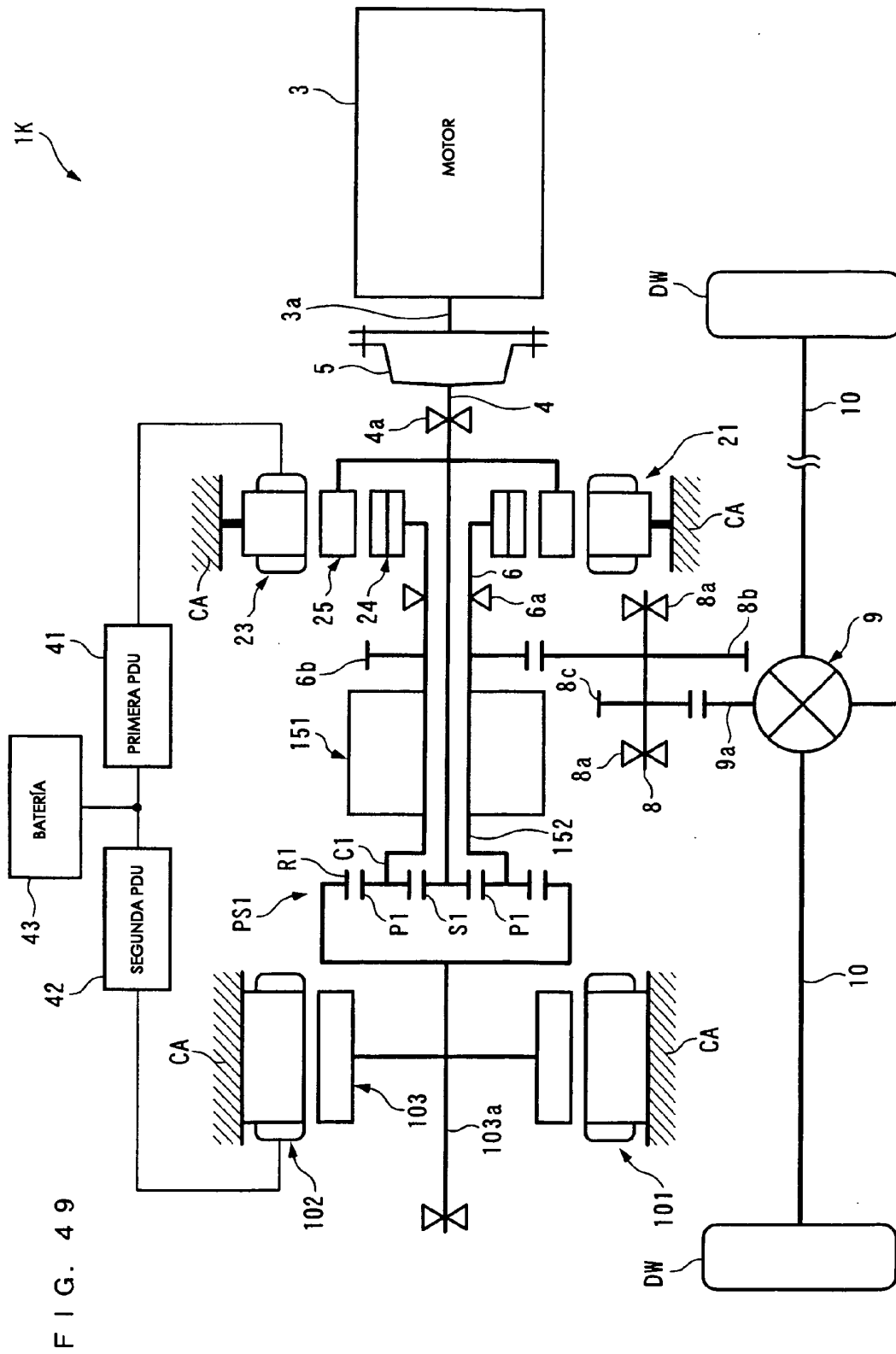


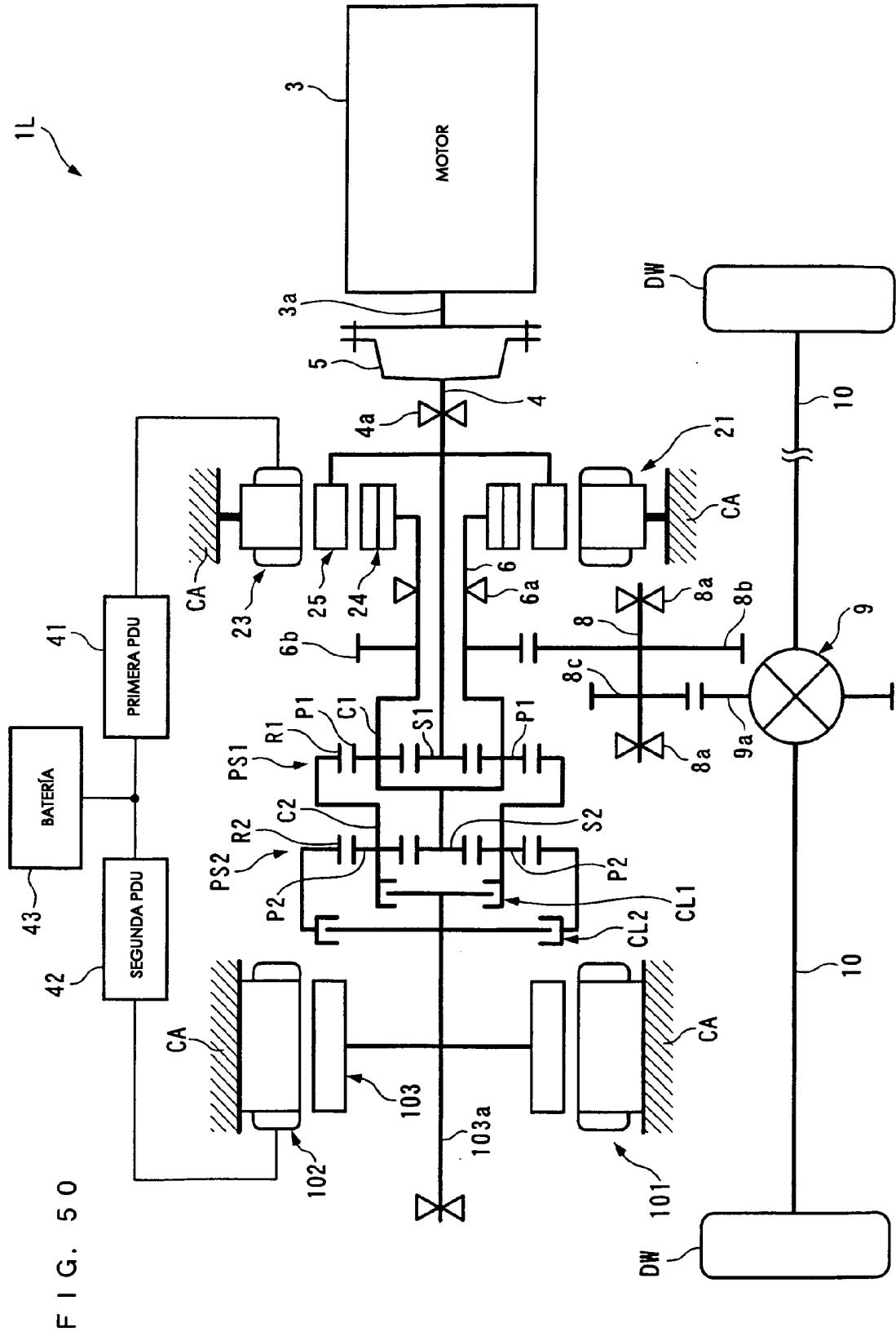
FIG. 46











F I G. 5 1

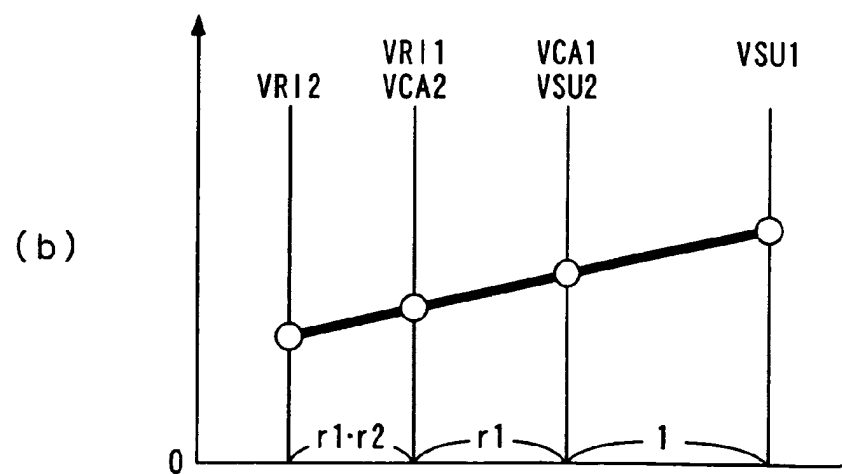
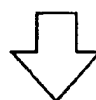
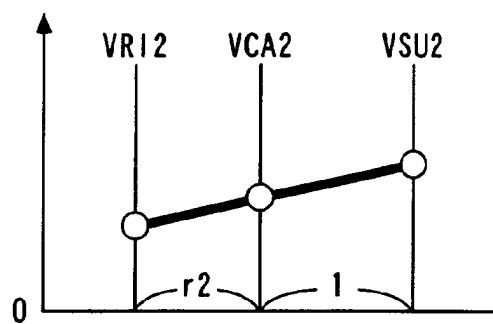
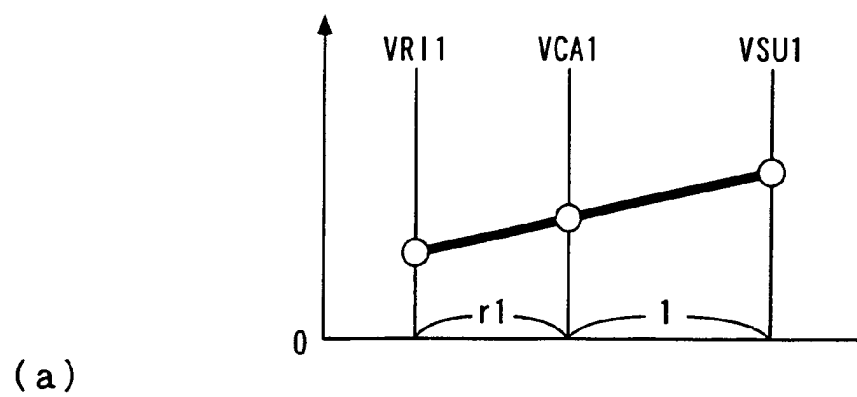


FIG. 52

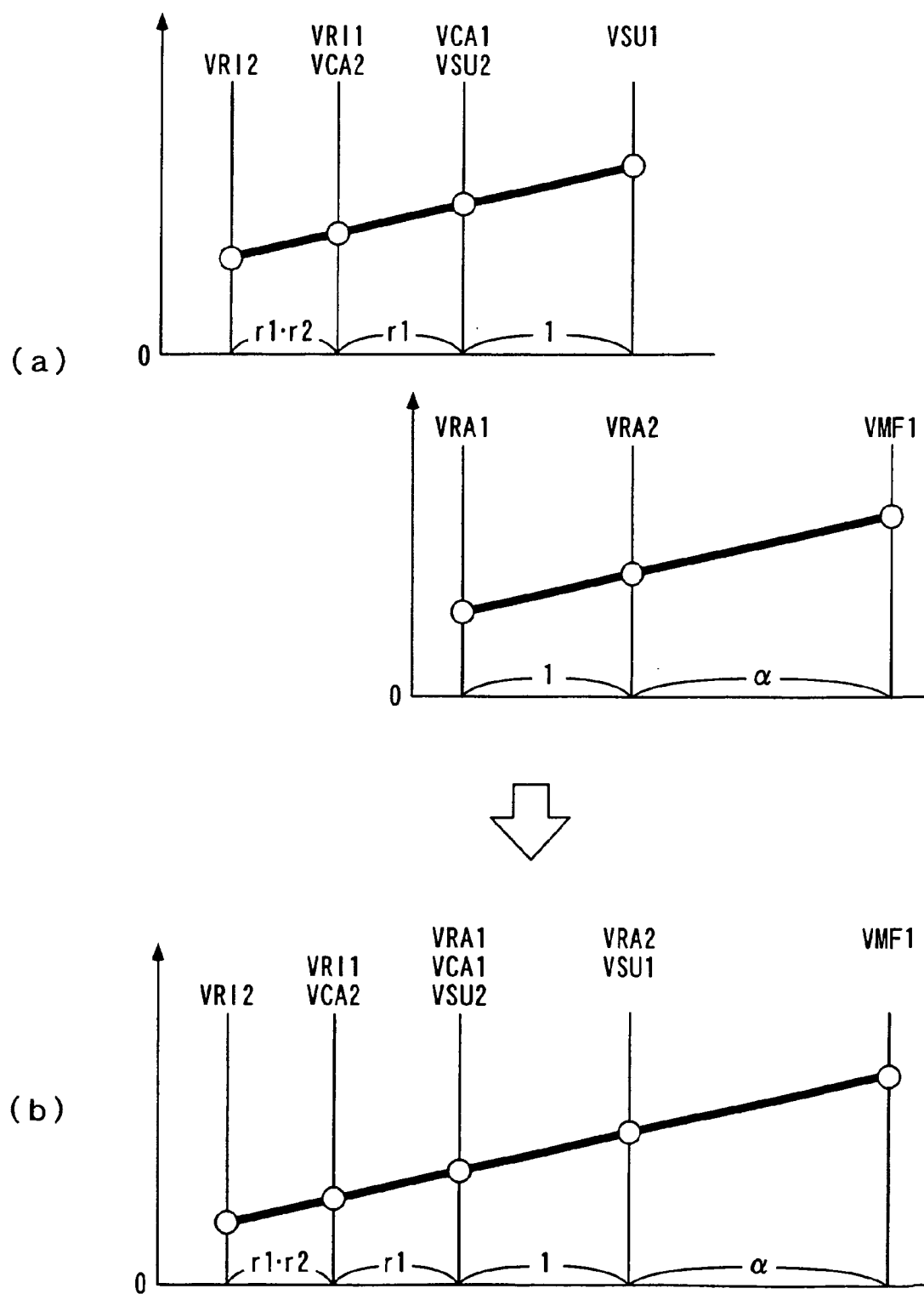


FIG. 53

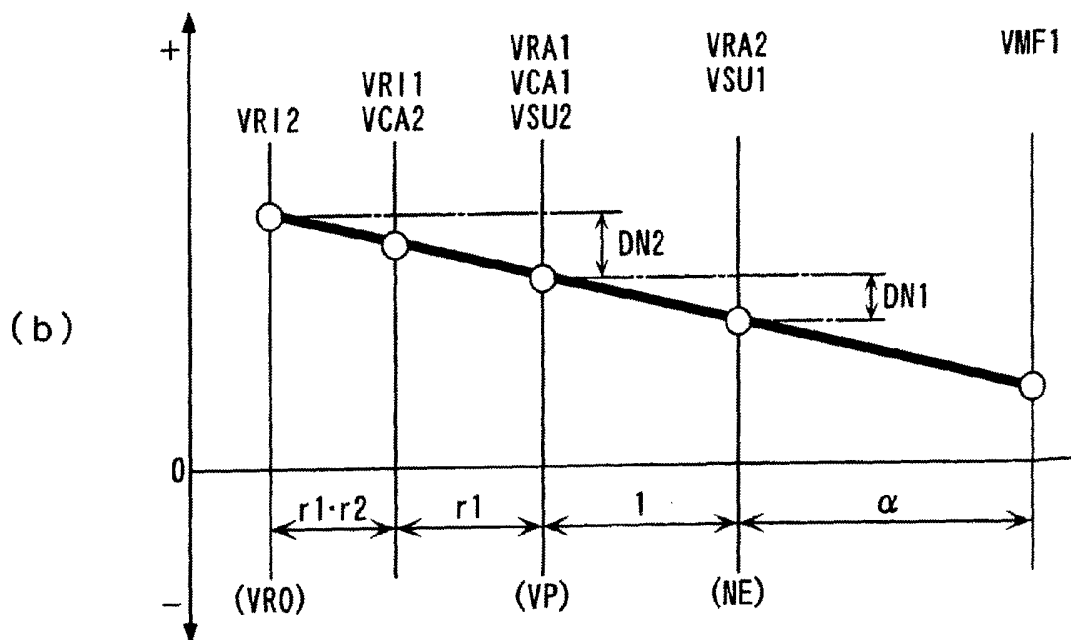
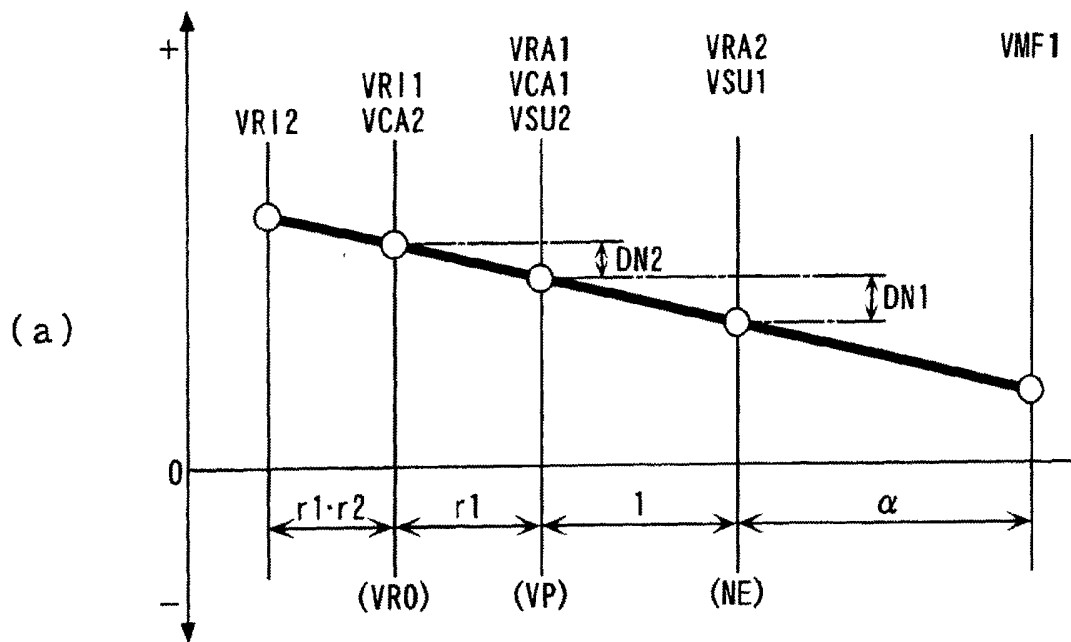
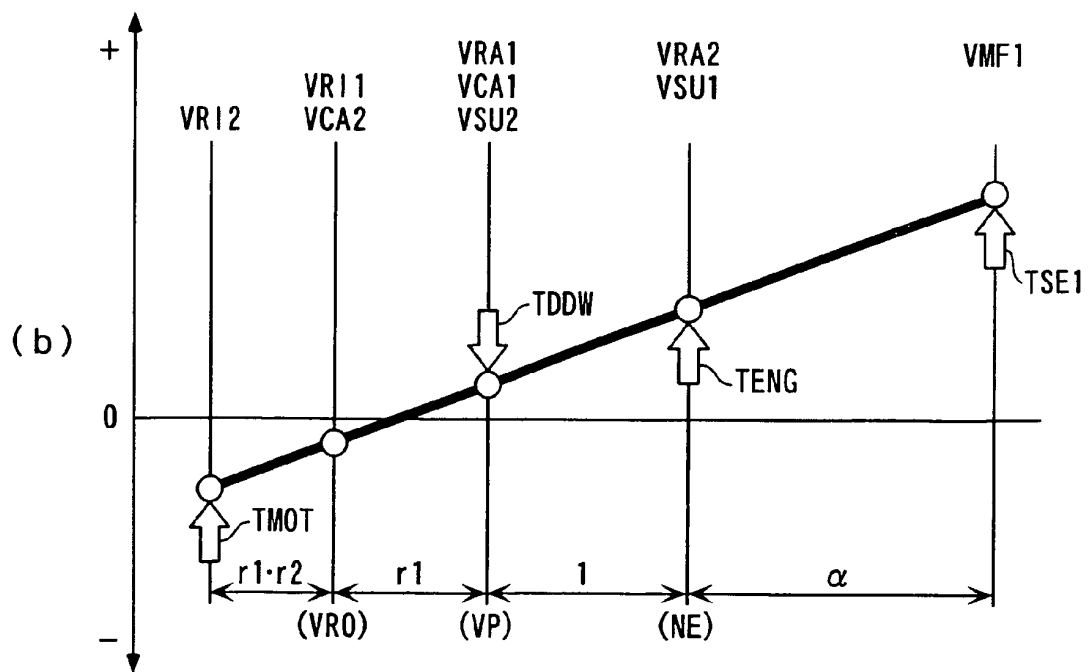
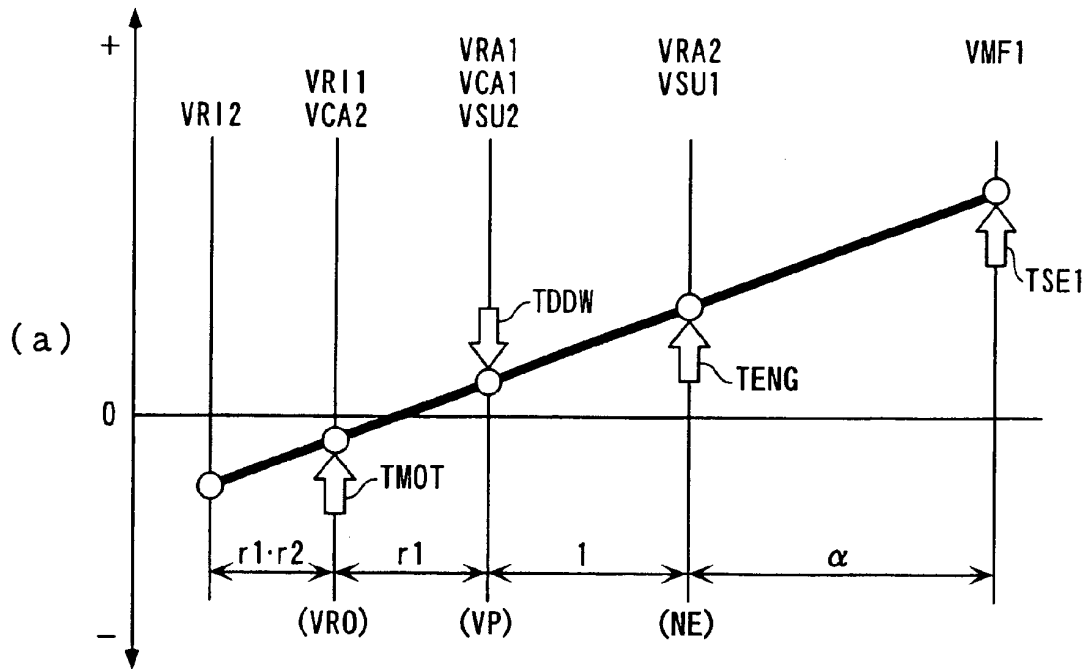
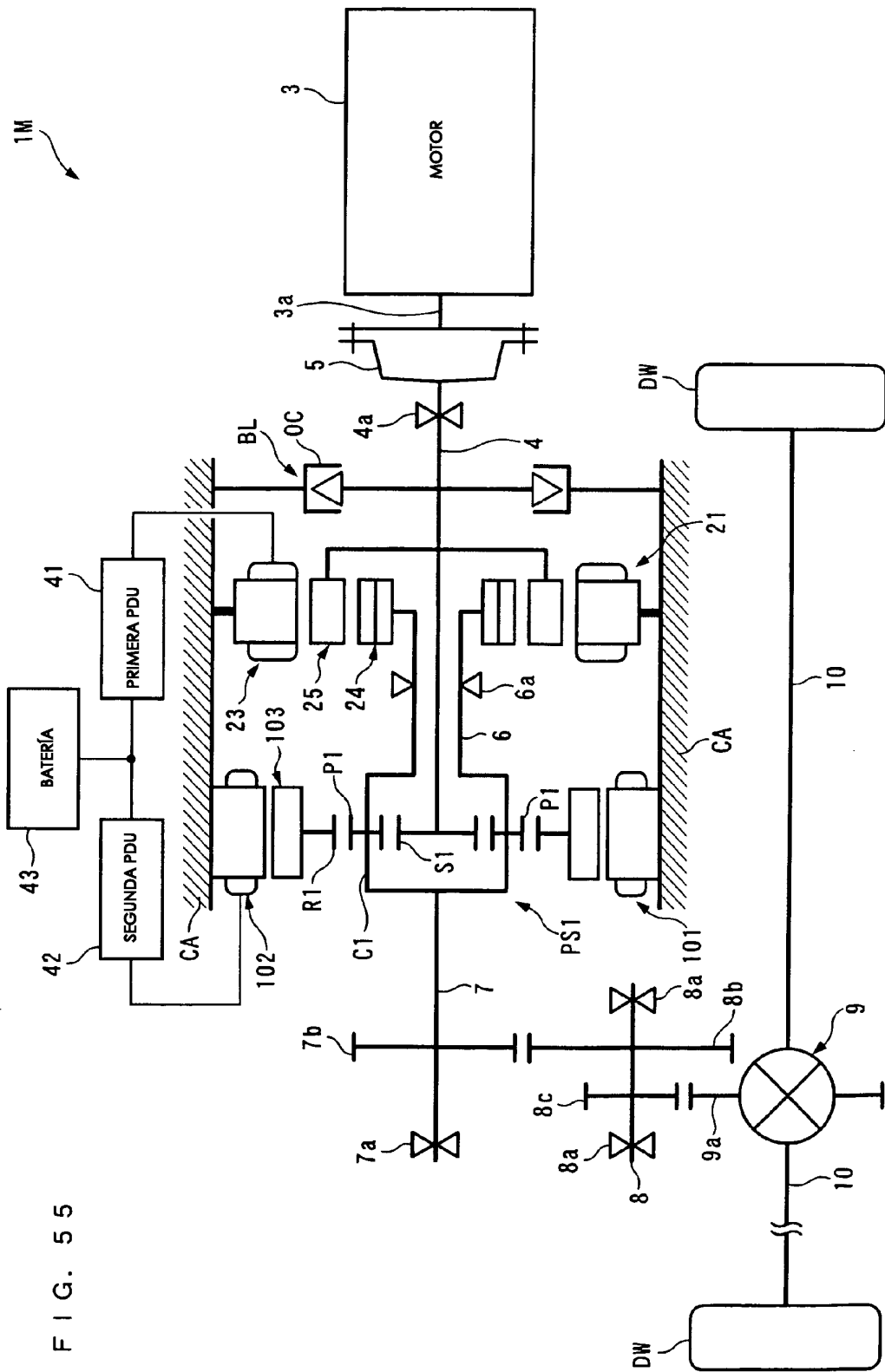


FIG. 54



F I G. 55



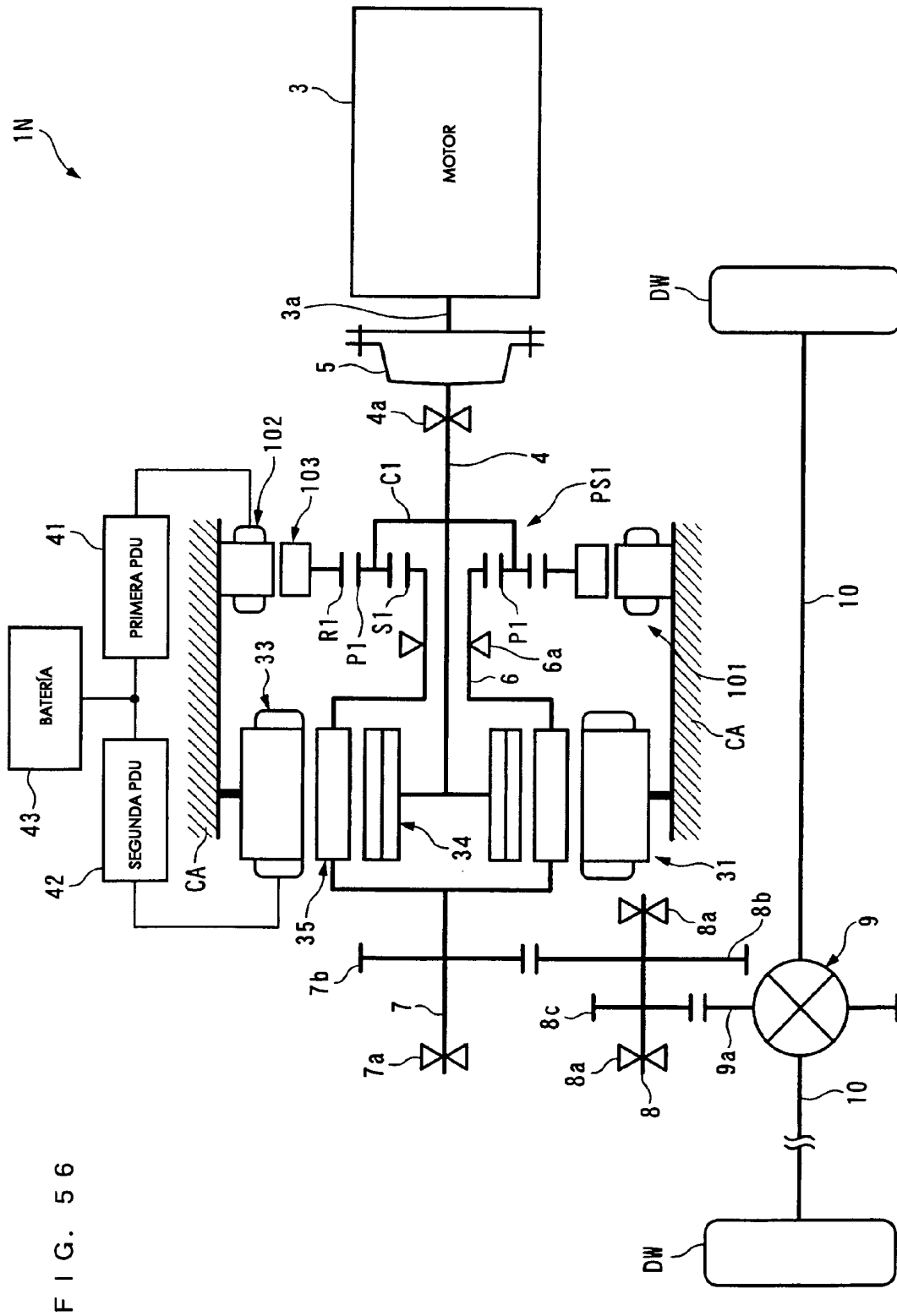
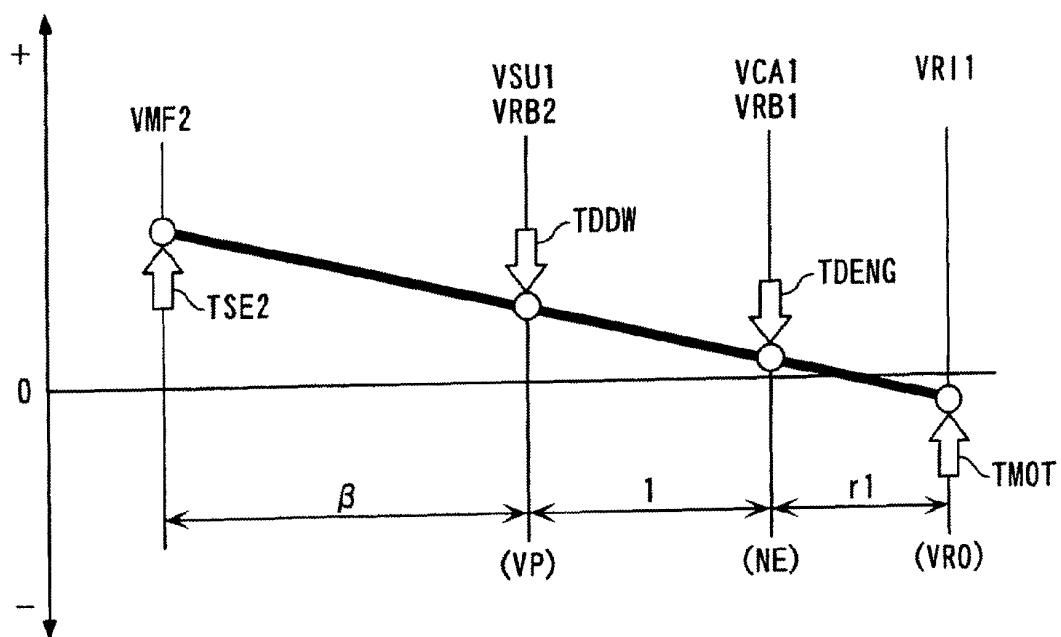


FIG. 57



F I G. 5 8

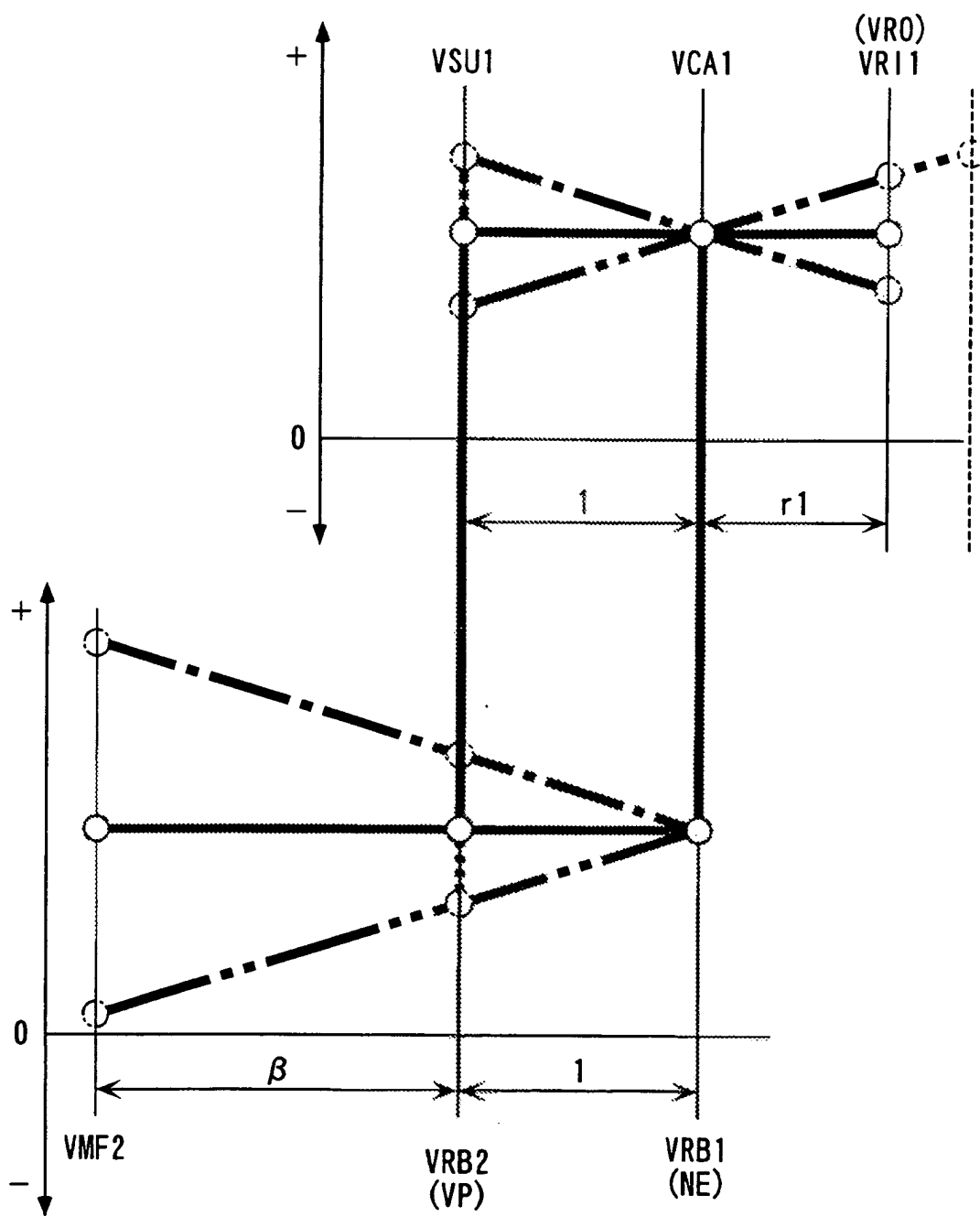
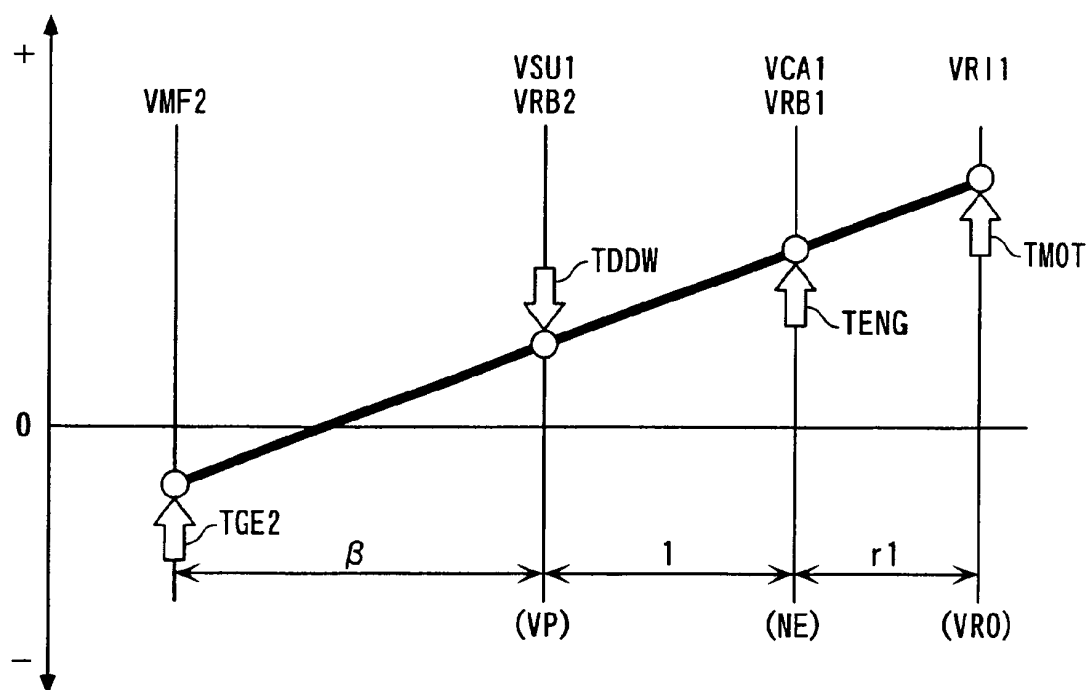
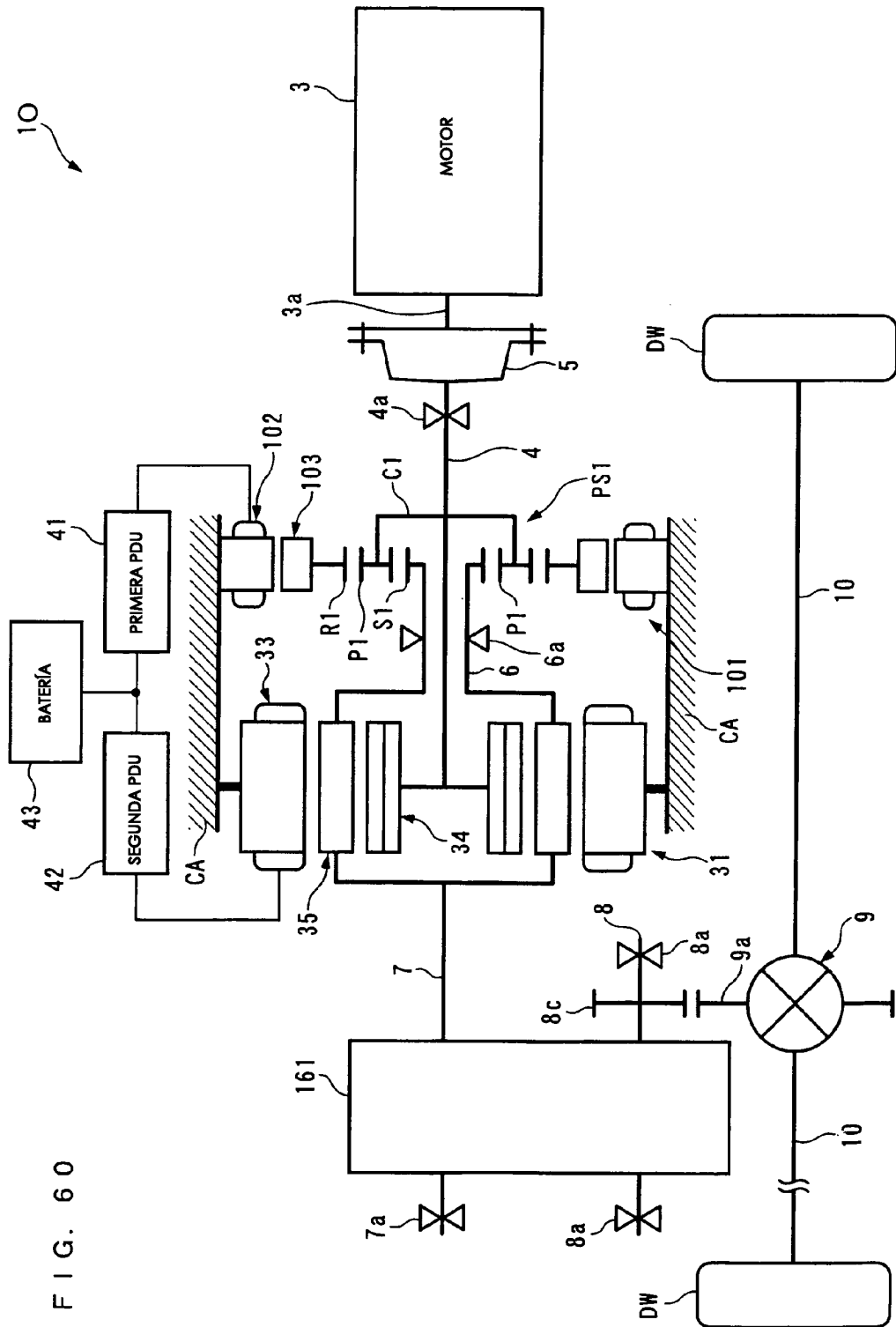
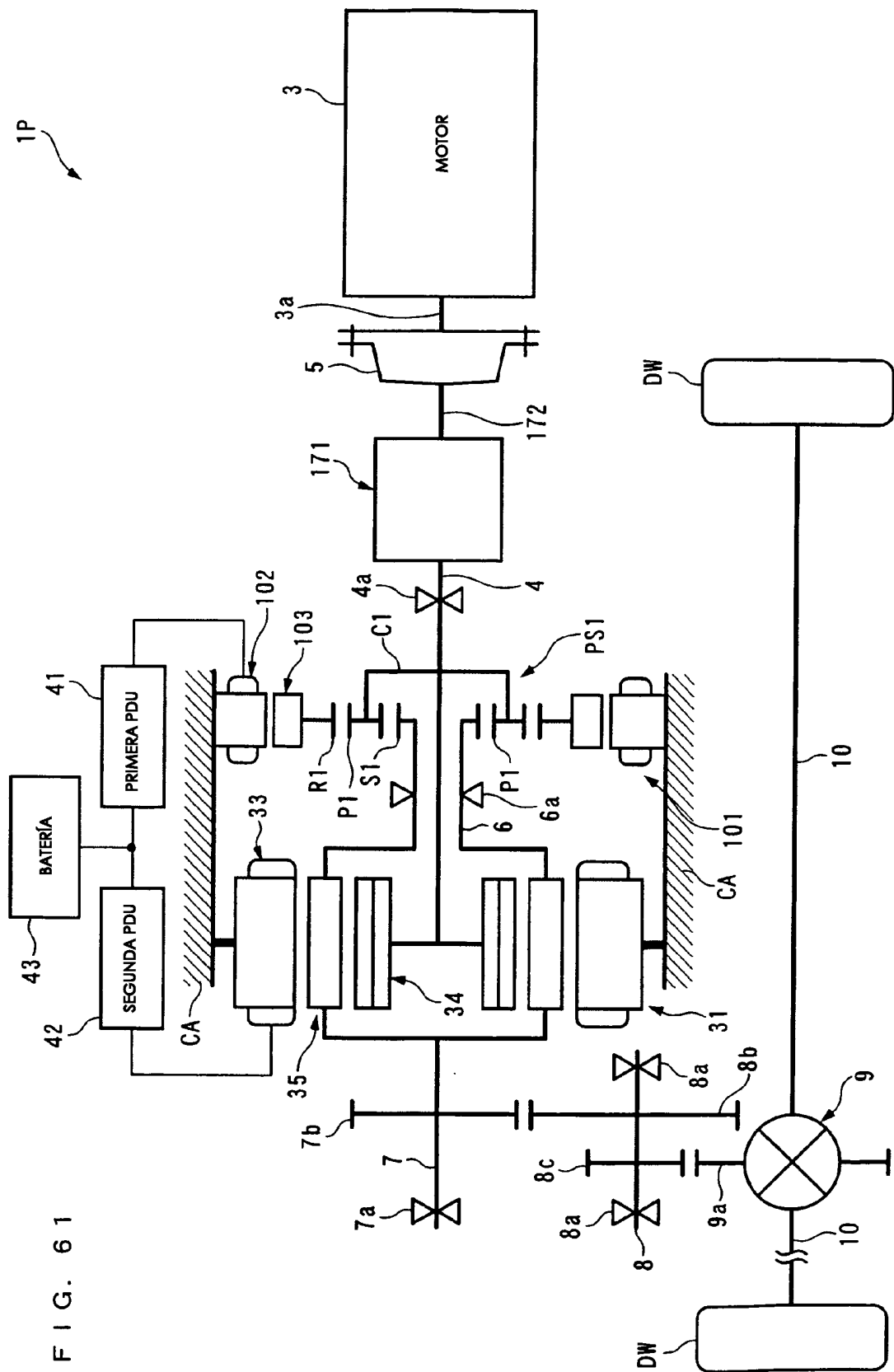
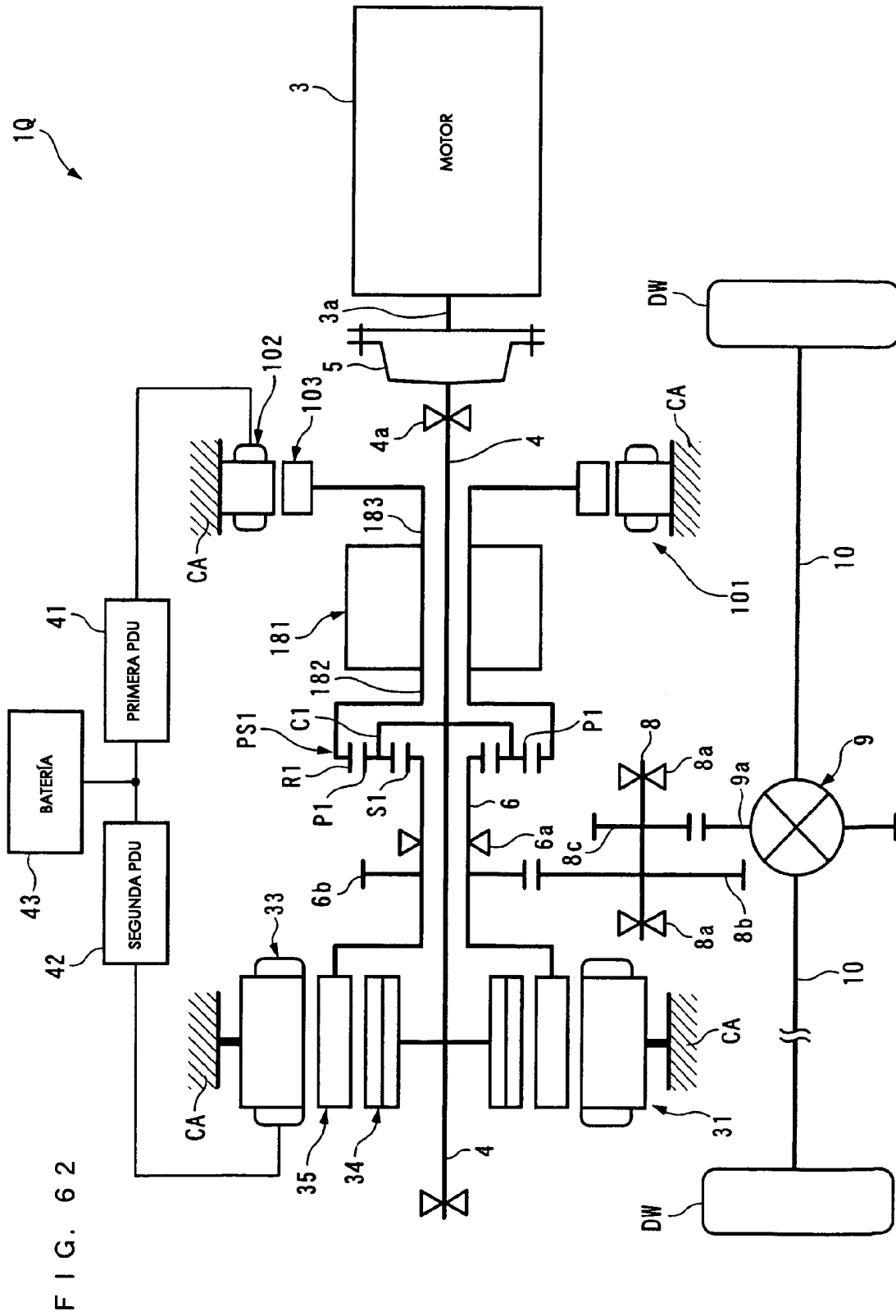


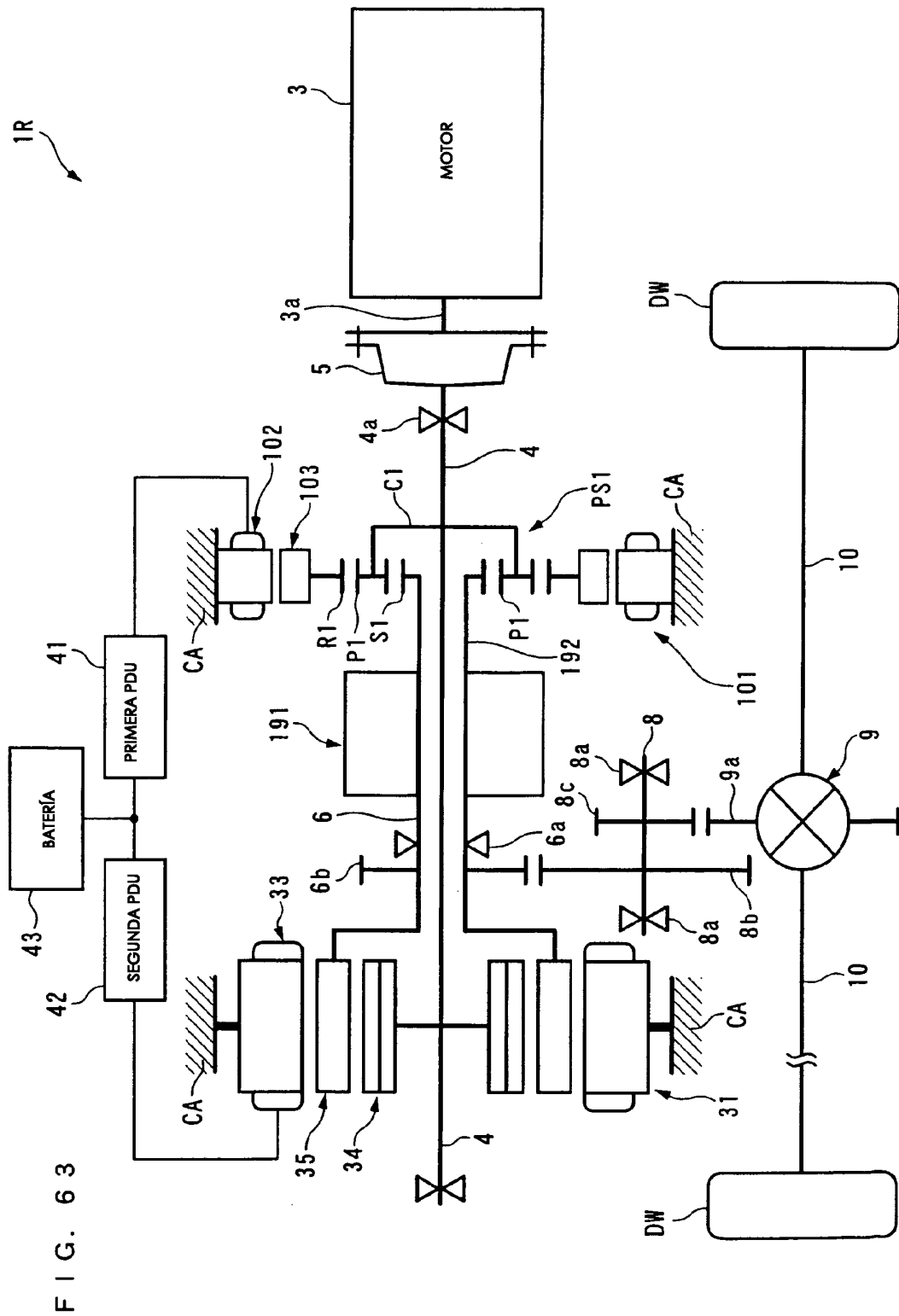
FIG. 59

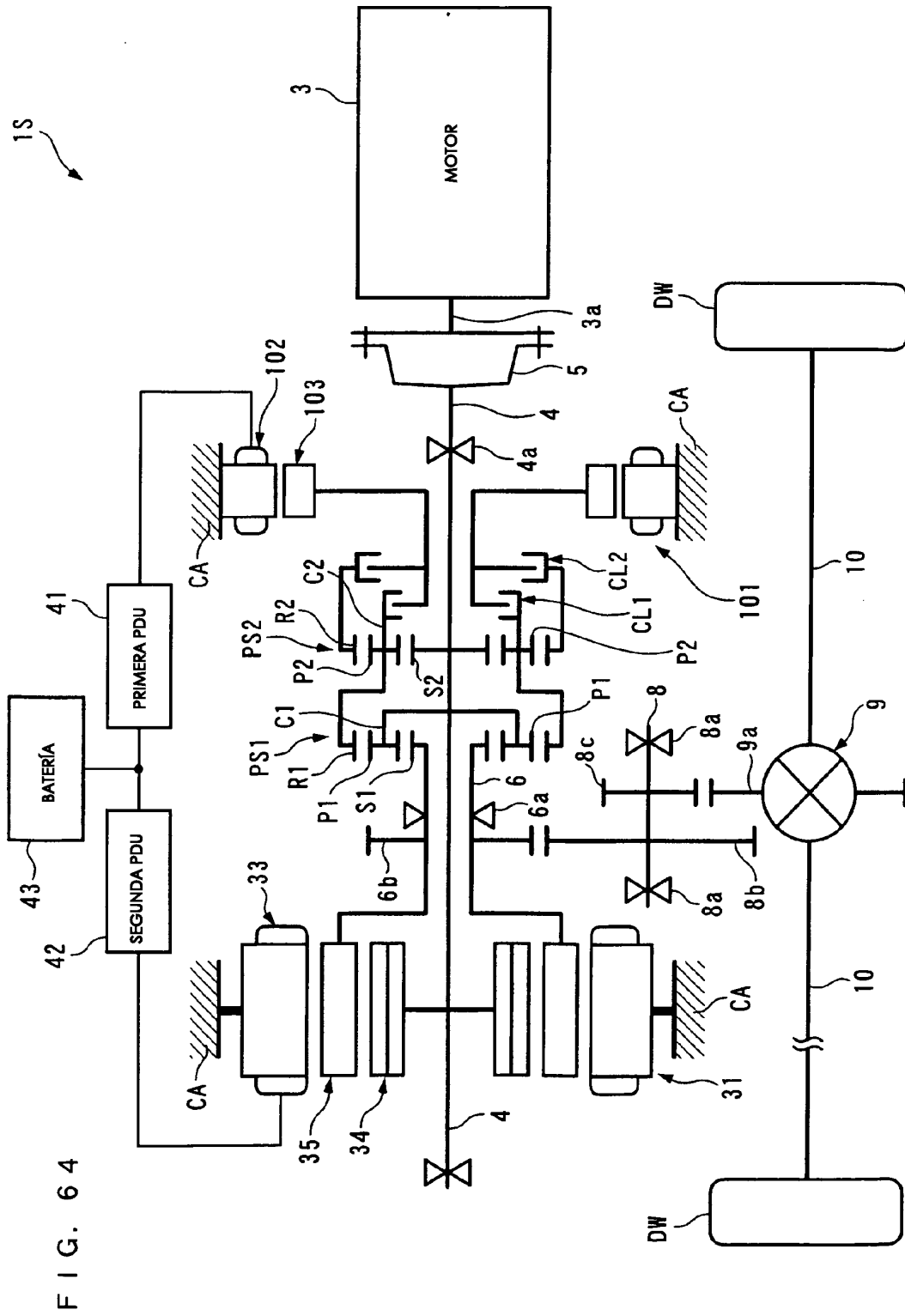












F I G. 6 5

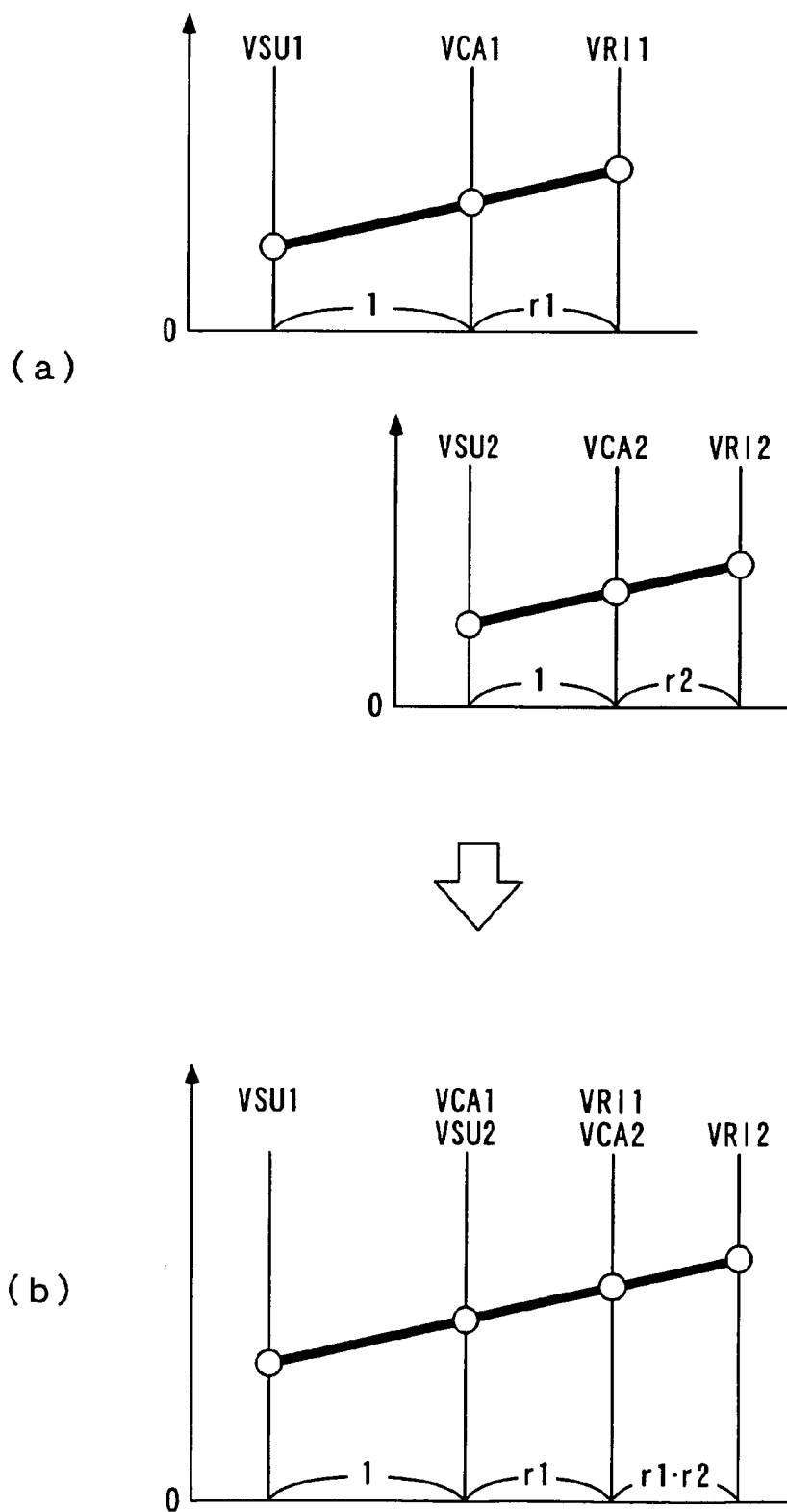
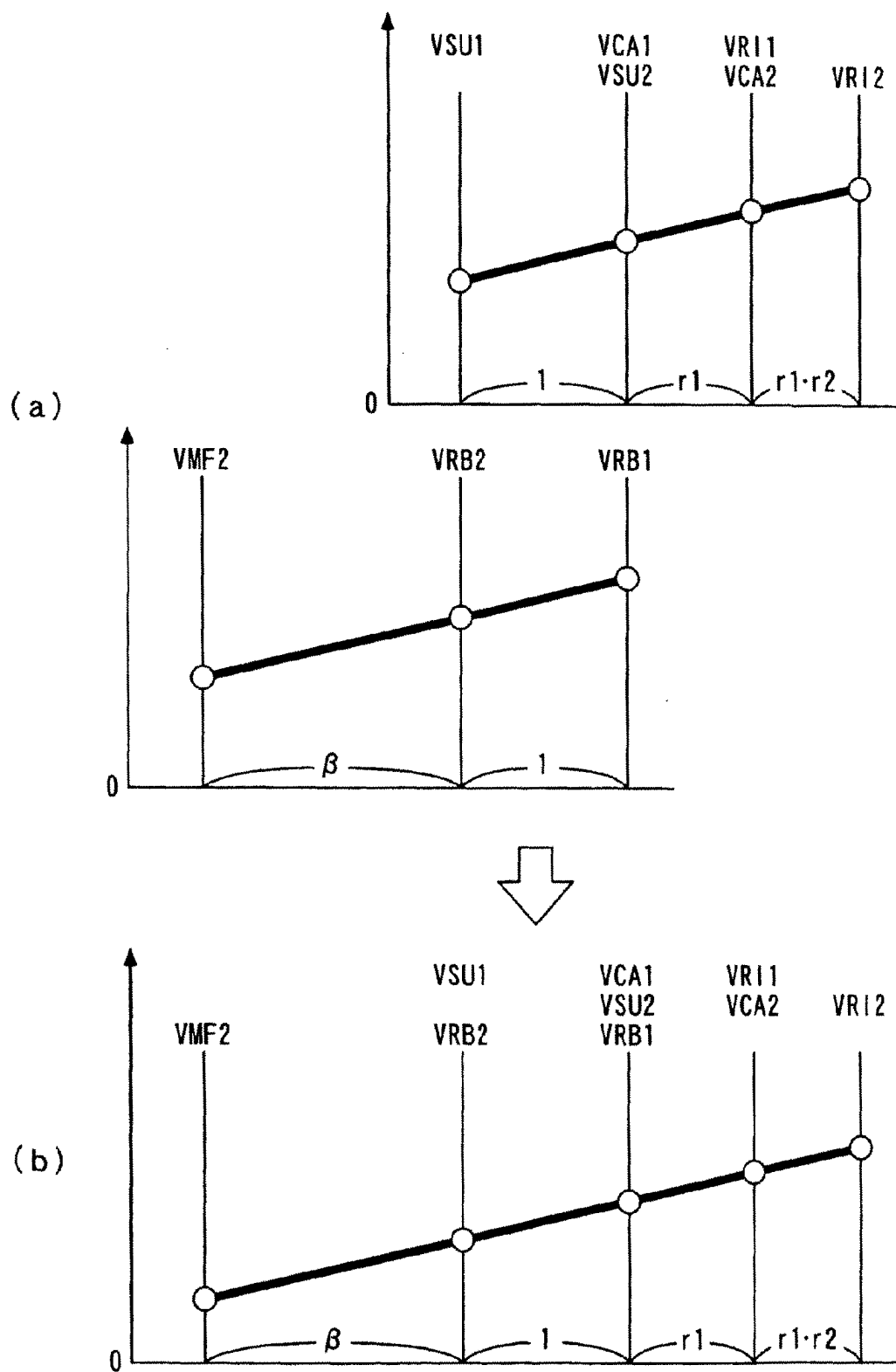


FIG. 66



F I G. 6 7

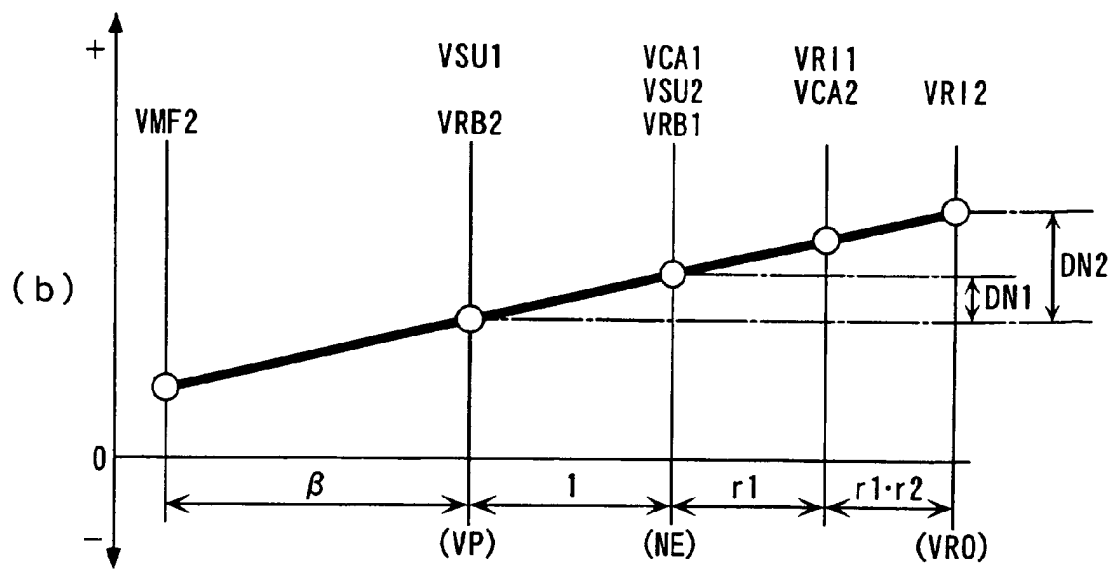
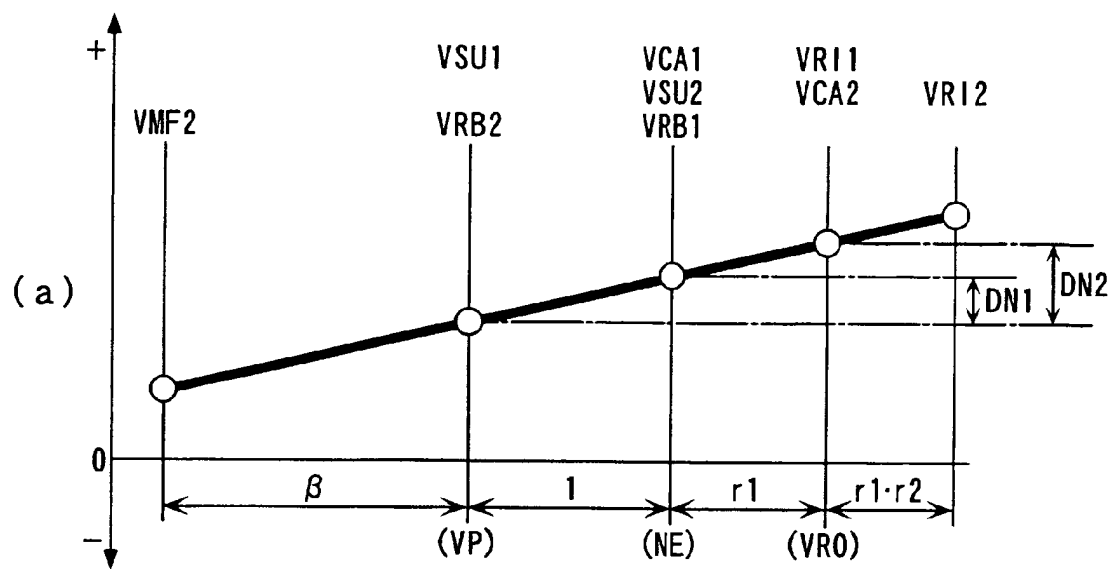
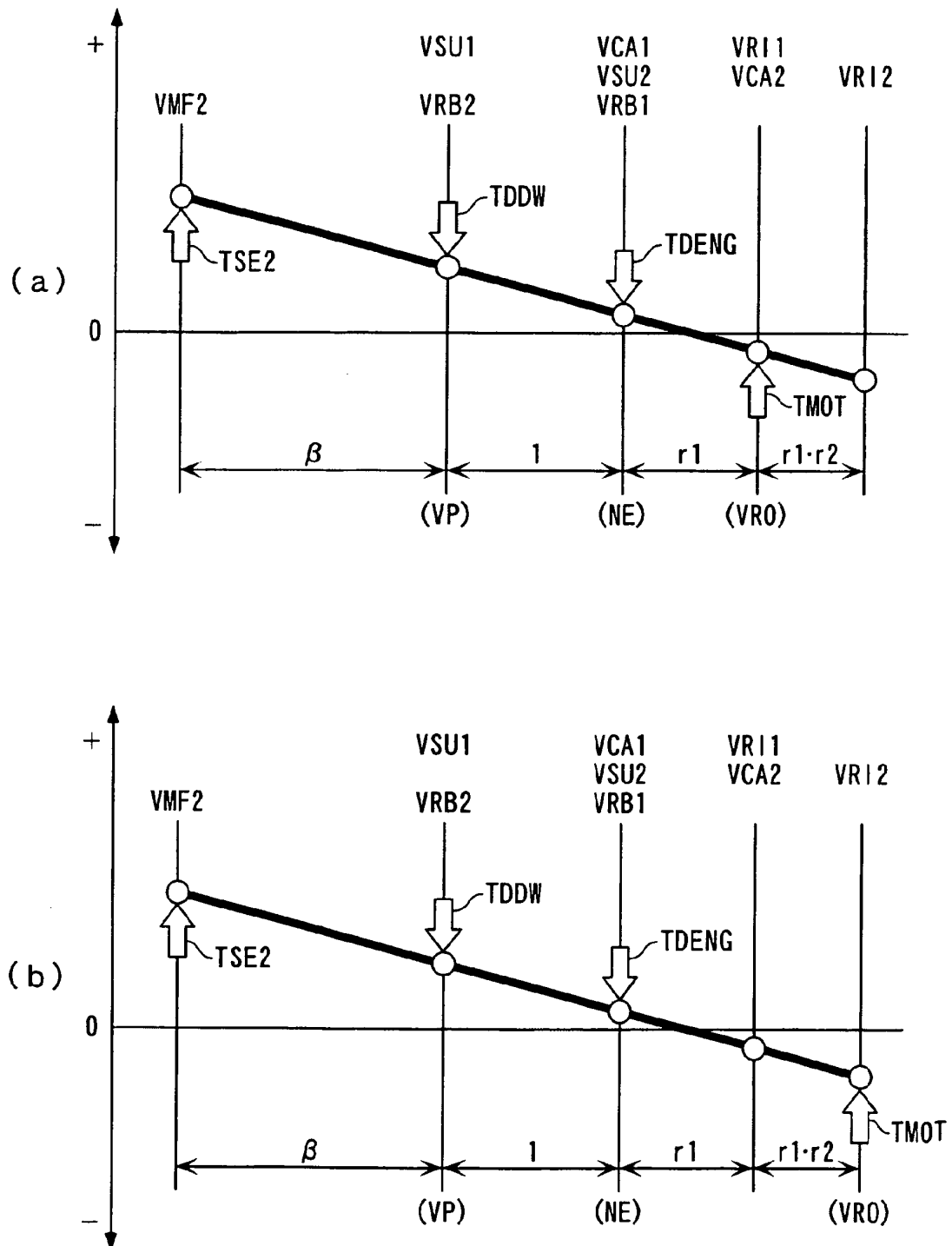
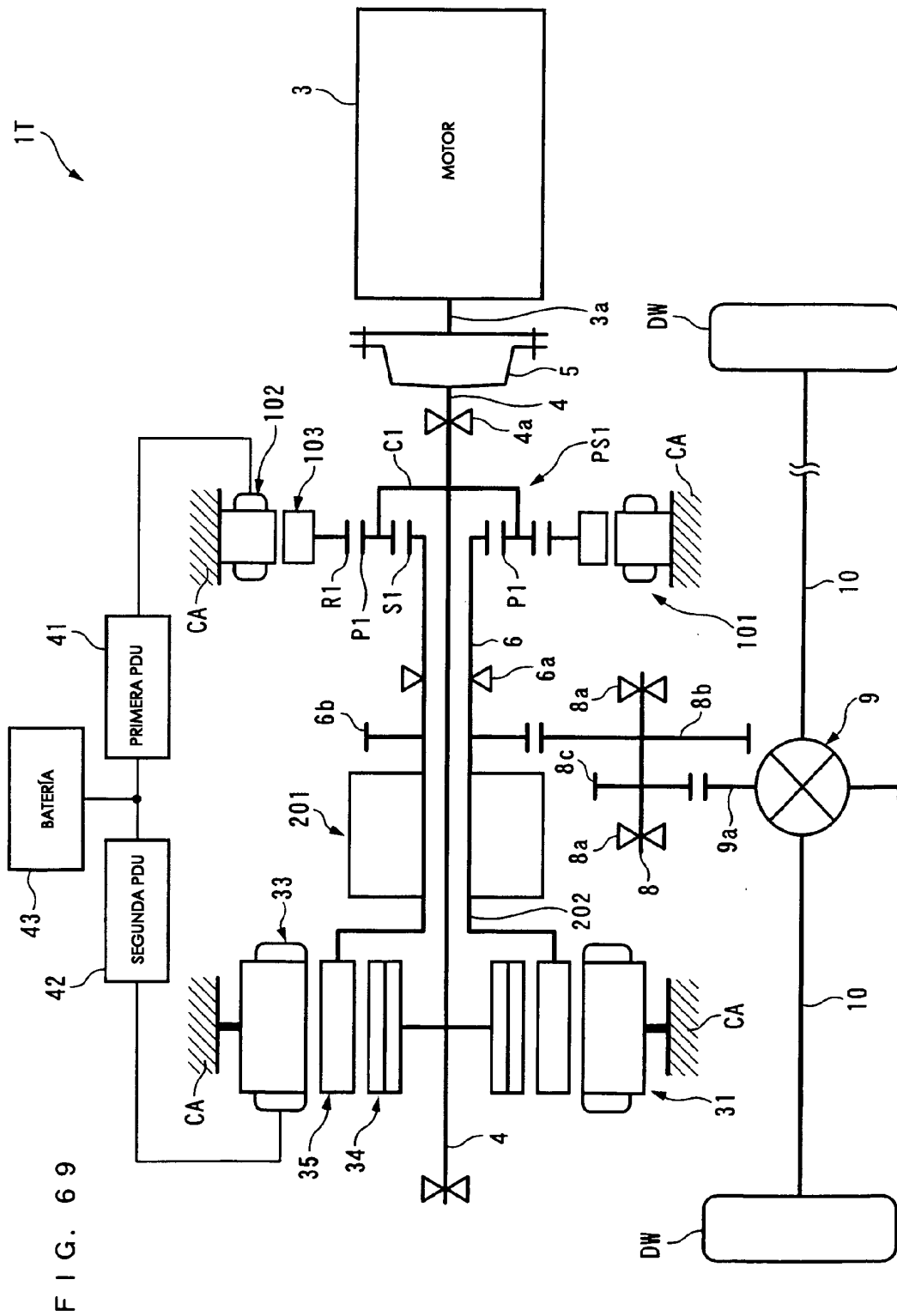


FIG. 68





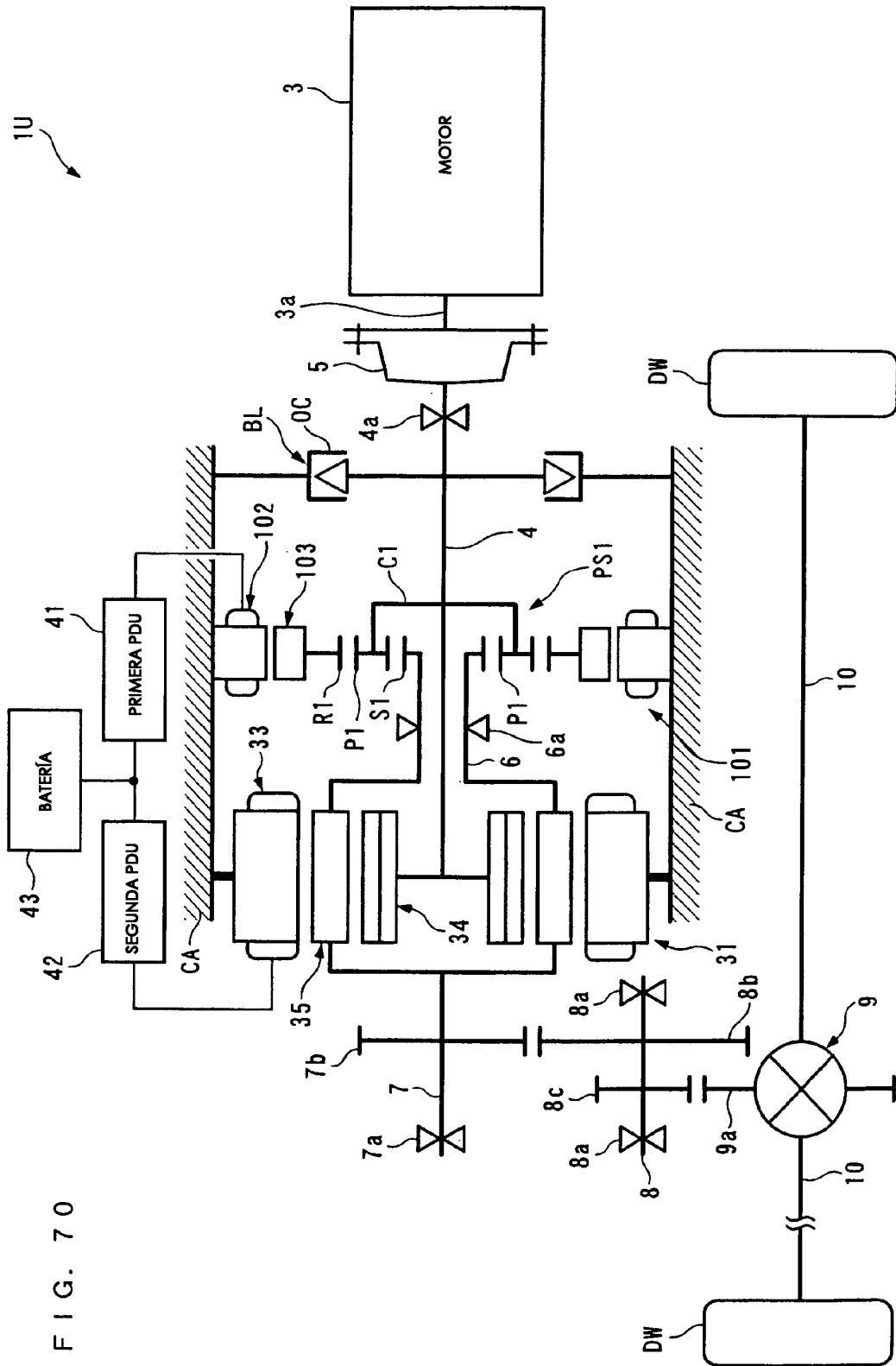


FIG. 71

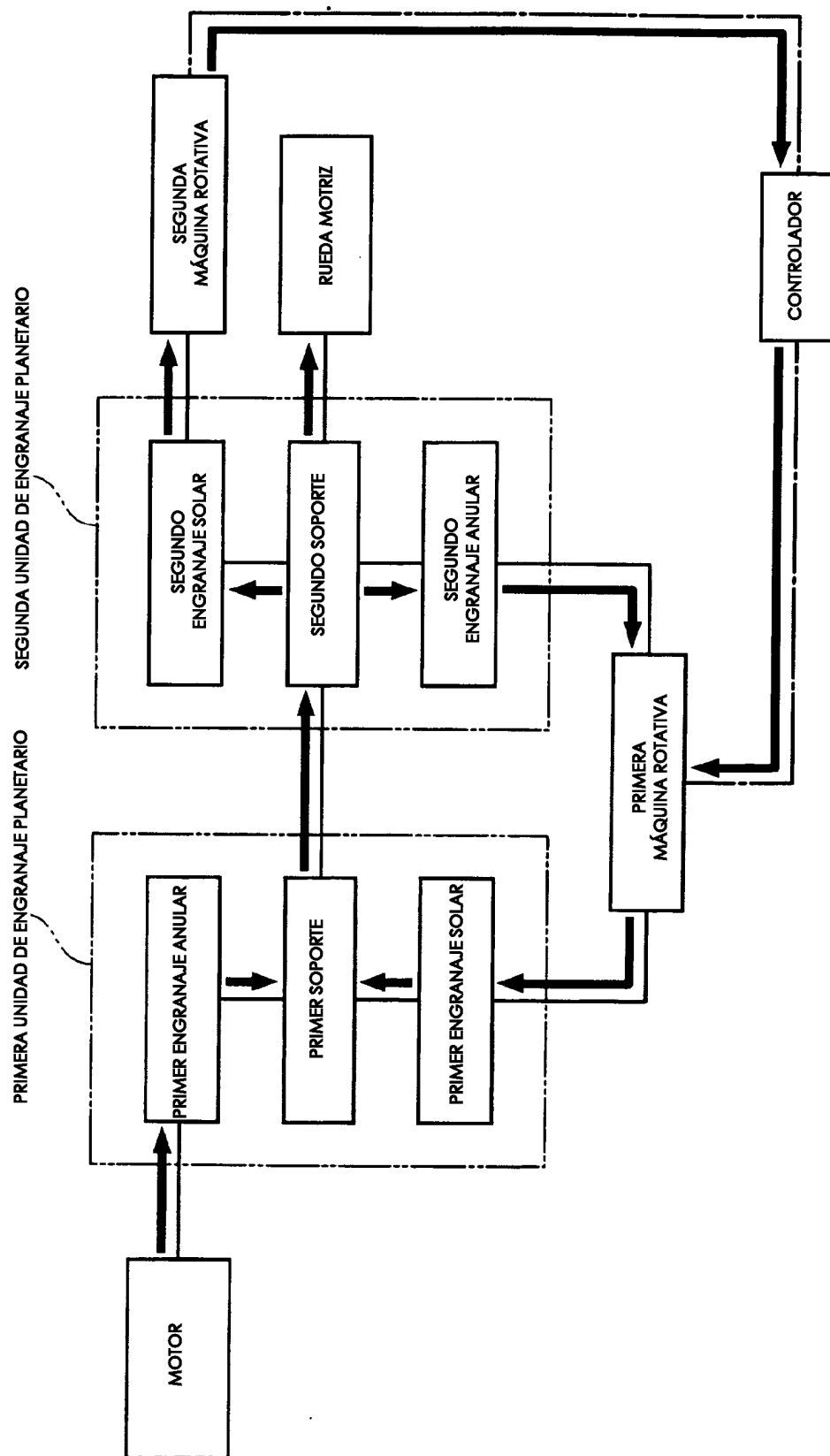


FIG. 72

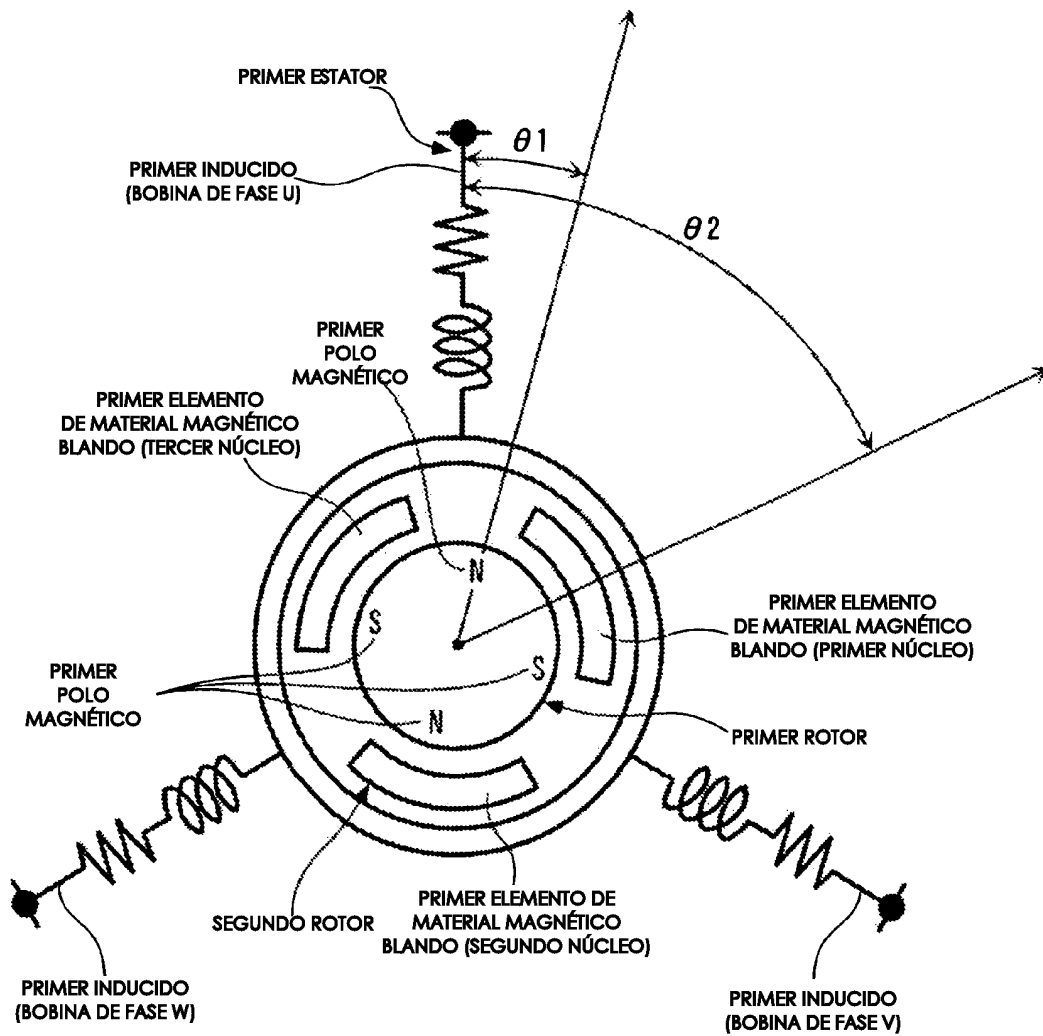


FIG. 73

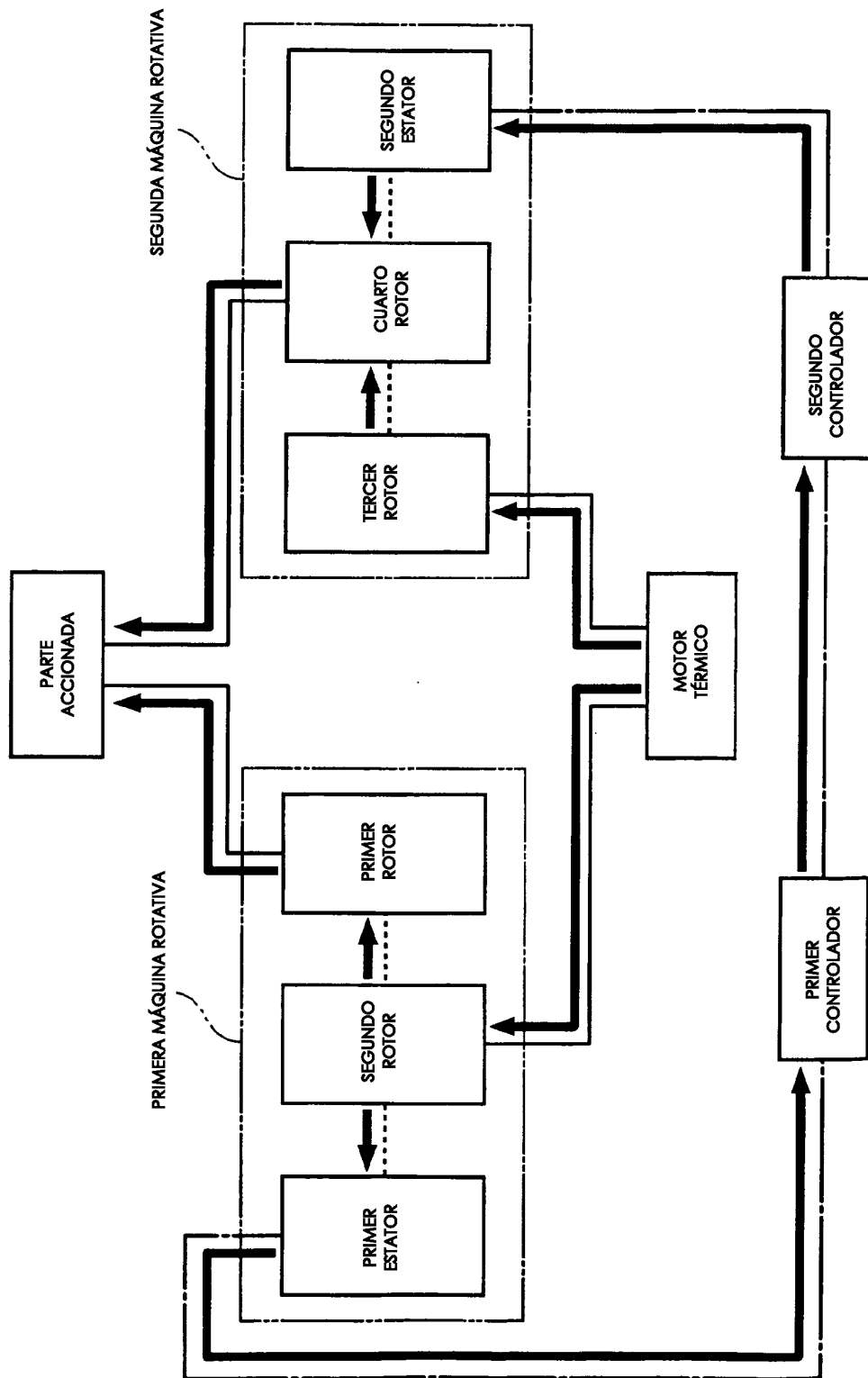


FIG. 74

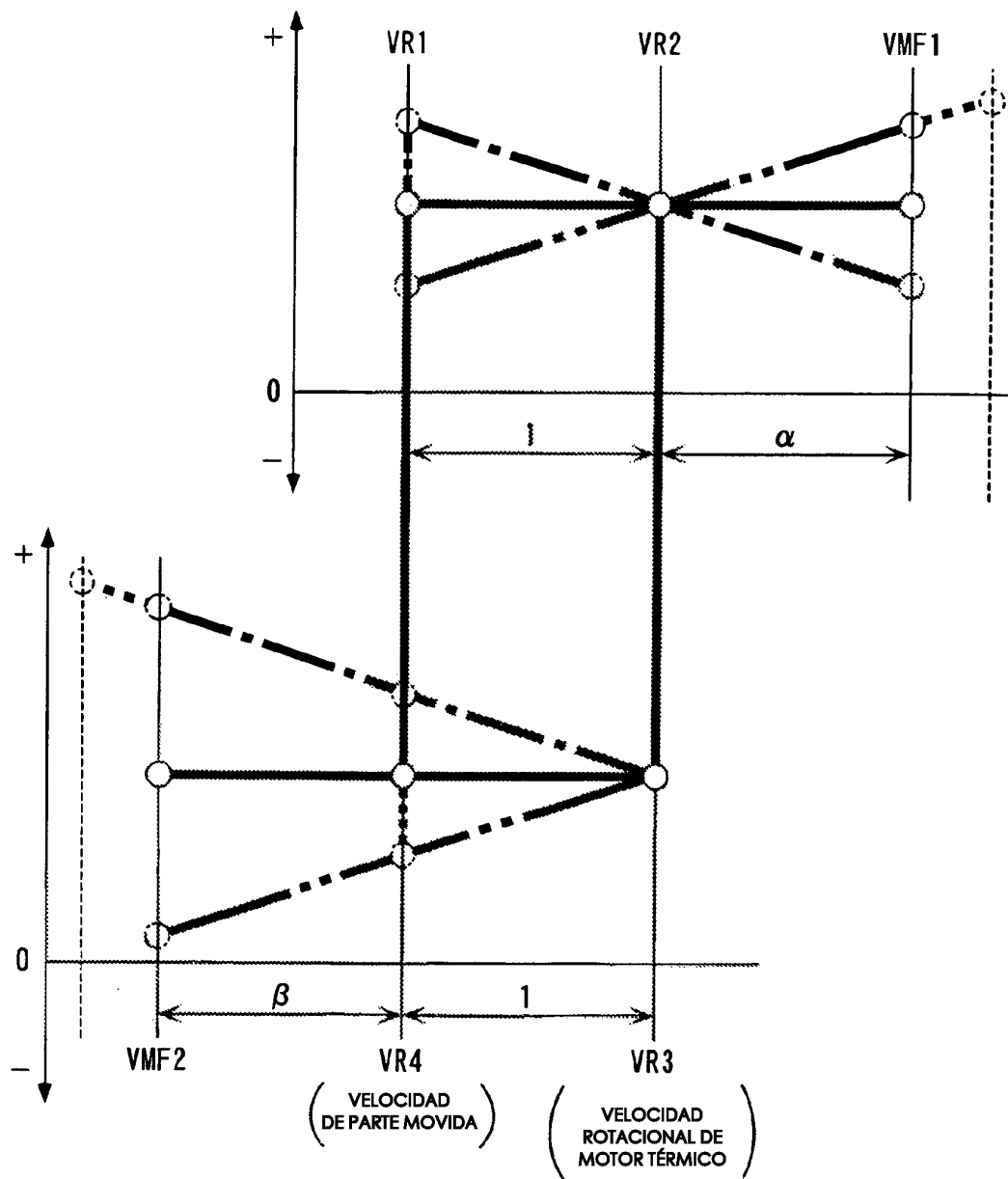


FIG. 75

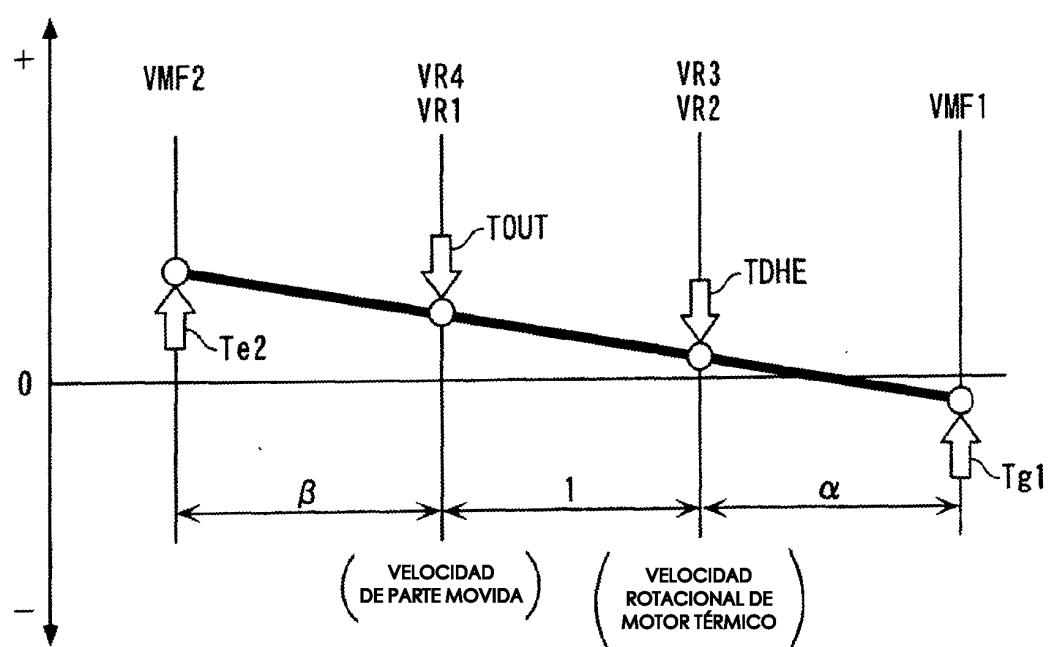


FIG. 76

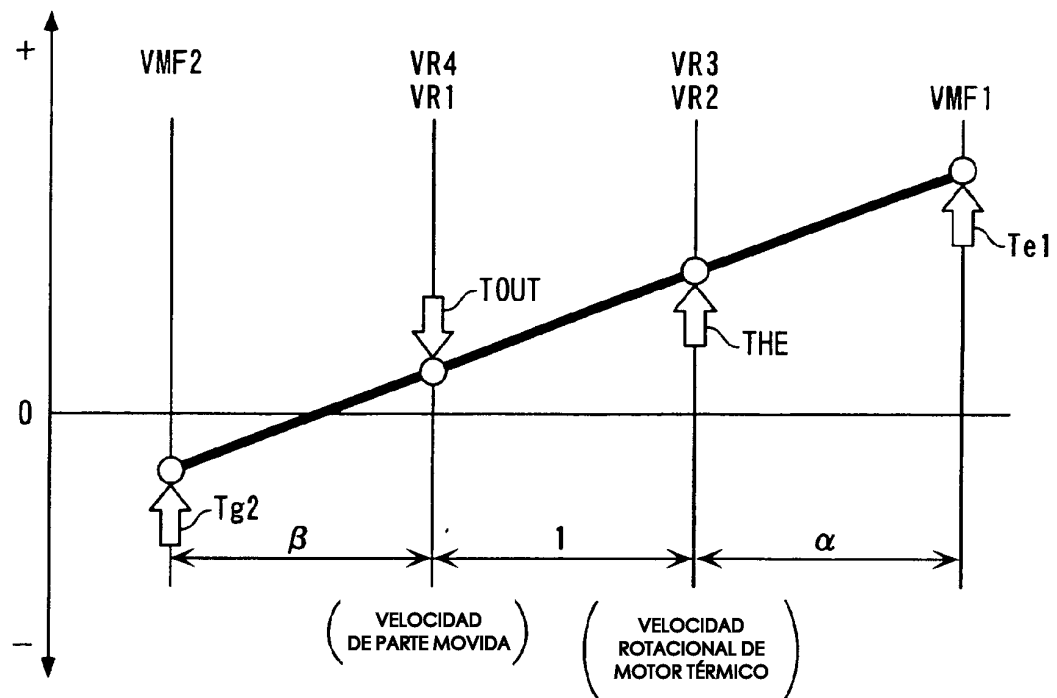


FIG. 77

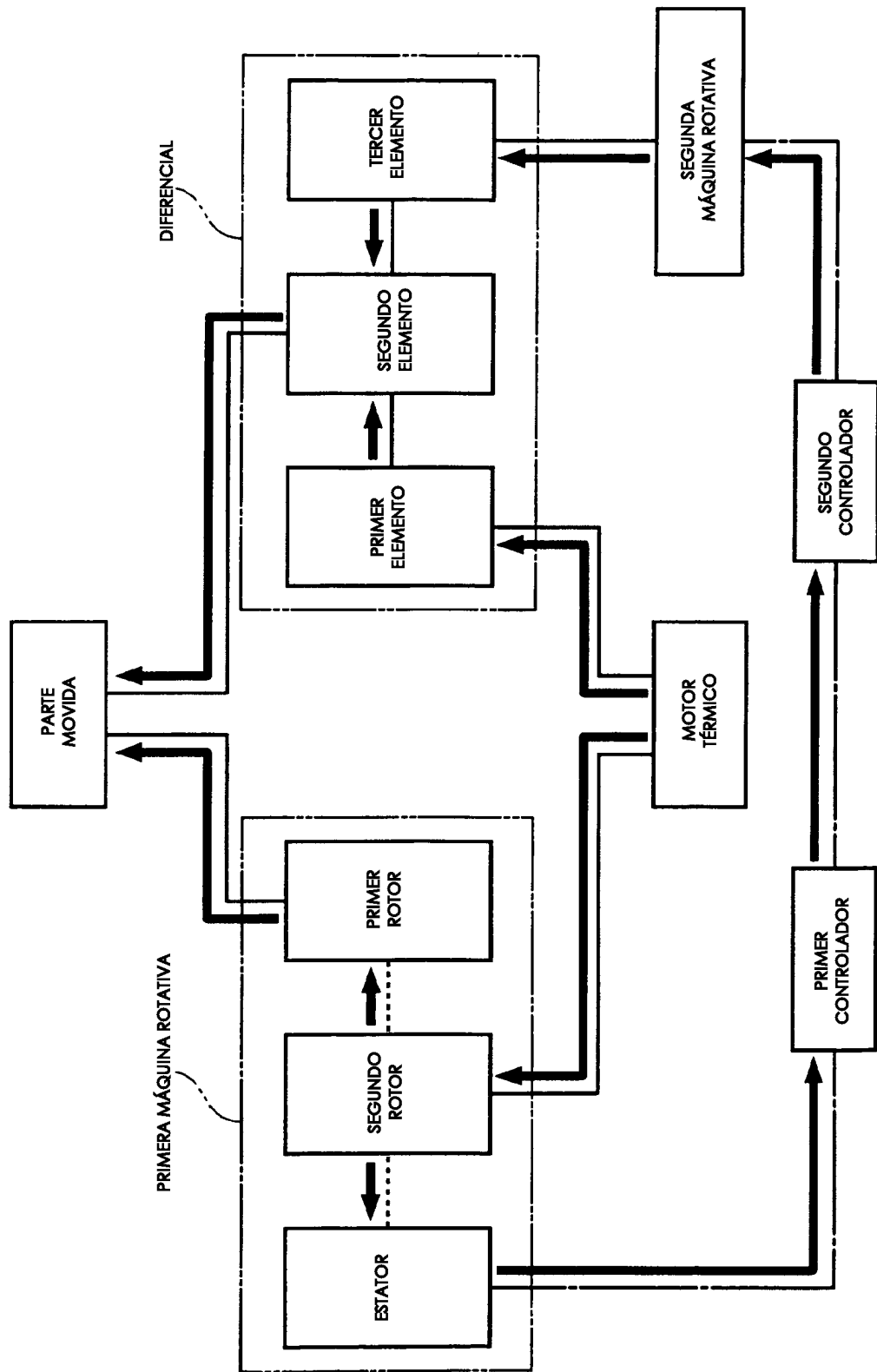


FIG. 78

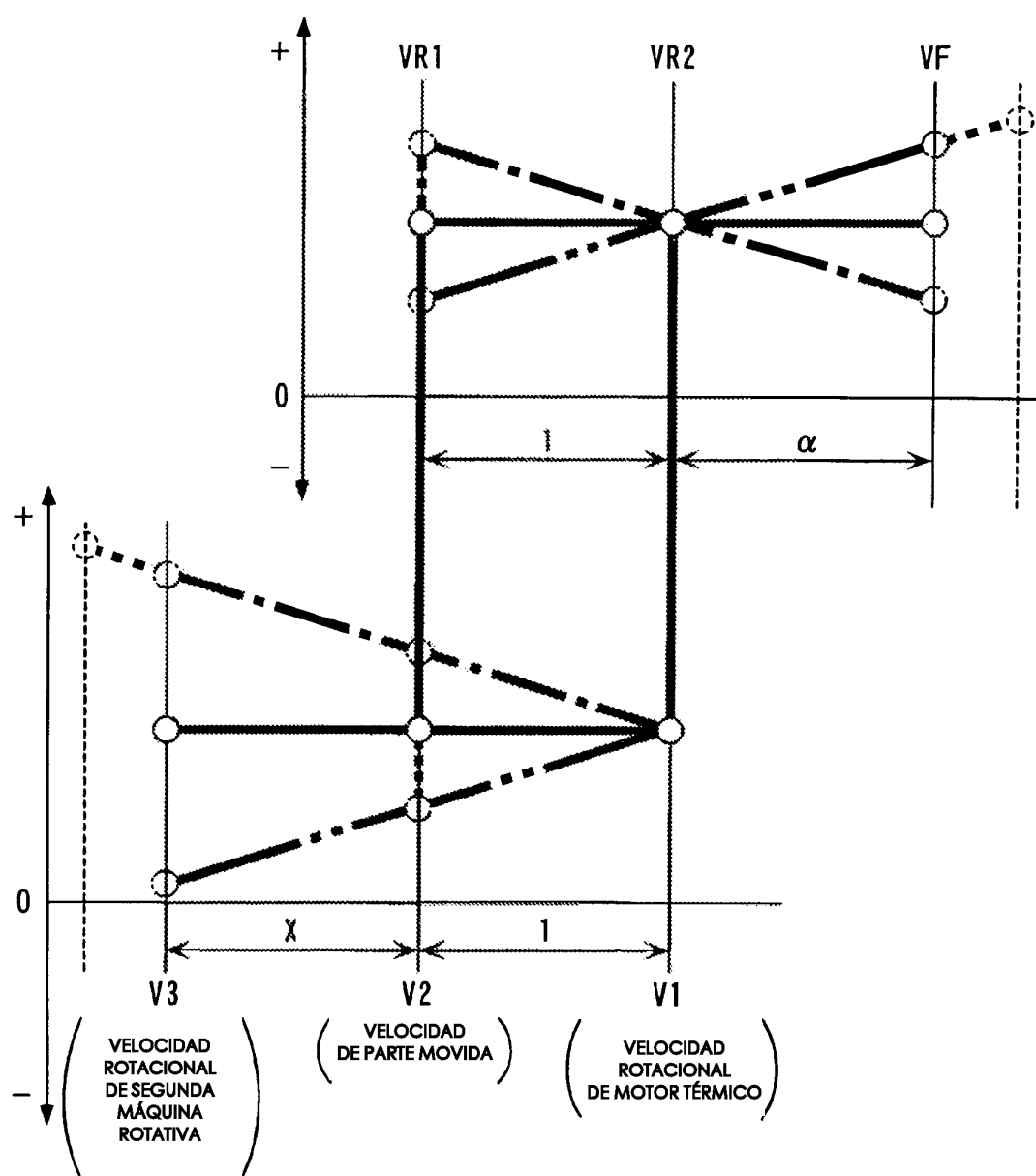
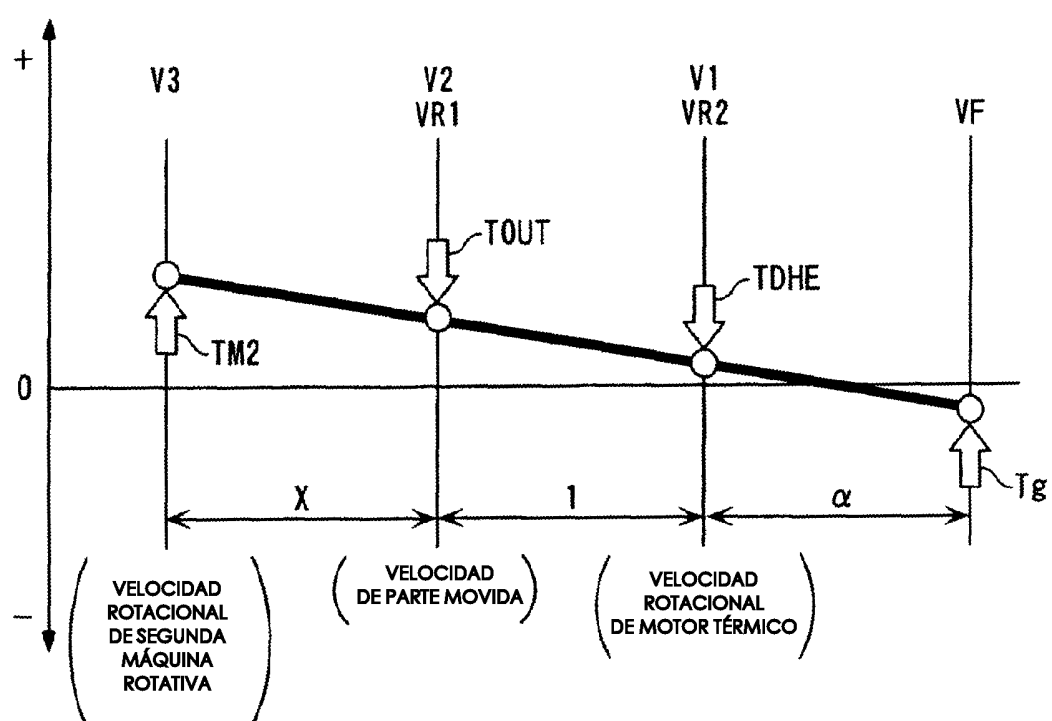


FIG. 79



F I G. 8 0

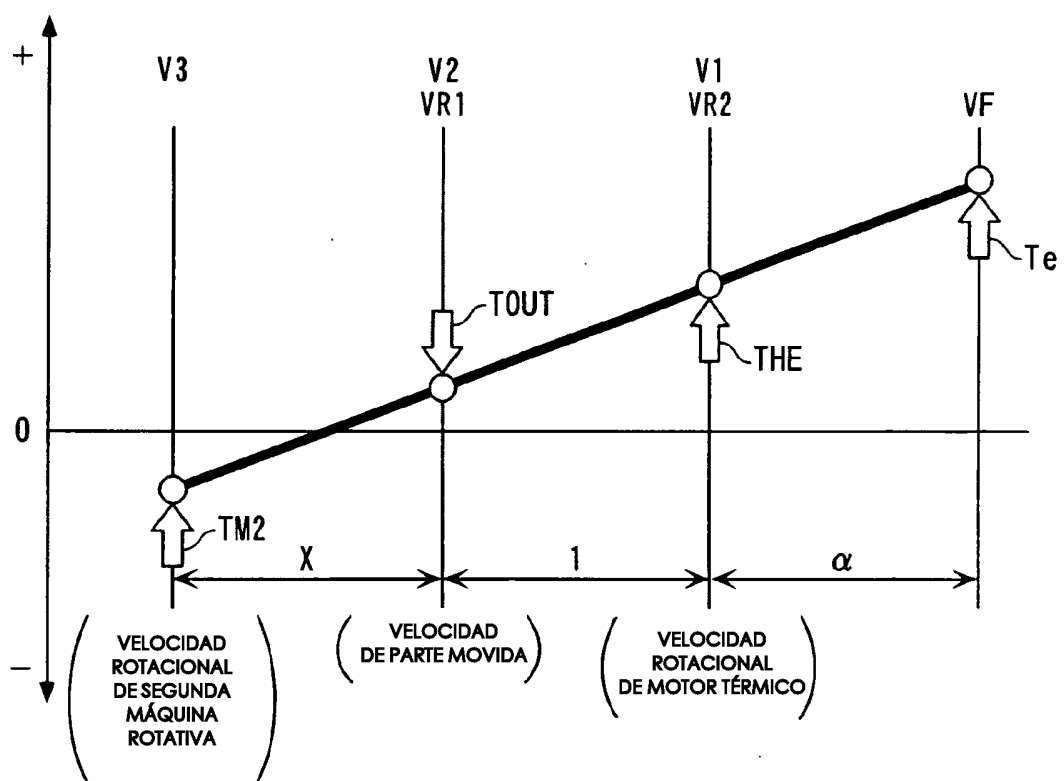
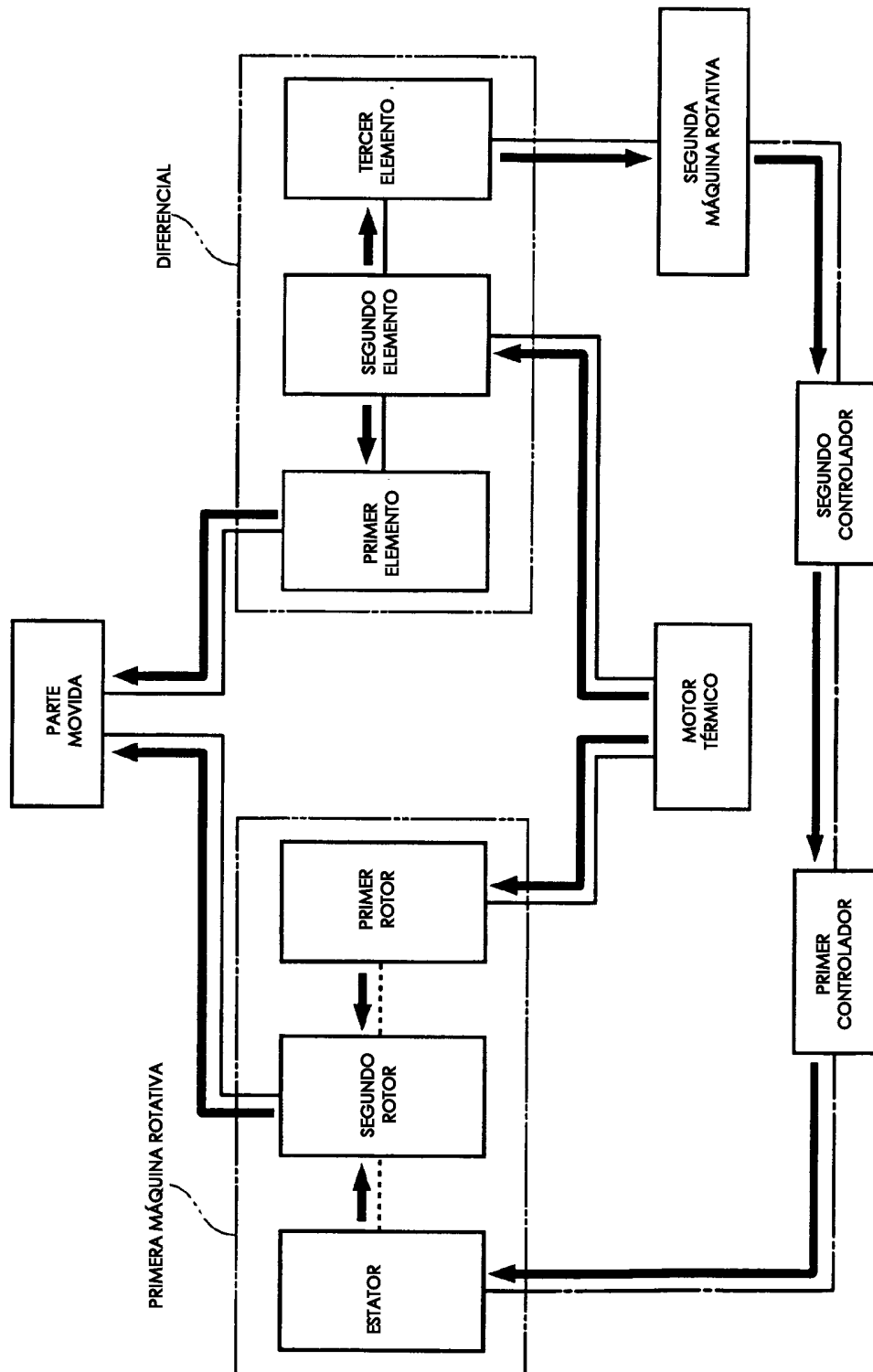


FIG. 81



F I G. 8 2

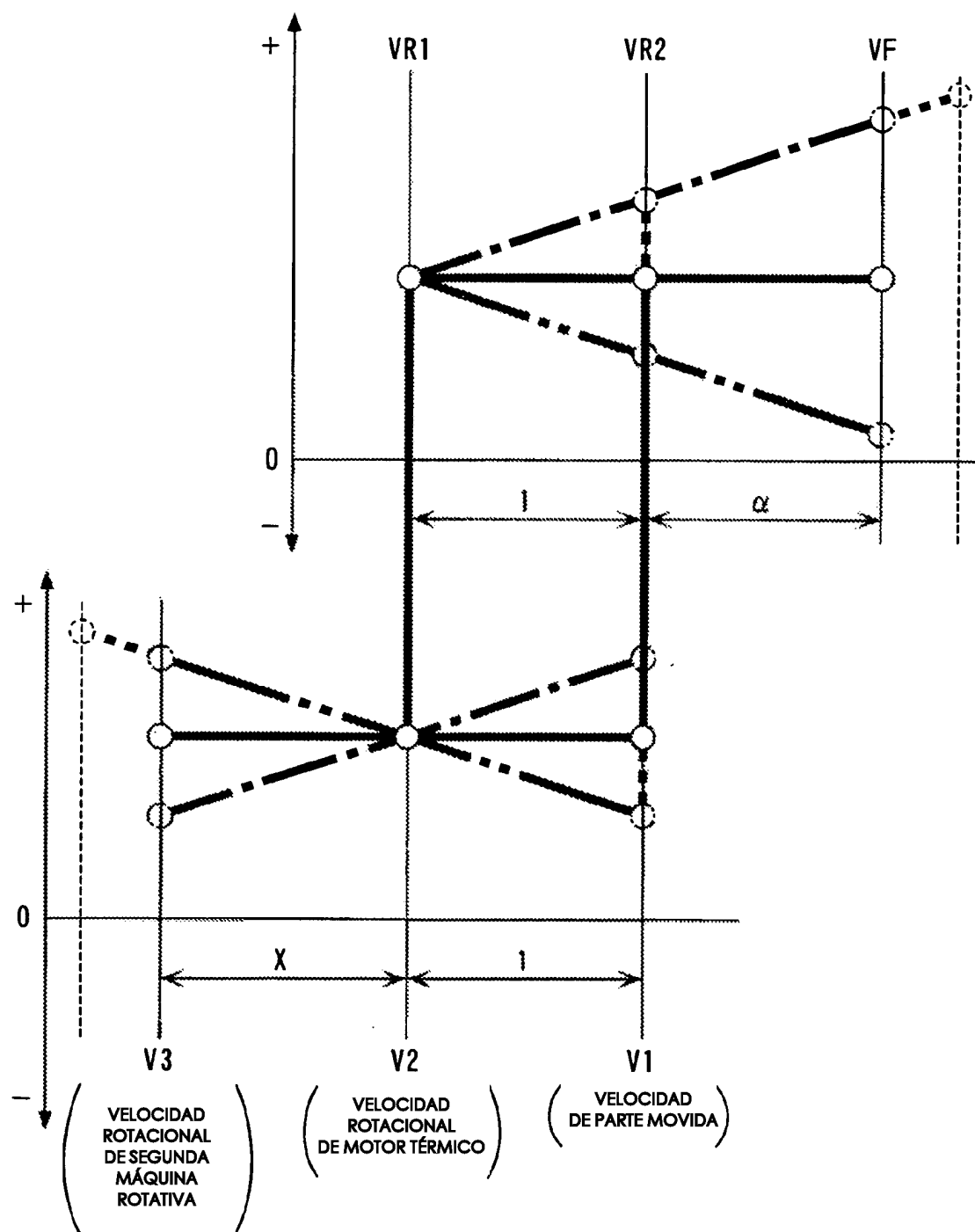
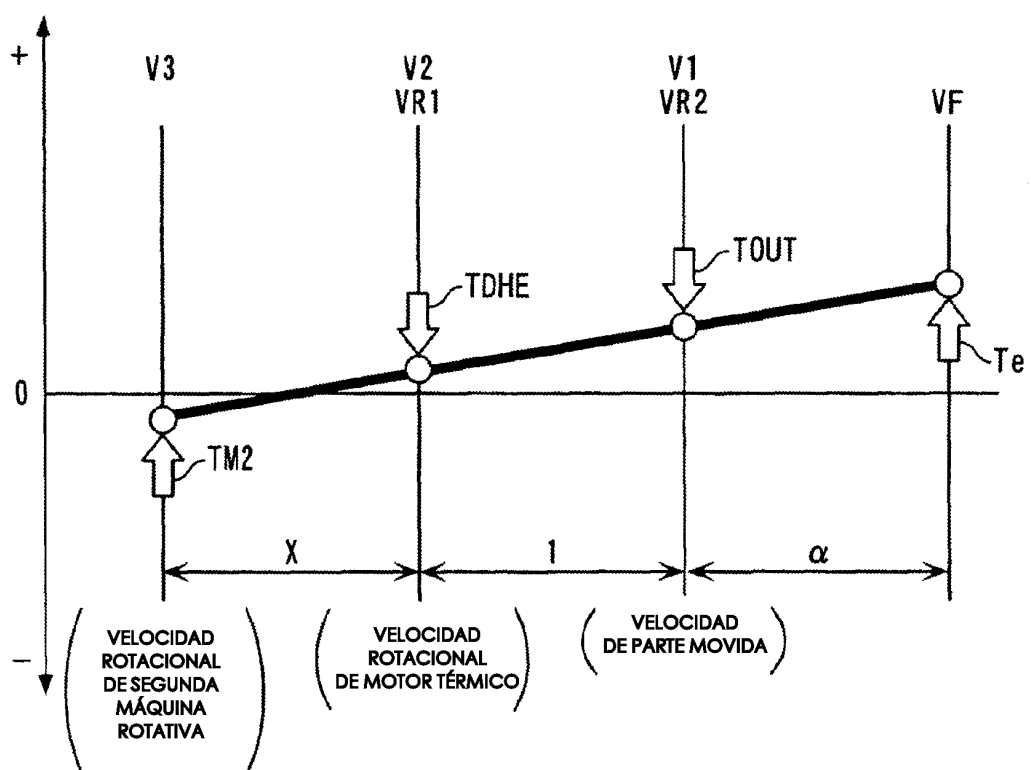


FIG. 83



F I G. 8 4

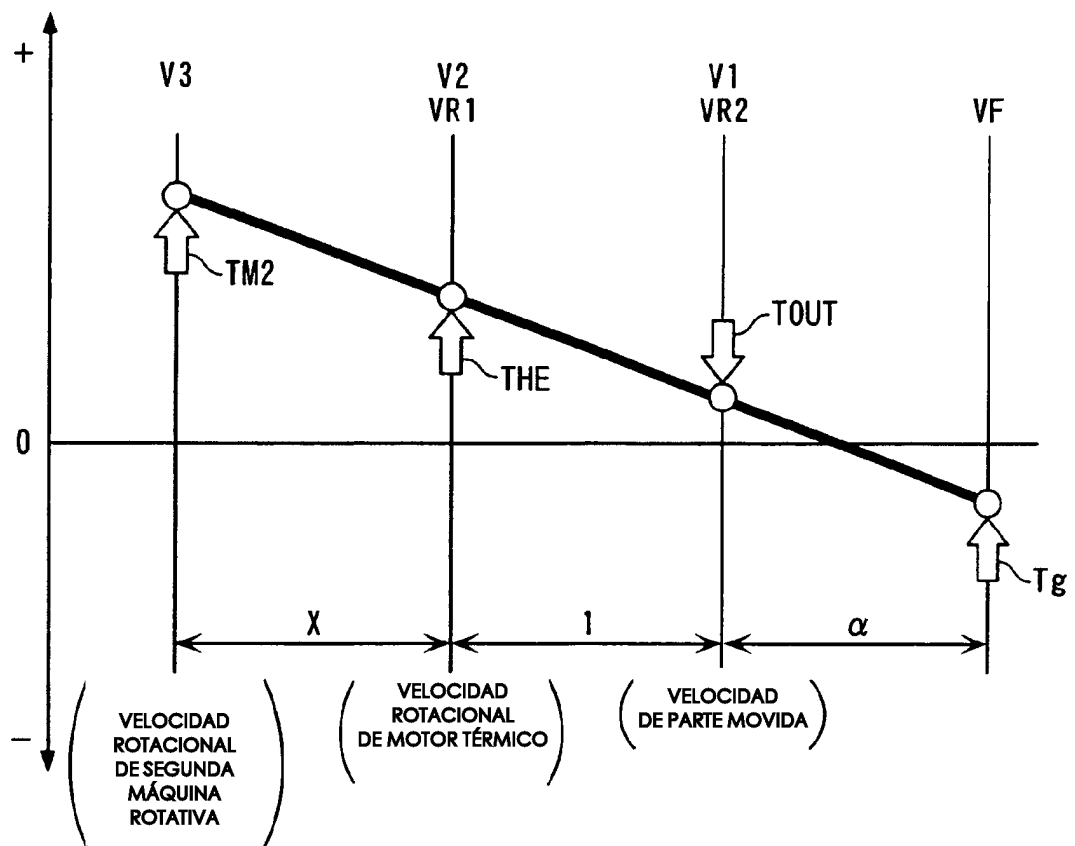


FIG. 85

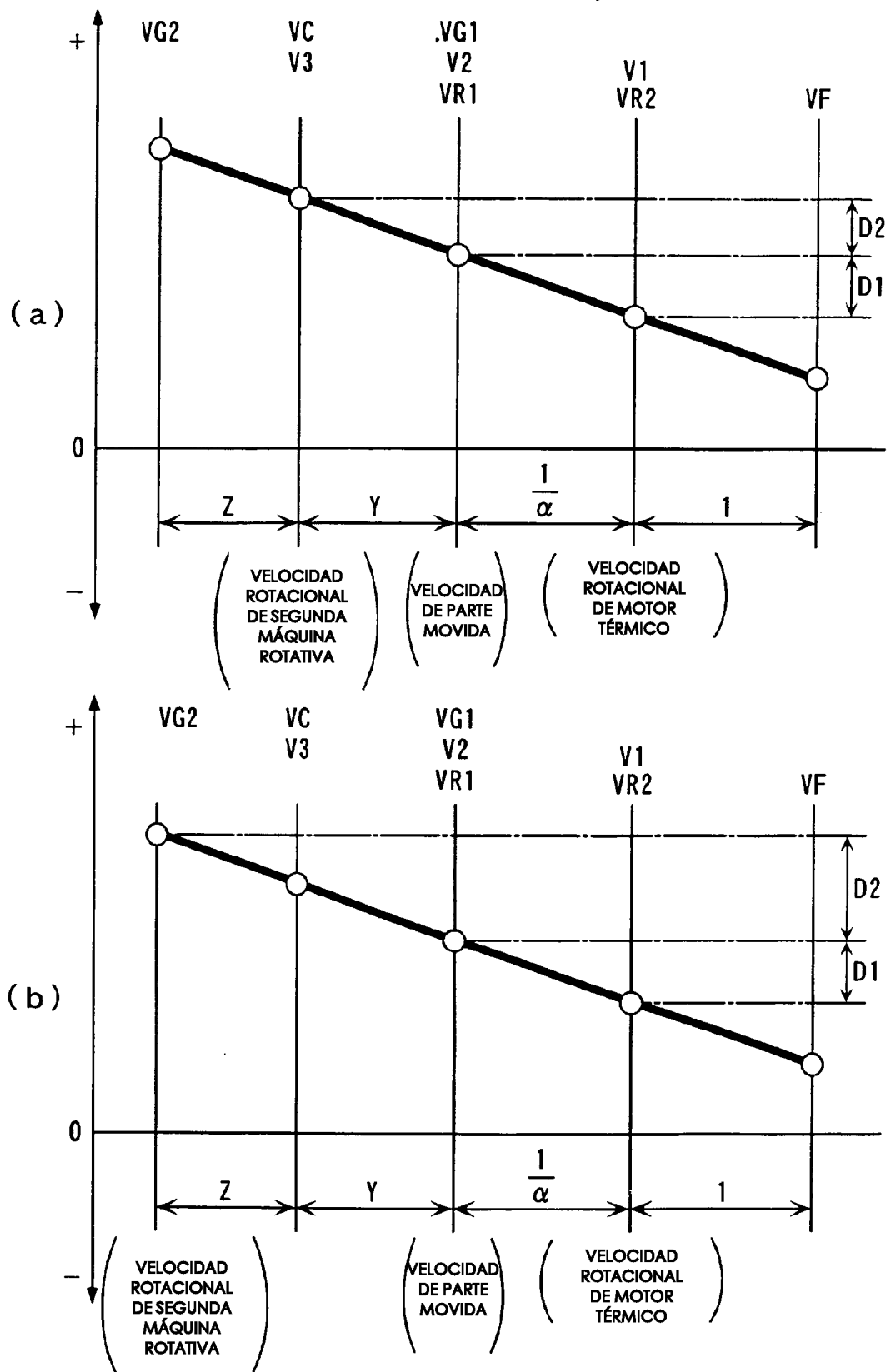


FIG. 86

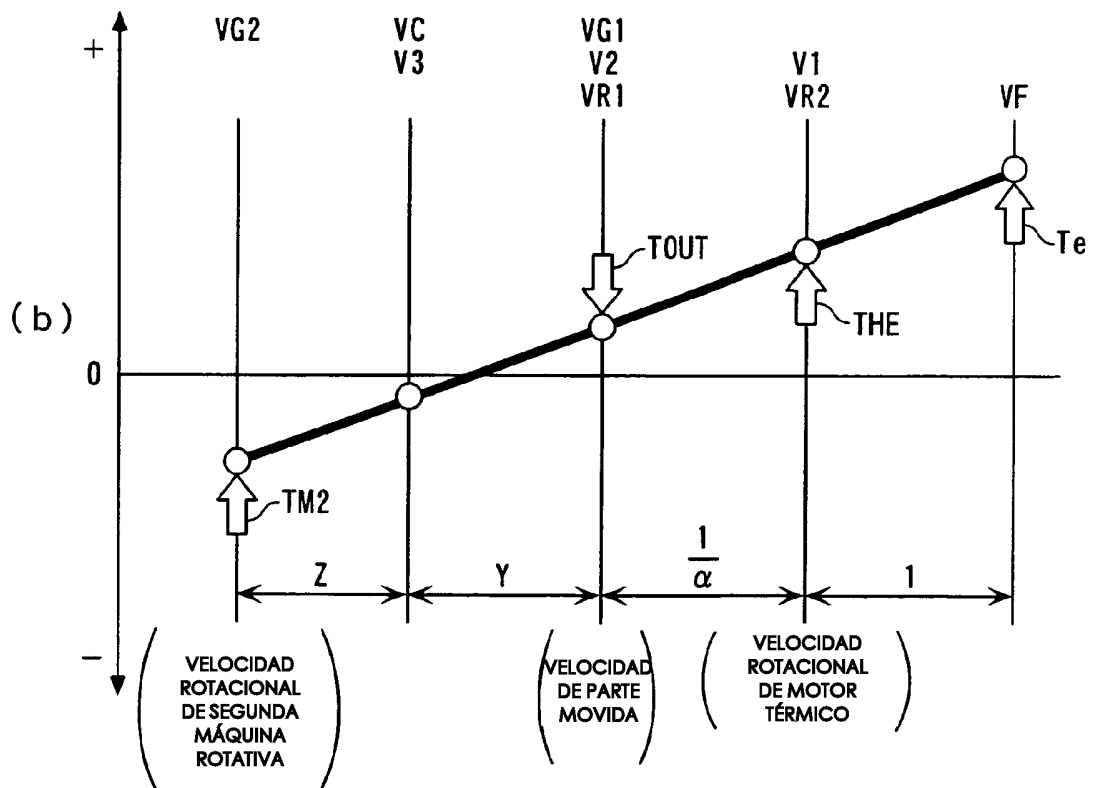
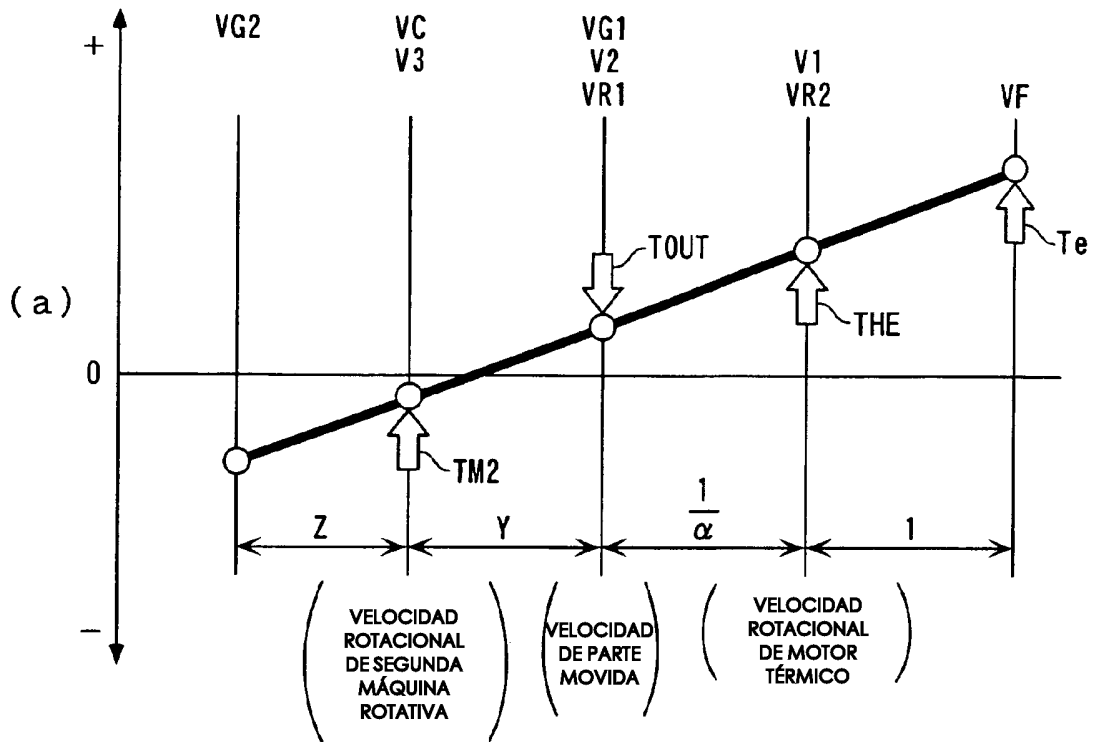
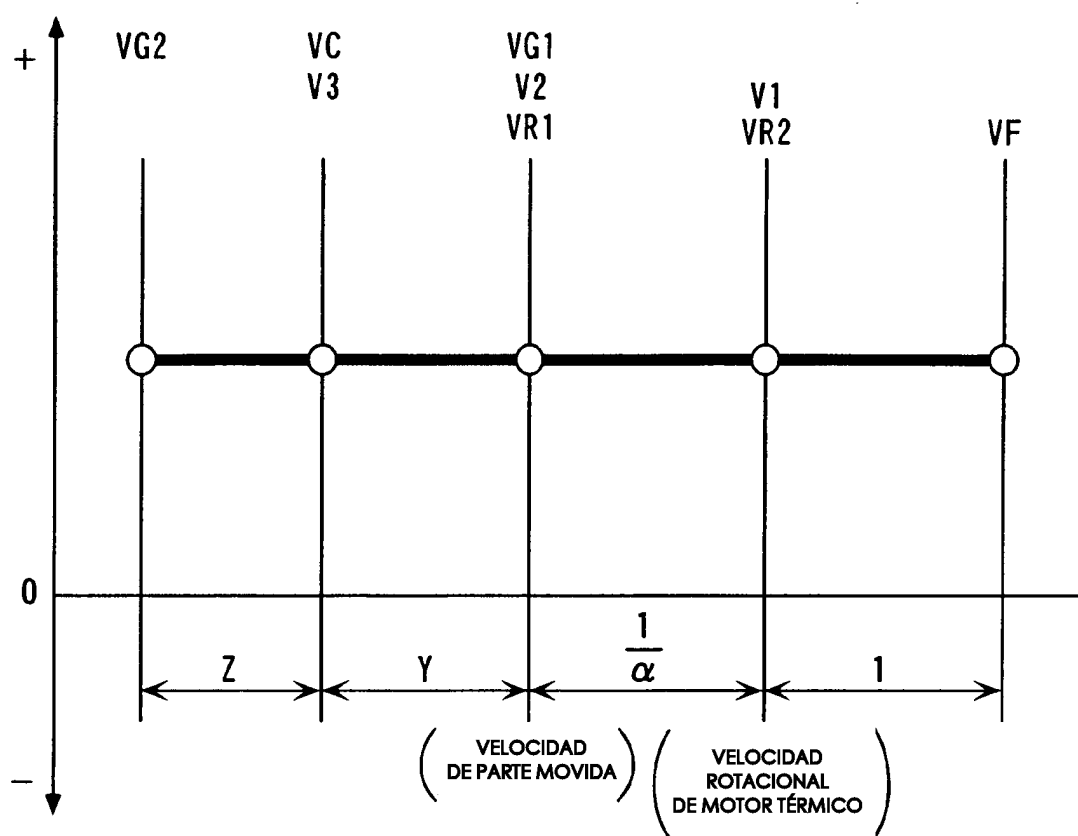


FIG. 87



F I G. 8 8

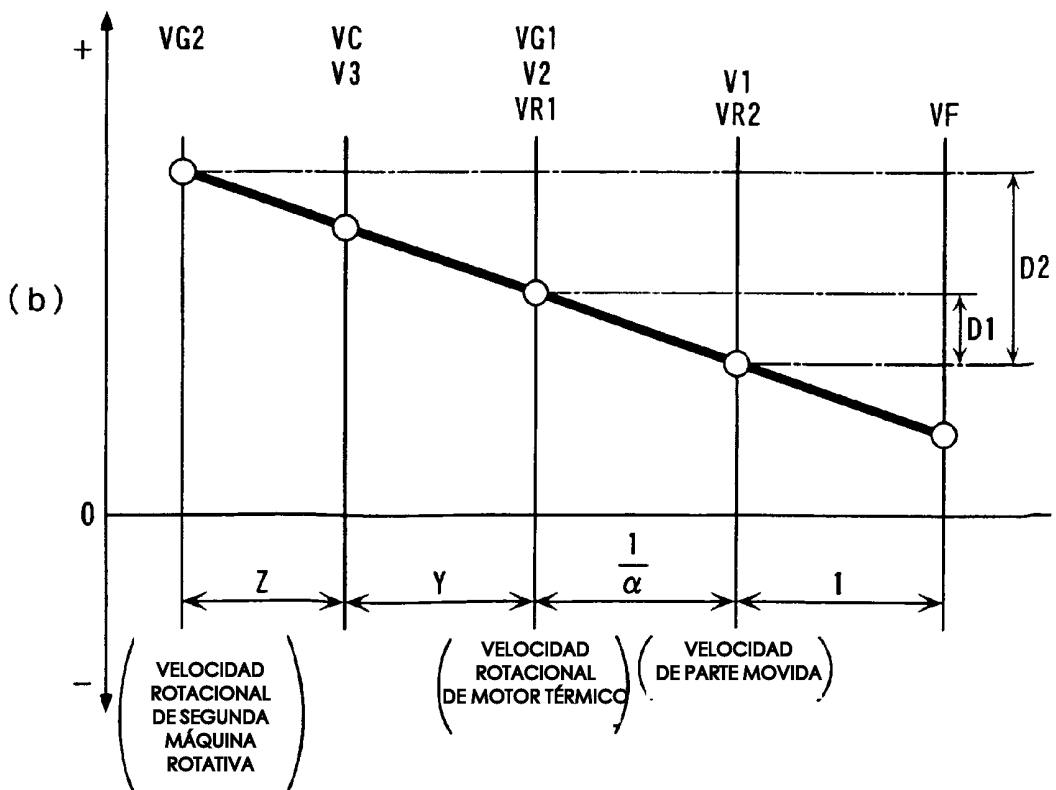
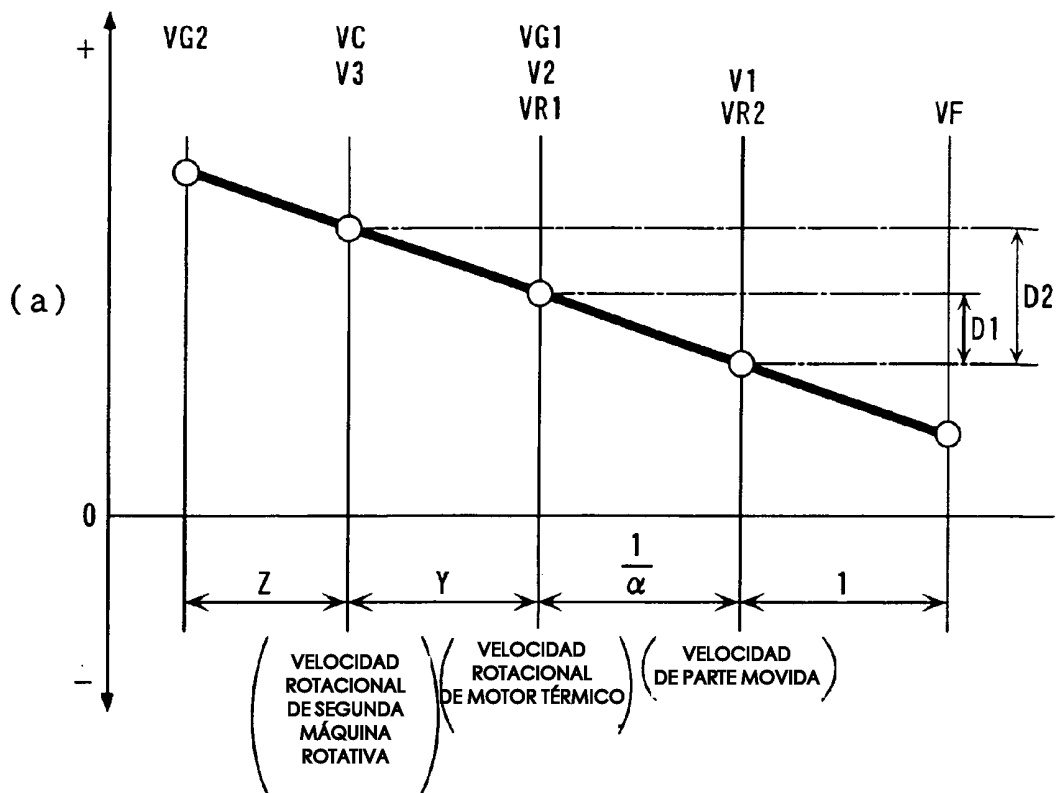


FIG. 89

