

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 559 439**

51 Int. Cl.:

H02P 5/46 (2006.01)

H02K 21/12 (2006.01)

H02K 16/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.03.2011 E 11159382 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.10.2015 EP 2503683**

54 Título: **Sistema de transmisión para un vehículo terrestre**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.02.2016

73 Titular/es:

**L-3 COMMUNICATIONS MAGNET-MOTOR GMBH
(100.0%)
Petersbrunner Strasse 2
82319 Starnberg, DE**

72 Inventor/es:

**STEFFEN, JENS;
HAGENLOCHER, ROLAND;
EHRHART, PETER y
TAMM, HARALD**

74 Agente/Representante:

MARTÍN SANTOS, Victoria Sofia

ES 2 559 439 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema de transmisión para un vehículo terrestre

5

La presente invención se refiere a un sistema de transmisión para un vehículo terrestre que tiene un mecanismo o sistema de máquinas eléctricas para el manejo del vehículo terrestre y un dispositivo de control para controlar el sistema de máquinas.

10

Tales sistemas de transmisión se emplean, por ejemplo, en vehículos operados eléctricamente o vehículos híbridos, como automóviles, autobuses, trenes, etc., que se conducen sobre el suelo y que comúnmente se conocen como embarcaciones terrestres o vehículos terrestres. Dichos vehículos tienen típicamente una o más ruedas de conducción que son accionadas por el sistema de transmisión para mover el vehículo o nave en la dirección de movimiento deseada. Por ejemplo, la energía eléctrica necesaria para la transmisión es suministrada por un motor de combustión que mueve un generador eléctrico, por una célula de combustible, por una batería o pila (acumuladores de energía), o por una combinación de tales dispositivos que actúan como una fuente eléctrica. La fuente de energía eléctrica está conectada al sistema de máquinas eléctricas del vehículo para fines de conducción. La energía eléctrica de la fuente de energía eléctrica se suministra generalmente en un circuito de suministro que incluye dispositivos de electrónica de potencia, por ejemplo en forma de un circuito eléctrico intermedio que tiene circuitos convertidores en ambos lados, que está conectado a la fuente de energía eléctrica y para la máquina eléctrica. La máquina eléctrica del vehículo es suministrada por el circuito de suministro con energía eléctrica con el fin de mover uno o más ejes de transmisión que accionan las ruedas motrices del vehículo. En la mayoría de las aplicaciones, el sistema de transmisión también puede realizar el frenado eléctrico con recuperación de energía de modo que de nuevo se alimenta con energía eléctrica al circuito de suministro. Esta energía la puede consumir otros dispositivos que están conectados al circuito de suministro. Por ejemplo, puede ser almacenada en una batería acumuladora o en un volante acumulador.

15

20

25

30

35

40

45

La conducción de vehículos operados eléctricamente normalmente requiere de energía mecánica que debe ser generada a partir de energía eléctrica con una alta difusión que tiene una característica hiperbólica. Tal característica hiperbólica se caracteriza típicamente por una velocidad de rotación máxima de la máquina de transmisión eléctrica y un alto par a bajas velocidades de rotación, definiendo cada uno un punto característico de la característica hiperbólica y que están conectados a través de una hipérbola con igual potencia. En los vehículos de transmisión mecánico, por ejemplo accionados directamente a través de un motor de combustión, esta función es asumida por la transmisión manual o automática o caja de cambios. En el manejo de un vehículo impulsado eléctricamente, esta función debe ser asumida por el sistema de transmisión eléctrico, sobre todo por la combinación de dispositivos de electrónica de potencia, junto a la fuente de energía y las máquinas eléctricas. El circuito convertidor que alimenta al circuito eléctrico intermedio por lo general no es un problema y se puede optimizar con respecto a diversos fines. Para los motores de combustión, existen cada vez más máquinas generadoras con imanes permanentes integrados directamente al motor que tienen un alto grado de eficiencia y están acoplados a circuitos convertidores activos o pasivos. Sin embargo, la unidad de motor llega a sus límites con varios posibles campos de aplicación y realizaciones de tales sistemas de transmisión, en particular con respecto al tamaño de la máquina, el grado de eficiencia y requisitos eléctricos de la electrónica de potencia con respecto a los valores máximos de corriente y tensión.

50

55

[0004] En el reciente estado de la técnica, existen varios tipos de máquinas que se pueden aplicar en un sistema de transmisión eléctrica en los términos indicados. Por ejemplo, se puede utilizar una máquina con imán permanente (*permanent-magnet* o PM por sus siglas en inglés) que sea suministrada por un circuito convertidor. El PM proporciona pares de torsión muy altos por unidad de peso, es capaz de una transmisión directa, pero por otro lado requiere altas prestaciones de los dispositivos de electrónica de potencia. Dado que el voltaje inducido (llamado *Electromagnetic Force* "EMF" por sus siglas en inglés o Fuerza Electromagnética o "EMF de respaldo") es proporcional a la velocidad de rotación, se produce alto voltaje con máxima velocidad, por otro lado elevados pares de conducción a baja velocidad requieren de corrientes altas. Los dispositivos de electrónica de potencia deben ser capaces de aceptar altos voltajes a altas velocidades y proporcionar altas corrientes para pares elevados, lo que hace que los dispositivos de electrónica de potencia demanden mucha energía y sean muy costosos. La así denominada potencia eléctrica plena (tensión máxima multiplicada por la corriente máxima) es idéntica a la potencia mecánica plena (velocidad de rotación máxima multiplicada por el par máximo).

60

65

Estas altas potencias plenas hacen que la electrónica de potencia exija mucha energía y sea costoso ya que tienen que proporcionar altos voltajes, así como altas corrientes a la máquina. Por otra parte, dado que el máximo voltaje y la corriente máxima no se demandan por la máquina al mismo tiempo, la electrónica de potencia proporciona una sobre instalación medida por la potencia plena en comparación con la potencia nominal (potencia hiperbólica) de la unidad de transmisión. Una baja demanda de la electrónica de potencia se corresponde con plena potencia que es igual a la potencia nominal, una alta demanda de electrónica de potencia se corresponde con plena potencia, que es igual a máximo par multiplicado por la velocidad máxima. En aplicaciones típicas, estos extremos pueden diferir unos

de otros en factores de entre 4 y 10.

En cuanto a la máquina de imanes permanentes, la alta demanda de electrónica de potencia se reduce a menudo mediante el aumento del número de vueltas de la máquina, sin embargo conduce al aumento de los voltajes inducidos de la máquina. Por ejemplo, dentro de los 700 V DC, la máquina típicamente se puede configurar hasta los 1500 V de tensión inducida. A partir de aproximadamente la mitad de la velocidad de rotación, estas máquinas deben funcionar permanentemente con el desplazamiento de fase correcta para mantener el voltaje del terminal debajo de los límites críticos con el fin de ser capaz de controlar el funcionamiento de la máquina. Esto puede realizarse a través de la llamada operación de debilitamiento de campo con electrónica de potencia activa y por medio de circuitos de seguridad adicionales que se aseguran de que la máquina podrá seguir operando cuando la electrónica de potencia fracasa con el fin de evitar una carga de alto voltaje en el sistema. Esto, además, hace que el sistema de transmisión sea costoso y exigente.

La optimización de la máquina de PM con respecto a la compacidad y al mismo tiempo, con el grado de eficiencia en cargas parciales sólo es posible dentro de los límites, ya que para el logro de altos pares de torsión por unidad de peso de la máquina, se requieren correspondientemente fuertes imanes que generen un constante alto grado de pérdidas también en carga parcial.

Otros sistemas conocidos de transmisión emplean una máquina asíncrona acoplada a un circuito de frecuencia de conversión. Esta combinación localiza muy bien la característica hiperbólica que se traduce en demandas más bien bajas para la electrónica de potencia. Sin embargo, los motores asíncronos proporcionan más bien un bajo par de torsión por unidad de peso, por lo tanto no son tan capaces de servir como una transmisión directa. Por esta razón, en muchos casos los motores asíncronos se combinan con cajas y engranajes de transmisión lo que se traduce en pérdidas rotacionales adicionales.

Los sistemas de transmisión también emplean una combinación de máquina de reluctancia y circuito convertidor, lo que se puede aplicar como una transmisión directa. Sin embargo, con altas velocidades de rotación la potencia disminuye más que la característica hiperbólica deseada de igual potencia. Además, la compacidad es más bien baja (las máquinas de PM se pueden fabricar con aproximadamente la mitad de las dimensiones), el grado de eficiencia está en una gama media y hay poca demanda para la electrónica de potencia.

Como un tipo adicional de máquina eléctrica, la denominada máquina IPM ("*internal or interior permanent-magnet machine*" o "máquina de imán permanente interno o interior" o IPM por su siglas en inglés) suministrada por un circuito convertidor se emplea en sistemas de transmisión como se mencionó anteriormente. La máquina IPM es un derivado de la máquina PM que tiene imanes que están incrustados en el rotor, proporcionando así un rotor magnéticamente ranurado o dentado para la generación de fuerzas de tensión adicionales al girar el motor. Por otro lado, la máquina IPM tiene una construcción relativamente compleja de rotor de modo que sólo puede ser realizado con un número reducido de polos en comparación con la máquina PM, lo que aumenta el peso de la máquina. La demanda de la electrónica de potencia puede ser baja en comparación con la máquina PM de alrededor de un 20-30%, lo que sin embargo, sigue siendo alto.

En el documento de patente japonesa JP7250403A se describe un controlador para vehículos eléctricos que comprende un primer motor enclavado con una rueda, un segundo motor acoplado mecánicamente con el eje de salida del primer motor a unos medios de embrague, medios para determinar la magnitud de la carga y un medio de control para accionar el primer motor en el caso de una carga ligera y para accionar los motores primero y segundo en el caso de una carga pesada. El objetivo es hacer funcionar un motor constantemente en una región de alta eficiencia mediante el control del accionamiento de dos motores dependiendo de la magnitud de la carga.

En el documento de patente japonesa JP 2001231107A se describe un vehículo híbrido paralelo mediante la instalación de una primera máquina rotativa, un embrague, una segunda máquina rotativa, una batería y un inversor. Como transmisión, la convencional utilizada en vehículos de motor se usa como tal, de forma que se pueden alcanzar las mismas reducciones de engranajes de múltiple- como en la técnica convencional y obtener así un viaje suave cuando se aplica a vehículos de gran tamaño.

Es por lo tanto, objeto de la invención proporcionar un sistema de transmisión eficiente para un vehículo terrestre, que sea capaz de proporcionar una transmisión característica deseada para la conducción de un vehículo terrestre, pero que sólo requiera limitadas prestaciones para la electrónica de potencia.

De acuerdo con la invención, se proporciona un sistema de transmisión para un vehículo terrestre según la reivindicación 1. En el segundo rango de operación, esta máquina eléctrica también puede funcionar, pero no de una manera que proporcione un par de transmisión respectivo además de un par de transmisión de la otra máquina.

De esta manera, es posible optimizar una de las máquinas eléctricas, en particular la máquina eléctrica que opera en ambos rangos de funcionamiento para alcanzar mejores grados de eficiencia de la máquina. Por ejemplo, la primera máquina eléctrica funciona en ambos rangos de operación para proporcionar un primer par de torsión, por ejemplo,

que sea igual a o menor que un umbral de par (que es, por ejemplo, el par nominal de la primera máquina), y la segunda máquina eléctrica funciona solamente en uno de los rangos de funcionamiento para proporcionar un segundo par de transmisión además del primer par motor, si el par que se proporciona al eje de transmisión es mayor que el umbral de par (es decir, en el ejemplo anterior, mayor que el par nominal de la primera máquina). La primera gama operación en la que las dos máquinas pueden funcionar puede ser una gama con una menor velocidad de operación del eje de transmisión, mientras que el segundo rango de operación en el que sólo la primera máquina opera puede ser una gama con una mayor velocidad de operación del eje de transmisión. Mientras que el vehículo solamente necesite un par bajo con ambos intervalos de operación, la primera máquina funciona para proporcionar el par pedido, mientras que la segunda máquina puede permanecer apagada y por lo tanto y si las hubiera, sólo produciría una pérdidas muy bajas. En el rango de operación con donde se exige un par más elevado, la segunda máquina funciona para proporcionar un par de torsión además del par de la primera máquina lo que resulta en un mayor par en el eje de transmisión.

El sistema de transmisión también se puede emplear con más de dos máquinas que actúan sobre un eje de transmisión común. Con el concepto de la invención, múltiples máquinas eléctricas con rotores separados pueden combinarse cuando actúan sobre un eje de transmisión común, en el que las máquinas se pueden optimizar individualmente con respecto a la velocidad operativa respectiva a la que proporcionan un par de transmisión.

De acuerdo con una realización de la invención, el dispositivo de control está adaptado para el funcionamiento del sistema de máquinas de acuerdo con un par de velocidad característica que es hiperbólica y que tienen una potencia sustancialmente constante al menos durante un rango de operación de la velocidad de funcionamiento. Al utilizar el sistema de máquinas de acuerdo con la invención, la característica hiperbólica puede ser asignada por el sistema de transmisión bastante bien sin aumentar las exigencias de la electrónica de potencia tal como se establece en más detalle a continuación.

De acuerdo con una realización de la invención, la primera y segunda máquinas eléctricas son cada una máquinas de imán permanente (PM). Una de las máquinas PM opera en ambos rangos de funcionamiento y se puede optimizar para un par nominal más bajo en todo el rango de velocidad. La otra de las máquinas PM opera sólo en uno de los rangos de funcionamiento cuando se requieren pares de torsión más altos. La segunda máquina PM puede ser optimizada para esta gama operativa de carga parcial, y se puede apagar a velocidades más altas, por lo tanto no causa ninguna de las denominadas compensaciones por las pérdidas en la máquina que son causadas por la rotación de la máquina. En combinación, esto resulta en un mayor grado de eficiencia del sistema de transmisión. Por ejemplo, la primera y segunda máquinas eléctricas están acopladas entre sí a través de un embrague de rueda libre de modo que una de las máquinas deje de girar si su par no se necesita.

Según otra forma de realización, la primera y segunda máquinas eléctricas pueden ser de diferentes tipos, es decir, funcionan de acuerdo con principios eléctrico magnéticos diferentes. De esta manera, se pueden usar en combinación diferentes principios magnéticos y eléctricos de trabajo para la máquina para lograr un mejor grado general de eficiencia para el sistema de transmisión y/o para reducir las demandas de la electrónica de potencia.

Por ejemplo, el sistema de máquinas incluye una máquina de imán permanente y una máquina de reluctancia. En particular, la primera máquina eléctrica es una máquina de imán permanente y la segunda máquina eléctrica es una máquina de reluctancia. Por ejemplo, estas máquinas se pueden colocar en un eje de transmisión. Por ejemplo, mientras que el vehículo solo necesite pares de torsión bajos para ambos rangos de operación, la máquina PM funciona para proporcionar el par pedido, mientras que la máquina de reluctancia puede permanecer apagada y por lo tanto sólo produce unas pérdidas muy bajas (si gira con la máquina PM), o incluso sin pérdidas si se desacopla de la máquina PM.

La máquina PM se puede optimizar con respecto al grado de eficiencia en este rango de par más bajo y proporcionar solamente un par nominal relativamente bajo. En el rango de operación en el que el sistema de transmisión exija pares de torsión más altos, la máquina de reluctancia puede funcionar para proporcionar un par de torsión además del par de torsión de la máquina PM resultando un par de torsión agregado más alto en el eje de transmisión. Preferiblemente, la máquina de reluctancia tiene una alta inductancia, es decir, tiene un alto rango de par frente a la corriente (por ejemplo: PM máquina 2000Nm a 800A, máquina de reluctancia 2000Nm a 200A), para proporcionar un alto par motor con corriente única baja, lo que por tanto resulta en menor energía a velocidades más altas. Sin embargo, en este rango de operación a velocidades más altas la máquina PM proporciona un par suficiente por sí sola.

Con la combinación de una máquina PM y una máquina de reluctancia, se puede proveer de una característica hiperbólica del sistema de transmisión que sea adaptable en función de las proporciones dimensionales de las máquinas. Si la fracción de la máquina PM es mayor, la característica retira del curso hiperbólico y viceversa.

De acuerdo con otra realización, el sistema de máquinas incluye una máquina de imán permanente y una máquina asíncrona, en particular en la que la primera máquina eléctrica es una máquina de imán permanente y la segunda máquina eléctrica es una máquina asíncrona.

Al igual que la máquina de reluctancia, la máquina asíncrona no induce una tensión inducida ("EMF") en el estator como lo hace la máquina PM porque no hay imanes permanentes en el rotor.

5 Por lo tanto, mediante el uso de una máquina que no sea una máquina PM como la segunda máquina eléctrica en el sistema de transmisión, la segunda máquina puede ser diseñada para proporcionar un alto par con bajas corrientes cuando se opera en un rango de operación con velocidades de rotación más bajas, en donde la máquina, sin embargo, se puede hacer girar con velocidades más altas sin sobrepasar un límite de tensión en un rango de
10 operación con velocidades de rotación más altas, debido a que el voltaje inducido en el estator por el campo magnético del rotor puede ser influenciado y reducido a altas velocidades mediante el control del campo magnético del rotor adecuadamente. A altas velocidades en las que se requieren pares generalmente inferiores, el par necesario para la unidad se puede proporcionar de manera eficiente por la máquina PM, de modo que la segunda máquina pueda girar en estado de reposo con la máquina PM sin añadir un par motor al eje, o pueda ser desacoplada de la máquina PM durante este intervalo de funcionamiento.

15 De acuerdo con otra realización, el sistema de máquinas incluye una máquina de reluctancia y una máquina asíncrona, en particular en la que la primera máquina eléctrica es una máquina de reluctancia y la segunda máquina eléctrica es una máquina asíncrona.

20 Por ejemplo, la primera máquina eléctrica y la segunda máquina eléctrica están acopladas de manera fija entre sí. Ventajosamente, se acoplan de manera que sus sistemas de rotor se tuercen en ángulo. De esta manera, la eliminación gradual de los sistemas de estator puede ser optimizado de acuerdo con la aplicación particular y se puede reducir la alternación de pares de las máquinas.

25 De acuerdo con una realización, la primera máquina eléctrica y la segunda máquina eléctrica están acopladas entre sí a través de una caja de transmisión, de modo que la primera y segunda máquinas giran a diferente velocidad. De esta manera, una máquina PM se puede hacer girar a velocidades de rotación inferiores (inducción de una EMF más baja en el estator), y la segunda máquina se puede hacer girar a velocidades más altas y puede ser optimizada con respecto al peso y las dimensiones que normalmente disminuyen con velocidades de rotación más altas. De acuerdo
30 con otra realización, las máquinas eléctricas pueden estar cada una acopladas al eje de transmisión a través de un engranaje de transmisión respectivo.

Por ejemplo, un primer rotor de la primera máquina eléctrica y un segundo rotor de la segunda máquina eléctrica están acoplados a, por ejemplo, colocados sobre, el eje común, en el que se proporciona un sistema estator común para ambas máquinas que es común para la primera y segunda máquinas eléctricas. De esta manera, se puede
35 utilizar un enfriamiento común para las máquinas y así las dimensiones totales del sistema de máquinas se podría reducir.

40 De acuerdo con otra realización, la primera máquina eléctrica y la segunda máquina eléctrica están acoplados entre sí a través de un acoplamiento o través de un embrague de rueda libre. Así, cuando no se necesite utilizar la segunda máquina, las pérdidas por fricción de rotación pueden reducirse mediante la disociación o marcha libre del segundo equipo de la primera máquina.

45 Preferiblemente, la primera máquina eléctrica puede comprender láminas de metal del primer estator, y la segunda máquina eléctrica puede comprender láminas de metal del segundo estator que son mayores en grosor que las primeras láminas de metal del primer estator. Láminas de metal más gruesas son ventajosas con respecto a la eficiencia de las máquinas con velocidades de rotación inferiores.

50 Según una realización, el dispositivo de control está acoplado con un transmisor o sensor de posición angular del rotor que es común para ambas máquinas eléctricas.

Por ejemplo, el sistema de máquinas incluye una máquina de imán permanente que comprende imanes de superficie, o fabricada de flujo magnético concentrado, o que tiene una disposición de los imanes de tipo Halbach. En la técnica la disposición Halbach es conocida e incluye imanes intermedios que tienen campos magnéticos
55 colocados en ángulo recto entre dos polos magnéticos de una máquina de PM para soportar el campo magnético de los polos magnéticos. En la técnica se conoce la fabricación de flujo concentrado y que comprende imanes intermedios que tienen campos magnéticos colocados en ángulo recto entre dos polos formados a partir de hierro de una máquina PM.

60 De acuerdo con otra realización, la primera y segunda máquinas eléctricas están alojadas en un alojamiento común, o están alojadas en alojamientos separados. Estos pueden estar acoplados a un sistema de refrigeración común. Por ejemplo, el sistema de refrigeración es los sistemas de estator de la primera y segunda máquinas eléctricas indirectamente de refrigeración por agua.

65 Preferiblemente, la primera máquina eléctrica y la segunda máquina eléctrica son al menos parcialmente fabricadas

a partir de las mismas partes de la máquina, y comprenden, por ejemplo las mismas láminas de metal de estator para reducir los costos en la fabricación de la máquina así como se pueden utilizar mismas piezas en la fabricación de múltiples máquinas.

5 Por ejemplo, la primera máquina eléctrica y la segunda máquina eléctrica están al menos parcialmente fabricadas a partir de las mismas partes de un segmento axial, tales como las mismas láminas del estator, en las que la primera máquina eléctrica comprende un primer número de partes del segmento axial y la segunda máquina eléctrica comprende un segundo número de piezas del segmento axial. Por lo tanto, la construcción de las máquinas puede ser tal que las máquinas pueden estar compuestas por un número variable de partes de segmentos axiales
10 resultantes en las máquinas de diferente longitud. Por lo tanto, las partes de segmento pueden ser utilizadas para la fabricación de las máquinas de una manera modular dependiendo de la aplicación particular. De esta manera, el sistema de transmisión puede ser adaptado de acuerdo con los requisitos de potencia globales y con la implementación particular y la forma de la característica hiperbólica deseada.

15 Según una realización, un dispositivo de engranaje está parcialmente integrado dentro del espacio interior libre de una de las máquinas eléctricas o dentro del espacio interior libre de ambas máquinas eléctricas. El engranaje puede ser una parte integral de una máquina respectiva.

20 Por ejemplo, el sistema de máquinas puede diseñarse de manera que una de las máquinas, por ejemplo, la primera máquina eléctrica, esté construida con diseño de eje hueco y la otra máquina, por ejemplo la segunda máquina eléctrica, está diseñada con un diámetro más pequeño que el de las máquinas y que está fabricada dentro de una de las máquinas. De esta manera, se puede proporcionar un sistema de máquinas compacta.

25 Preferiblemente, una de las máquinas está diseñada con un rotor interior y otra de las máquinas con un rotor exterior.

Por ejemplo, la máquina con rotor exterior está construida dentro de la máquina con el rotor interior y ambos equipos tienen el mismo soporte de rotor.

30 Según una realización, la máquina con el rotor exterior está construida en la máquina con el rotor interior y las dos máquinas tienen el mismo rotor de hierro. Por ejemplo, el rotor de hierro está hecho con hojas laminadas.

35 Según una realización, la máquina con rotor interior está construida en la máquina con el rotor exterior y las dos máquinas tienen el mismo soporte del estator y/o tienen la misma refrigeración del estator.

Por ejemplo, los rangos de operación son operación de al menos dos rangos de velocidad con diferentes velocidades del eje de transmisión, en el que los rangos de operación están delimitados por un umbral indicativo de una velocidad.

40 En otro ejemplo, los rangos de operación son al menos dos rangos de operación de par con diferentes pares de torsión en el eje de transmisión, en el que los rangos de operación están delimitados por un umbral indicativo de un par de torsión.

45 En una realización adicional, el dispositivo de control está adaptado para el funcionamiento del sistema de máquinas de acuerdo con una relación de par-velocidad, en el que la primera gama de la operación cubre velocidades del eje de transmisión superiores en un primer umbral, y pares de torsión superiores en el eje de transmisión que en un segundo umbral.

50 En otra realización, el dispositivo de control está adaptado para el funcionamiento del sistema de máquinas de acuerdo con una relación de par-velocidad, en el que los rangos de operación están delimitados por una curva de umbral entre un primer umbral indicativo de una primera torsión a una primera velocidad, y un segundo umbral indicativo de un segundo par de torsión a una segunda velocidad. Por ejemplo, la curva de umbral es al menos en parte elíptica, o hiperbólica, o recta.

55 La invención se explicará ahora con referencia a las siguientes figuras que ilustran realizaciones ejemplares de la presente invención, en donde:

Las figuras 1A-E

60 muestra un ejemplo de par-velocidad hiperbólico característico según el cual el sistema de transmisión de la invención puede funcionar, y diversas realizaciones para controlar el sistema de máquinas de acuerdo con diversas implementaciones de los rangos de operación,

La figura 2

65 muestra una realización de un sistema de transmisión de la invención,

La figura 3

muestra una realización de un sistema de máquina en la que dos rotores de dos máquinas están colocados dentro de un estator común,

5

La figura 4

muestra una realización de dos máquinas separadas de un sistema de máquina,

10

Las figuras 5-8

muestran ejemplos de realizaciones de máquinas eléctricas de un sistema de máquina en varios diseños constructivos.

15 Haciendo referencia primero a la figura 1A, se muestra un ejemplo de par-velocidad hiperbólico característico según el cual el sistema de transmisión de la invención puede funcionar en general. La característica representa la relación entre la velocidad de rotación n (número de revoluciones) o la velocidad angular ω ($\omega = 2 \pi n$) y el par Tq que actúa en el eje de transmisión. El par-velocidad característico HY en este ejemplo es hiperbólico y tiene una potencia sustancialmente constante sobre la mayor parte de la gama de funcionamiento del sistema de la máquina. En la gama de velocidades más bajas el par de torsión se limita a un par máximo del sistema de la máquina. La figura 1A muestra también la potencia plena P_c , como se ha mencionado anteriormente en este documento, que se calcula a partir del par máximo multiplicado por la velocidad angular máxima. La característica de la figura 1A se explicará ahora en más detalle con referencia a la figura 2.

25 La figura 2 muestra un ejemplo de realización de un sistema de transmisión según la invención. El sistema de transmisión DS (*drive system* o DS por sus siglas en inglés) es para la conducción de un vehículo terrestre, tal como un automóvil, en el que sólo se muestran algunas de sus partes esquemáticamente en la figura 1 con ruedas $W1$ y $W2$ impulsadas por respectivos ejes $A1$ y $A2$. Una transmisión diferencial o engranaje D sirve para transmitir el par del eje de transmisión S con máquinas eléctricas $M1$ y $M2$, que están funcionando como motores, a los ejes $A1$ y $A2$ como se conoce comúnmente.

30 Más particularmente, el sistema de transmisión comprende un sistema de máquina para la conducción del vehículo terrestre, en donde el sistema de máquina comprende una primera máquina eléctrica $M1$ y una segunda máquina eléctrica $M2$, ambas actúan en la unidad común del eje S como motores para el accionamiento del vehículo terrestre. Por ejemplo, los respectivos rotores de las máquinas $M1$, $M2$ se colocan en el eje S común o se le acoplan de otro modo apropiadamente de una manera que los pares de las máquinas actúan a ambos a la vez sobre el eje de transmisión S para girar con el fin de accionar el vehículo. En general, el sistema de transmisión comprende también un dispositivo de control que abarca electrónica de potencia PE1 para el accionar de la máquina $M1$ y electrónica de potencia PE2 para el accionar de la máquina $M2$.

40 Los dispositivos de electrónica de potencia PE1, PE2 se acoplan con una fuente de energía, como un generador de máquina de imán permanente PMG que es impulsado por un motor de combustión CE para generar energía eléctrica que debe proporcionarse a los dispositivos de electrónica de potencia PE1, PE2. Por ejemplo, los dispositivos de electrónica de potencia PE1, PE2 comprenden cada uno un circuito intermedio DC acoplado entre dos circuitos convertidores (no mostrados) como se conoce en la técnica para el suministro de energía de la PMG al circuito intermedio y a las máquinas eléctricas $M1$, $M2$, respectivamente, y viceversa. Alternativamente, la PMG puede tener sus propios dispositivos de electrónica de potencia para proporcionar energía a un solo circuito intermedio DC en el que los dispositivos de electrónica de potencia PE1, PE2 están ambos acoplados, y que a su vez comprenden un respectivo circuito convertidor para el suministro a las máquinas $M1$, $M2$.

50 Las máquinas $M1$ y $M2$ pueden ser acopladas directamente a través del eje S en el que los rotores de las máquinas se colocan adyacentes entre sí sobre el eje, o se acoplan a través de una caja de transmisión G (de modo que las máquinas $M1$ y $M2$ pueden girar a velocidades diferentes, pero con una relación de transmisión fija), un acoplamiento C, o una rueda libre FW (*free-wheel* o FW por sus siglas en inglés) tal como se describe con anterioridad.

55 Los dispositivos de electrónica de potencia PE1 y PE2 se controlan de manera que el sistema de la máquina opera en al menos dos rangos de funcionamiento OR1, OR2 los que, en el ejemplo de la figura 1A, tienen diferentes velocidades de rotación del eje de transmisión S. El rango de operación OR1 es un rango en el que el eje de transmisión S funciona a una menor velocidad de operación que en rango de funcionamiento OR2 que es un rango con una mayor velocidad de funcionamiento del eje de transmisión S.

60 La máquina eléctrica $M1$ se controla por medio de electrónica de potencia PE1 para operar en ambos rangos de operación OR1 y OR2, es decir, sobre todo el rango de operación del sistema de transmisión. La máquina eléctrica $M2$ se controla para operar en un solo rango de operación OR1, es decir, en el ejemplo de la figura 1A sólo en un rango de velocidad de giro inferior. De esta manera, es posible optimizar la máquina eléctrica $M1$, para que opere en

65

ambos rangos de funcionamiento OR1, OR2, para que el rango de par inferior del sistema de transmisión alcance mejores grados de eficiencia de la máquina.

En particular, la máquina eléctrica M1 funciona en ambos rangos de OR1, OR2 para proporcionar un par de transmisión igual o menor que un umbral de par T_{qM1} , que es, por ejemplo, el par nominal de la máquina M1. La segunda máquina eléctrica M2 se hace funcionar sólo en rango de operación OR1 para proporcionar un par motor en el eje S además del par de transmisión de la máquina M1, si el par exigido que se proporciona en el eje de transmisión S es mayor que el T_{qM1} par nominal de la máquina M1. Mientras que el vehículo sólo necesite los siguientes pares T_{qM1} para la operación en los rangos OR1, OR2, la máquina M1 proporciona el par necesario, mientras tanto la máquina M2 se podrá desactivar, por ejemplo, a través del acoplamiento C, y por tanto no producirá pérdidas. En el rango de funcionamiento OR1 a velocidad ω_g o n_g , respectivamente, en caso de se requieran torques superiores a T_{qM1} la máquina M2 proporcionará un par de torsión además del par de torsión de la máquina M1 lo que resulta en un par de torsión agregado al eje de transmisión que es mayor que T_{qM1} . En el rango de operación OR2 la máquina eléctrica M2 puede ser en principio operada por los acoples de la electrónica de potencia PE2 y alimentada con corriente eléctrica, pero no se maneja de una manera que proporcione un par motor al eje S además del par motor de la máquina M1.

Por ejemplo, el sistema de la máquina puede funcionar para seguir la característica del par-velocidad con una potencia sustancialmente constante $P=\text{constante}$. En el rango de operación OR2 por encima de la velocidad n_g o ω_g , el par puede ser suministrado exclusivamente por la máquina M1 ya que el par necesitado es inferior o igual al par nominal T_{qM1} de la máquina M1. A una velocidad n_g o ω_g y por debajo, cuando la máquina M1 funciona a velocidades más bajas, la máquina M1 alcanza su par nominal T_{qM1} y, por tanto, no puede proporcionar el par necesitado por sí sola. Por lo tanto, si el par que se proporciona en el eje de transmisión S es mayor que el par T_{qM1} , la máquina M2 funciona para proporcionar un par adicional en el eje de transmisión para proporcionar, en suma, el par requerido en el eje S para que se transmita a las ruedas W1, W2.

Ventajosamente, la máquina M2 se puede diseñar para proporcionar un alto par a bajas corrientes lo que se suma al par T_{qM1} de la máquina M1 cuando funciona en el rango de operación OR1, de modo que el sistema de transmisión puede proporcionar un par de transmisión general T_q . Si la máquina M2 se hace también funcionar a altas velocidades por encima de n_g o ω_g en el rango de operación OR2, la electrónica de potencia PE2 se puede controlar de tal manera que el voltaje inducido en el estator de la M2 se reduzca, particularmente en caso de que la máquina M2 no sea una máquina PM. Por lo tanto, la demanda de voltaje para los dispositivos de electrónica de potencia PE1 y PE2 ventajosamente puede disminuir, y no se necesitan circuitos de seguridad adicionales para mantener el voltaje por debajo de los límites de la electrónica de potencia. Esto disminuye ventajosamente la potencia plena del sistema de transmisión como se menciona anteriormente.

Por ejemplo, las máquinas eléctricas M1, M2 son cada una máquina de imán permanente. En este caso, no se aborda el problema de la energía plena, pero el sistema general de transmisión puede lograr un mayor grado de eficiencia, en los términos indicados anteriormente.

De acuerdo con otro ejemplo, la máquina eléctrica M1 es una máquina de imán permanente y la segunda máquina eléctrica M2 es una máquina de reluctancia. En otra realización, la máquina eléctrica M1 puede ser una máquina de imán permanente y la segunda máquina eléctrica M2 una máquina asíncrona. En otra variante, la máquina eléctrica M1 es una máquina de reluctancia y la máquina eléctrica M2 es una máquina asíncrona (inducción AC) de la máquina.

Por ejemplo, un dispositivo de engranaje, tal como una caja de cambios o engranaje de transmisión G, se integra parcialmente dentro del espacio interior libre de una de las máquinas eléctricas M1 ó M2.

Tal como se muestra en la figura 3, la máquina M1 comprende un rotor R1 y la máquina M2 comprende un rotor R2 que se colocan en el eje común S. En esta realización, se proporciona un sistema común de estator ST que es común para las máquinas M1, M2, es decir, el sistema de estator común ST opera ambos rotores R1 y R2. Por ejemplo, los rotores pueden tener diferente longitud y pueden ser de diferentes tipos, dependiendo del tipo de máquina M1, M2. Si la máquina M1 es una máquina PM y la máquina M2 es una máquina de reluctancia, entonces el rotor R1 está provisto de imanes permanentes, y el rotor R2 está diseñado como un rotor para una máquina de reluctancia. Las máquinas eléctricas M1, M2 están colocadas en un alojamiento común H. Una ventaja del mismo es que el estator común ST se puede enfriar por medio de un sistema de refrigeración común CS (*cooling system* o CS por sus siglas en inglés), preferiblemente un sistema indirecto de enfriamiento por agua WT (*water-cooling* o WT por sus siglas en inglés), por medio de agua. Una ventaja adicional es que sólo se necesita de un dispositivo de electrónica de potencia PE común en lugar de dispositivos de electrónica de potencia separados PE1, PE2.

La figura 4 muestra una realización de dos máquinas separadas de un sistema de máquina, con la máquina M1 que comprende un rotor R1 y un estator ST1, y la máquina M2 que comprende un rotor R2 y un estator ST2. De esta manera, ambas máquinas M1, M2 se pueden optimizar individualmente con sus respectivos rangos de operación, lo que resulta en un mejor "ajuste" del sistema de transmisión. Por ejemplo, la máquina M1 comprende láminas de

metal del estator MS1, y la máquina M2 comprende láminas de metal del estator MS2 que tienen mayor de espesor que las láminas de metal del estator MS1, lo cual es ventajoso para la máquina M2 operando a una velocidad más baja en comparación con la máquina M1.

5 Por ejemplo, también y tal como se muestra en la figura 4, los dispositivos de electrónica de potencia PE1, PE2 están acoplados con un transmisor angular o sensor de posición del rotor (*angular transmitter* o AT por sus siglas en inglés) el cual es común para ambas máquinas eléctricas M1, M2, es decir, proporciona una señal angular común a PE1, PE2 para controlar la conmutación de las máquinas M1, M2. En esta realización, las máquinas M1, M2 están colocadas en alojamientos separados H1, H2 que están acoplados a un sistema de refrigeración común CS, en el
10 que el sistema de refrigeración está indirectamente enfriando por agua los sistemas de estator ST1, ST2. En una realización en la que las láminas metálicas MS1 y MS2 tienen un mismo espesor, las máquinas M1 y M2 pueden ser fabricadas con las mismas láminas de metal del estator mismos. Por ejemplo, el estator ST1 de la máquina eléctrica M1 y/o el estator ST2 de la máquina eléctrica M2 se está enfriando indirectamente por agua.

15 Las figuras 5 a 8 muestran ejemplos de realizaciones de máquinas eléctricas de un sistema de máquina que puede hacerse de varias formas de construcción que proporcionen ventajas en la creación de un sistema de máquina compacta y eficaz.

20 Como se muestra en la figura 5, una de las máquinas, tal como la máquina M1 con rotor R1 y estator ST1, está construida con un diseño de eje hueco que comprende un eje hueco HS (*hollow shaft* o HS por sus siglas en inglés), en el que el rotor R1 y el estator ST1 están colocados en el interior del eje hueco HS. La otra de las máquinas, en este ejemplo la máquina M2 con rotor R2 y estator ST2, está diseñada con un diámetro más pequeño que la máquina M1 y está construida en la máquina M1, de manera que el estator ST2 y el rotor R2 están colocados dentro de la máquina M1.

25 Por ejemplo, como se muestra en la figura 6, una de las máquinas (en este ejemplo la máquina M1) está diseñada con un rotor interior (rotor R1) y la otra de las máquinas (en este ejemplo la máquina M2) está diseñada con un rotor exterior (rotor R2), de tal manera que el rotor exterior está dispuesto en la periferia exterior del estator (estator ST2) de la máquina.

30 Como se muestra en la figura 7, la máquina con el rotor exterior (tal como se representa la máquina M2 en la figura 6) está construida en la máquina con el rotor interior (máquina M1) y las dos máquinas tienen el mismo soporte de rotor, tal como el soporte de rotor RG para el rotor común R como se muestra en la figura 7. Por ejemplo, ambas máquinas tienen el mismo rotor de hierro para los imanes, que se forma en el presente ejemplo por el soporte de rotor RG. Por ejemplo, el rotor de hierro está hecho de hojas laminadas.

35 De acuerdo con la realización de la figura 8, una de las máquinas (en el presente ejemplo, la máquina M1) con el rotor interior (rotor R1) está construida en la máquina (máquina M2) que tiene un rotor exterior (rotor R2), en el que ambas máquinas tienen el mismo soporte del estator, tal como se muestra en la figura 8 con un estator ST común para ambas máquinas M1, M2 que está dispuesto en un soporte común. En este ejemplo, ya sea o no que las máquinas tengan el mismo soporte del estator, ambas máquinas se pueden fabricar de manera que tengan un enfriamiento común del estator.

45 De acuerdo con las figuras 1B-1E, se representan otras realizaciones para el control de un sistema de máquinas de acuerdo con los principios de la invención. Particularmente, las figuras 1A-1E muestran diversas realizaciones de los rangos de operación ejecutada por el dispositivo de control del sistema de transmisión, por ejemplo, por la electrónica de potencia, como se muestra en la figura 2.

50 De acuerdo a la figura 1A, tal y como se describió anteriormente, los rangos de operación OR1, OR2 son de al menos dos rangos de funcionamiento de velocidad con diferentes velocidades del eje de transmisión, en el que los rangos de operación están delimitados por una velocidad determinada, es decir, un umbral ω_g o n_g que es indicativo de una velocidad. En rango de operación OR1, en un primer ejemplo, una máquina PM y una máquina de reluctancia pueden hacerse funcionar para proporcionar cada una un par de transmisión respectivo al eje de transmisión. En un segundo ejemplo, una primera máquina PM y una segunda máquina PM pueden ponerse a funcionar para proporcionar cada una un par de transmisión respectivo al eje de transmisión. En rango de operación OR2, únicamente la máquina PM (primer ejemplo) y la primera máquina PM (segundo ejemplo), respectivamente, se ponen en función para proporcionar un par motor al eje de transmisión.

60 De acuerdo con la figura 1B, los rangos de funcionamiento OR1, OR2 son de al menos dos rangos de operación de par con diferentes pares de torsión en el eje de transmisión, en los que los rangos de operación están delimitados por un umbral de par T_{qg} (es decir, están delimitados por una curva de umbral recta con umbral T_{qg} en una relación de par y velocidad). En rango de operación OR1, en un primer ejemplo, una máquina PM y una máquina de reluctancia se pueden operar para proporcionar cada una un par de transmisión respectivo al eje de transmisión. En un segundo ejemplo, una primera máquina PM y una segunda máquina PM se pueden funcionar para proporcionar cada una un par de transmisión respectivo al eje de transmisión. En rango de operación OR2, sólo la máquina PM

(primer ejemplo) y la primera máquina PM (segundo ejemplo), respectivamente, se ponen en marcha para proporcionar un par motor al eje de transmisión.

5 En la figura 1C, se ilustra una realización adicional de la operación del sistema de máquinas. Una vez más, el dispositivo de control opera el sistema de máquinas de acuerdo con una relación de par-velocidad, como en las figuras 1A y 1B, por ejemplo de acuerdo con el par-velocidad característico HY tal como se ha descrito anteriormente. En la realización de la figura 1C, el rango de operación OR1 cubre velocidades del eje de transmisión mayores que un umbral ω_g o n_g que es indicativo de una velocidad, y pares de torsión en el eje de transmisión que son mayores que un umbral de par T_{qg} . En el segundo rango de operación OR2, el sistema de máquinas opera a
10 velocidades y pares por debajo de ω_g o n_g y T_{qg} en donde solamente una de las máquinas proporciona un par motor al eje de transmisión. Por ejemplo, una primera máquina PM y una segunda máquina PM se pueden poner en marcha para proporcionar a cada una un par de transmisión respectivo al eje de transmisión en el rango de operación OR1. En rango de operación OR2, sólo la primera PM máquina funciona para proporcionar un par motor al eje de transmisión.

15 En las figuras 1D y 1E, se ilustran otras formas de realización del funcionamiento del mecanismo sistema de máquinas. Una vez más, el dispositivo de control opera el sistema de máquinas de acuerdo con una relación de par-velocidad, como en las figuras 1A-C, por ejemplo de acuerdo con el par-velocidad característico HY como se ha descrito anteriormente. En las figuras 1D y 1E, los rangos de operación OR1, OR2 están delimitados por una curva de umbral TC (*threshold curve* o TC por sus siglas en inglés) entre un primer umbral T_{qg} indicativo de un primer par a una primera velocidad y un segundo umbral indicativo de un segundo par a una segunda velocidad ω_g , n_g .

20 En el ejemplo de la figura 1D, el umbral T_{qg} se establece a una velocidad de cero (es decir, punto muerto), y el segundo umbral se establece para que sea par nulo (es decir, funcionamiento sin carga) a una velocidad de ω_g , n_g . Como se muestra en la figura 1D, la curva del umbral TC es al menos en parte elíptica. Por ejemplo, una primera máquina PM y una segunda máquina PM se pueden poner en marcha para proporcionar cada una un par motor respectivo al eje de transmisión en el rango de operación OR1. En rango de operación OR2, sólo la primera máquina PM funciona para proporcionar un par motor al eje de transmisión.

25 En el ejemplo de la figura 1E, el umbral T_{qg} también se fija a una velocidad de cero (es decir, punto muerto), mientras que el segundo umbral se establece para que sea un par que no sea cero a una velocidad ω_g , n_g , los cuales están designando la velocidad máxima del eje de transmisión en este ejemplo. La curva de umbral TC de la figura 1E es al menos en parte hiperbólica. Por ejemplo, una primera máquina de reluctancia y una segunda máquina de reluctancia se pueden poner en marcha para proporcionar cada una un par motor respectivo al eje de
30 transmisión en el rango de operación OR1. En el rango de operación OR2, sólo la primera máquina de reluctancia funciona para proporcionar un par motor al eje de transmisión.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Sistema de transmisión (DS) para un vehículo terrestre, que comprende
- un sistema de máquinas (M1, M2) para la conducción del vehículo terrestre, el sistema de máquinas comprende al menos una primera y una segunda máquina eléctrica (M1, M2) que actúa sobre un eje de transmisión común (S) para la conducción del vehículo terrestre,
- 10 - un dispositivo de control (PE, PE1, PE2) que está adaptado para controlar el sistema de máquinas para funcionar en al menos dos rangos de funcionamiento (OR1, OR2), en el que en un primer rango de funcionamiento (OR1) la primera y segunda máquinas eléctricas (M1, M2) funcionan para proporcionar cada una un par motor al eje de transmisión (S), y en un segundo rango de operación (OR2) sólo una de las máquinas eléctricas (M1 es accionada para proporcionar un par motor al eje de transmisión (S),
- 15 - en el que el dispositivo de control (PE, PE1, PE2) está adaptado para el funcionamiento del sistema de máquinas (M1, M2) de acuerdo con una relación de par-velocidad, en donde los rangos de funcionamiento (OR1, OR2) están delimitados por una curva de umbral (TC) entre un primer umbral (T_{qg}) indicativo de un primer par motor a una primera velocidad, y un segundo umbral indicativo de un segundo par motor a una segunda velocidad (ω_g , n_g), particularmente en el que la curva de umbral (TC) es al menos en parte elíptica, hiperbólica o recta.
- 20 2. El sistema de transmisión de la reivindicación 1, en el que el dispositivo de control (PE, PE1, PE2) está adaptado para el funcionamiento del sistema de máquinas (M1, M2) de acuerdo con una característica par-velocidad (HY) que es hiperbólica y que tiene potencia sustancialmente constante en al menos un rango de operación de la velocidad de funcionamiento (ω).
- 25 3. El sistema de transmisión de una de las reivindicaciones 1 a 2, en el que la primera y segunda máquinas eléctricas (M1, M2) son cada una máquina de imán permanente, particularmente en donde la primera y segunda máquinas eléctricas están acopladas entre sí a través de un embrague de rueda libre (FW).
- 30 4. El sistema de transmisión de una de las reivindicaciones 1 a 2, en el que el sistema de máquinas incluye una máquina de imán permanente y una máquina de reluctancia, en particular en el que la primera máquina eléctrica (M1) es una máquina de imán permanente y la segunda máquina eléctrica (M2) es una máquina de reluctancia.
- 35 5. El sistema de transmisión de una de las reivindicaciones 1 a 2, en el que el sistema de máquinas incluye una máquina de imán permanente y una máquina asíncrona, en particular en el que la primera máquina eléctrica (M1) es una máquina de imán permanente y la segunda máquina eléctrica (M2) es un asíncrono (de inducción de CA) de la máquina.
- 40 6. El sistema de transmisión de una de las reivindicaciones 1 a 2, en el que el sistema de máquinas incluye una máquina de reluctancia y una máquina asíncrona, en particular en el que la primera máquina eléctrica (M1) es una máquina de reluctancia y la segunda máquina eléctrica (M2) es una máquina asíncrona.
- 45 7. El sistema de transmisión de una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la primera máquina eléctrica (M1) y la segunda máquina eléctrica (M2) están acopladas de manera fija entre sí, en particular de una manera que sus sistemas de rotor se tuercen en el ángulo, o en el que la primera máquina eléctrica (M1) y la segunda máquina eléctrica (M2) están acopladas entre sí a través de un engranaje de transmisión (G) de modo que la primera y segunda máquinas giran a diferente velocidad.
- 50 8. El sistema de transmisión de una de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende un primer rotor (R1) de la primera máquina eléctrica y un segundo rotor (R2) de la segunda máquina eléctrica que están acoplados al eje común (S), y a un sistema de estator común (ST), que es común para la primera y segunda máquinas eléctricas (M1, M2).
- 55 9. El sistema de transmisión de una de las reivindicaciones a 8, en el que la primera máquina eléctrica (M1) y la segunda máquina eléctrica (M2) están acopladas entre sí a través de un acoplamiento (C) o través de un embrague de rueda libre (FW).
- 60 10. El sistema de transmisión de una de las reivindicaciones 1 a 9, en el que la primera máquina eléctrica (M1) comprende láminas de metal del primer estator (MS1), y la segunda máquina eléctrica (M2) comprende láminas de metal del segundo estator (MS2), que tienen mayor espesor que las láminas de metal del primer estator (MS1).
- 65 11. El sistema de transmisión de una de las reivindicaciones 1 a 10, en el que el dispositivo de control (PE, PE1, PE2) está acoplado con un transmisor angular o sensor de posición del rotor (AT), que es común para ambas

máquinas eléctricas (M1, M2).

- 5 12. El sistema de transmisión de una de las reivindicaciones 1 a 11, en el que el sistema de máquinas incluye una máquina de imán permanente que comprende imanes de superficie, o que está fabricada de flujo magnético concentrado, o que tiene una disposición de los imanes de tipo Halbach.
- 10 13. El sistema de transmisión de una de las reivindicaciones 1 a 12, en el que la primera y segunda máquinas eléctricas (M1, M2) están colocadas en un alojamiento común (H), o en el que la primera y segunda máquinas eléctricas (M1, M2) están alojadas en alojamientos separados (H1, H2) que están acoplados a un sistema de refrigeración común (CS), en particular en el que el sistema de enfriamiento está indirectamente enfriado por agua los sistemas de estator (ST1, ST2) de la primera y segunda máquinas eléctricas.
- 15 14. El sistema de transmisión de una de las reivindicaciones 1 a 13, en el que la primera máquina eléctrica (M1) y la segunda máquina eléctrica (M2) son al menos parcialmente fabricadas a partir de las mismas piezas de la máquina, que particularmente comprenden las mismas láminas de metal del estator (MS).
- 20 15. El sistema de transmisión de una de las reivindicaciones 1 a 14, donde la primera máquina eléctrica (M1) y la segunda máquina eléctrica (M2) están al menos parcialmente fabricadas a partir de mismas partes de segmentos axiales (MS), particularmente de mismas láminas de metal del estator, en donde la primera máquina eléctrica (M1) comprende un primer número de partes de segmentos axiales (MS1) y la segunda máquina eléctrica (M2) comprende un segundo número de partes de segmentos axiales (MS2).
- 25 16. El sistema de transmisión de una de las reivindicaciones 1 a 15, en el que el estator de la primera (M1) y/o segunda máquinas eléctricas (M2) se enfría indirectamente por agua.
- 30 17. El sistema de transmisión de una de las reivindicaciones 1 a 16, en el que un dispositivo de engranaje está integrado parcialmente dentro del espacio interior libre de una de las máquinas eléctricas (M1 o M2).
- 35 18. El sistema de transmisión de una de las reivindicaciones 1 a 16, en el que una de las máquinas (M1) se construye con diseño de eje hueco y otra de las máquinas (M2) se diseña con un diámetro menor que el de las máquinas y se construye en una de las máquinas (M1).
- 40 19. El sistema de transmisión de una de las reivindicaciones 1 a 18, en el que una de las máquinas está diseñada con un rotor interior y otra de las máquinas con un rotor exterior.
- 45 20. El sistema de transmisión de la reivindicación 19, en el que la máquina con el rotor interior está fabricada dentro de la máquina con el rotor exterior y las dos máquinas tienen el mismo soporte del estator y/o tienen la misma refrigeración del estator.
- 50 21. El sistema de transmisión de la reivindicación 19, en el que la máquina con el rotor exterior está fabricada dentro de la máquina con el rotor interior y las dos máquinas tienen el mismo soporte de rotor.
22. El sistema de transmisión de la reivindicación 19 ó 20, en el que la máquina con el rotor exterior está fabricada en la máquina con el rotor interior y las dos máquinas tienen el mismo rotor de hierro.
23. El sistema de transmisión de la reivindicación 21, en el que el rotor de hierro está hecho con hojas laminadas.
24. El sistema de transmisión de una de las reivindicaciones 1 a 23, en el que el primer rango de funcionamiento (OR1) cubre velocidades del eje de transmisión superiores a un primer umbral (ω_g , n_g), y pares de torsión en el eje de transmisión mayores que un segundo umbral (T_{gg}).

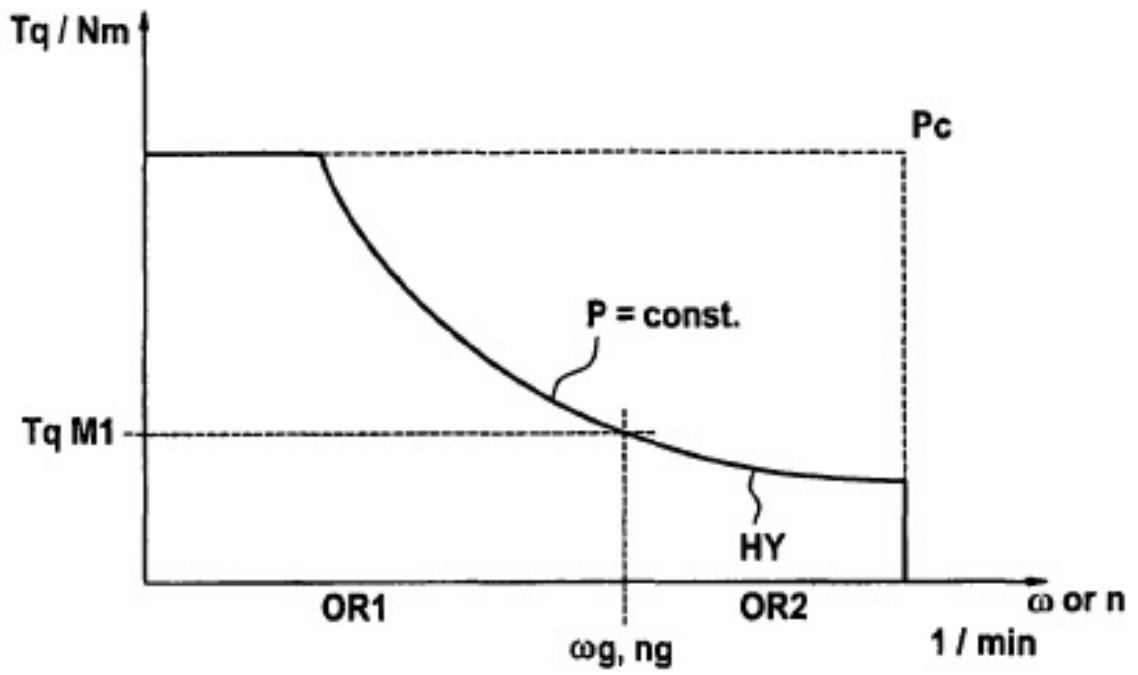


Fig. 1A

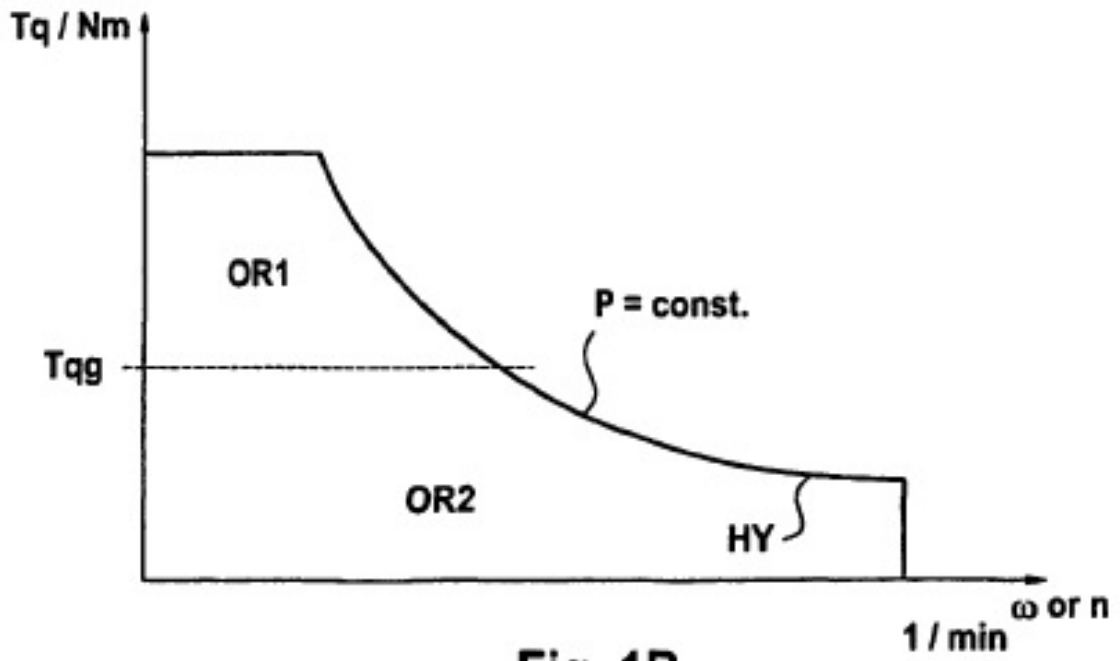


Fig. 1B

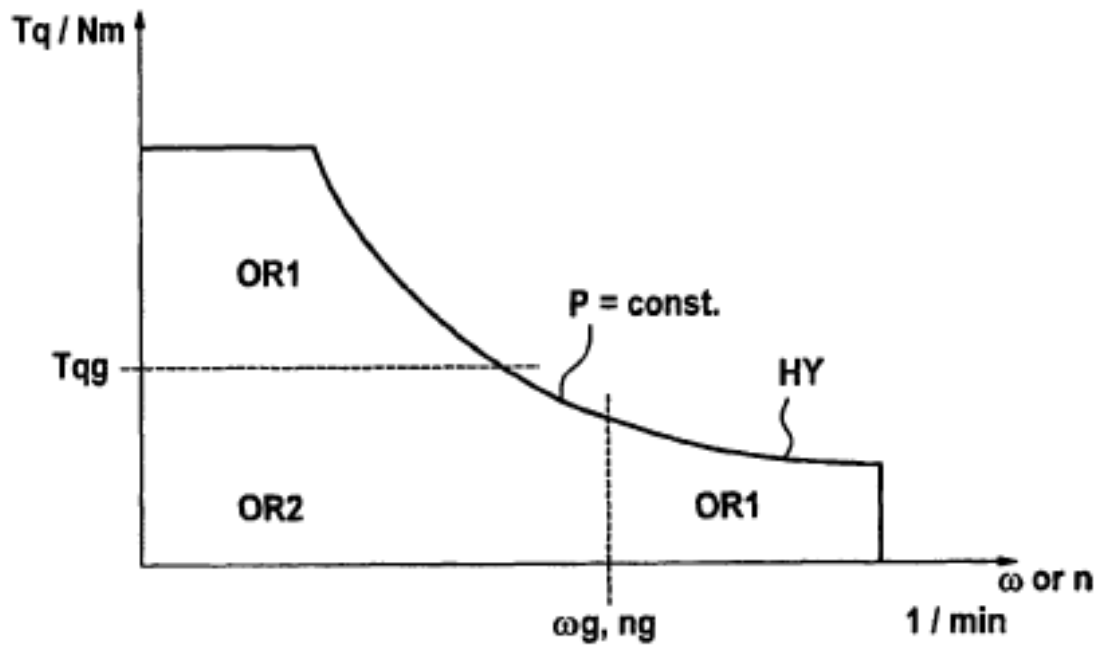


Fig. 1C

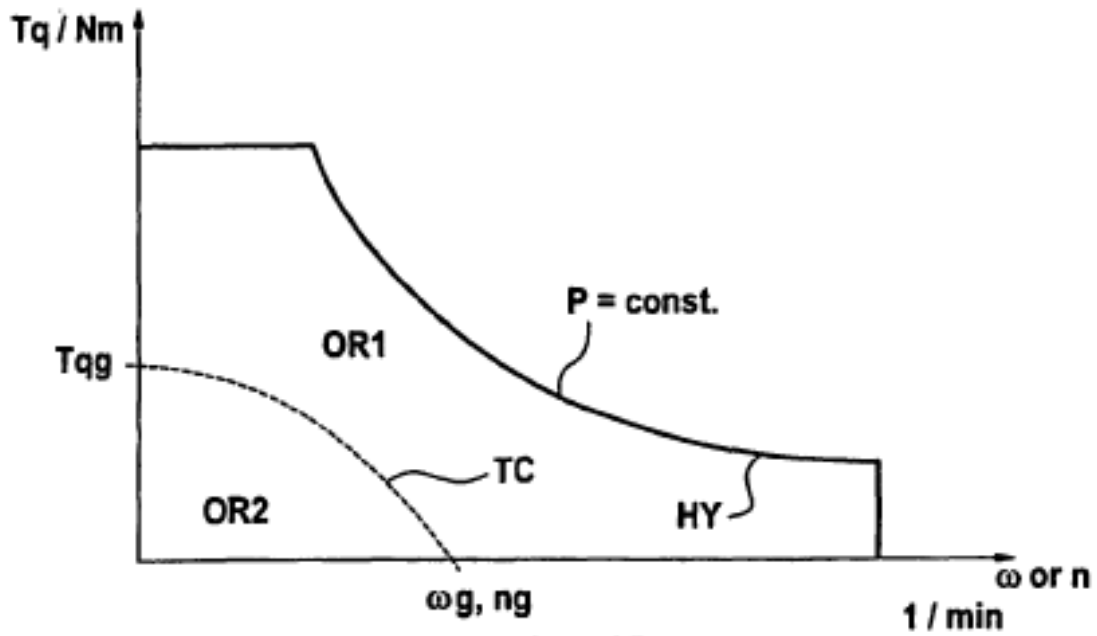


Fig. 1D

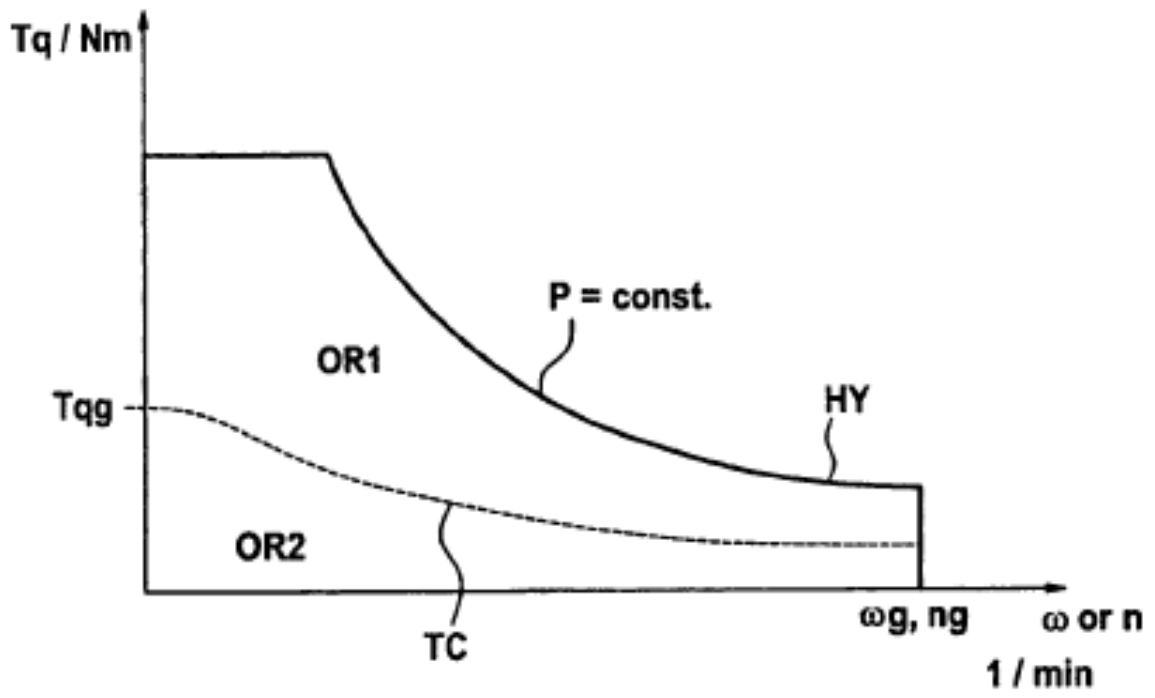


Fig. 1E

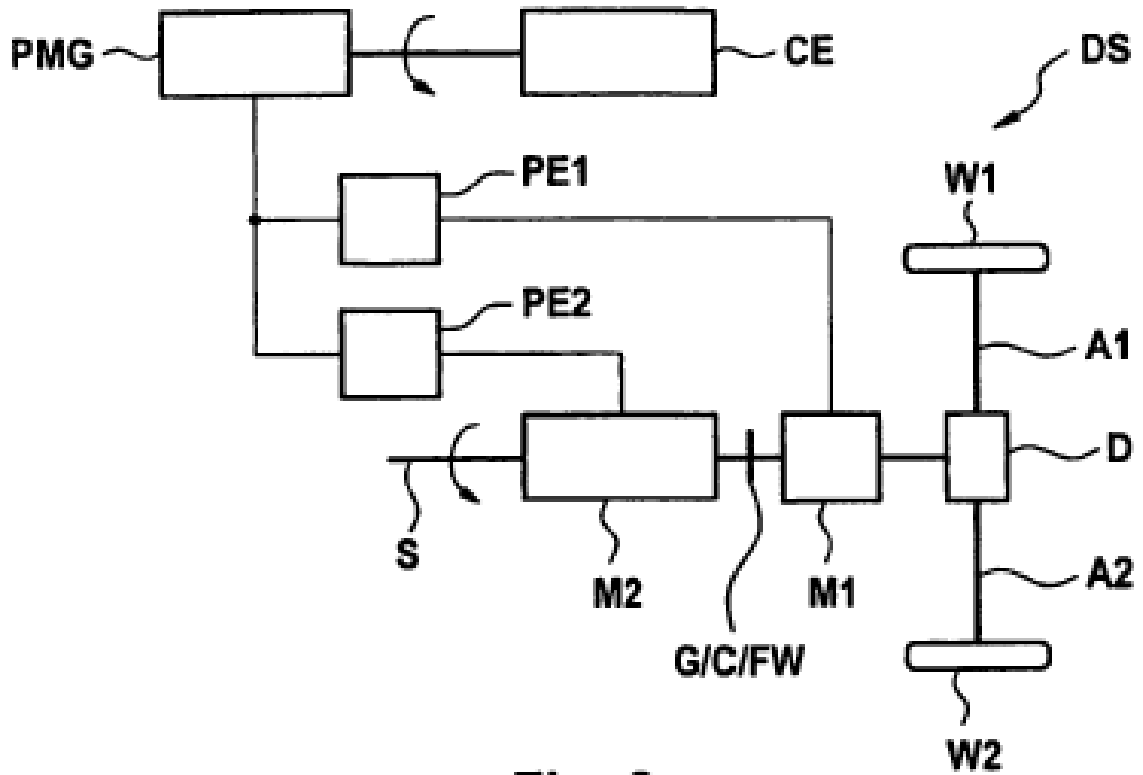


Fig. 2

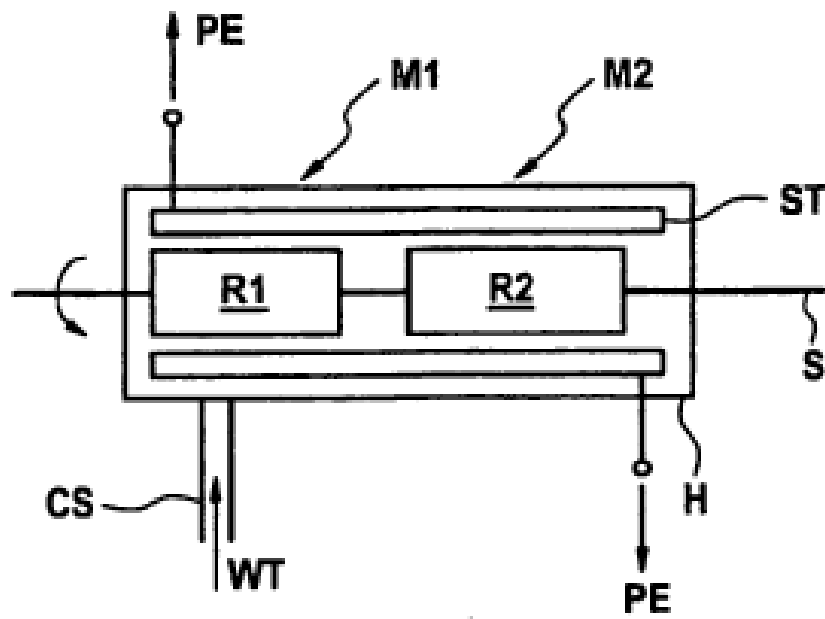


Fig. 3

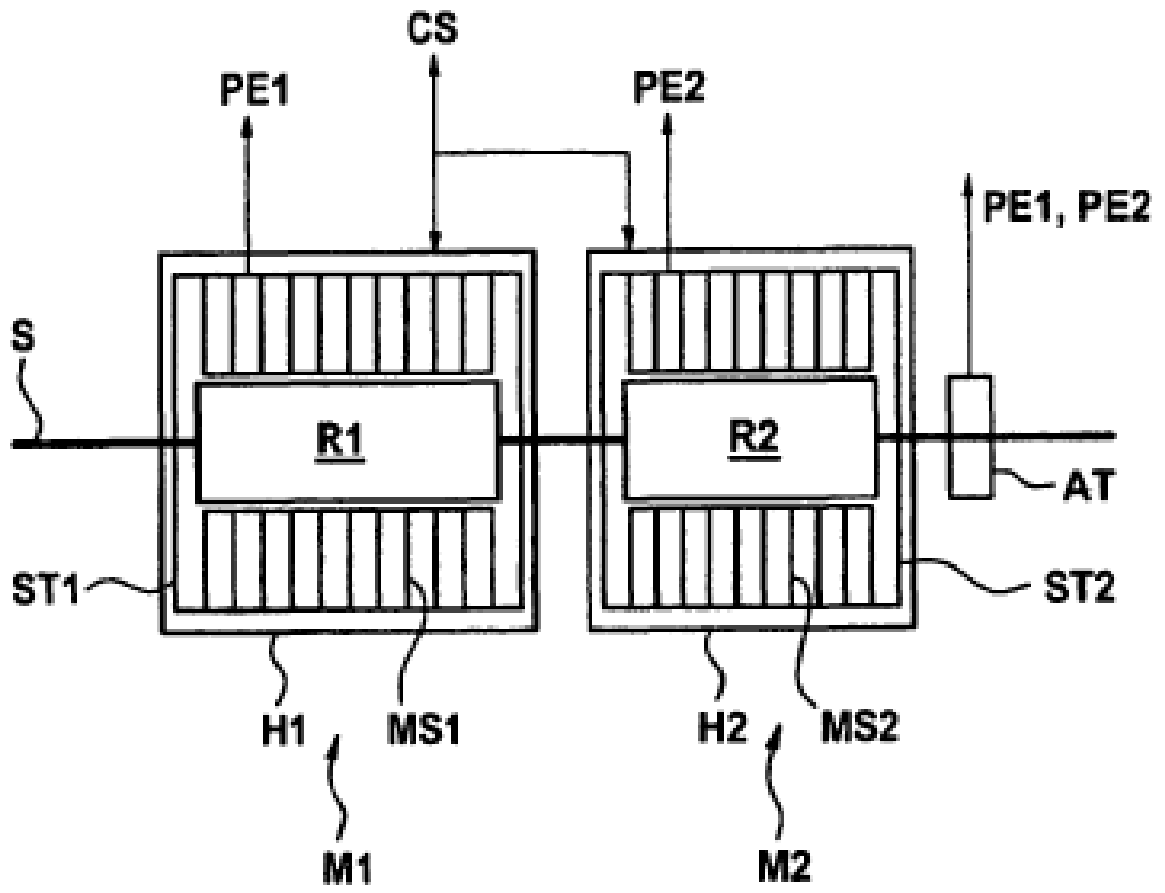


Fig. 4

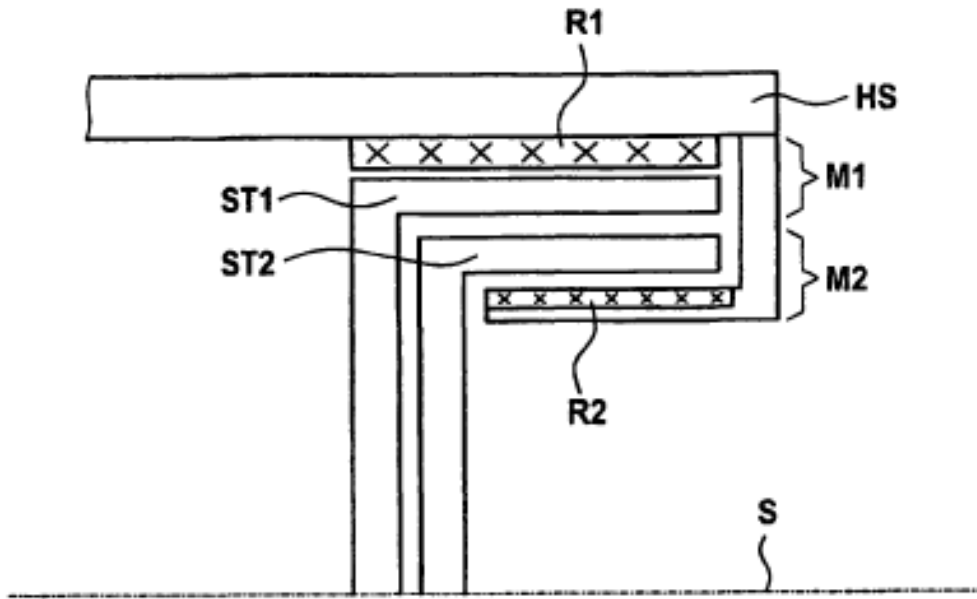


Fig. 5

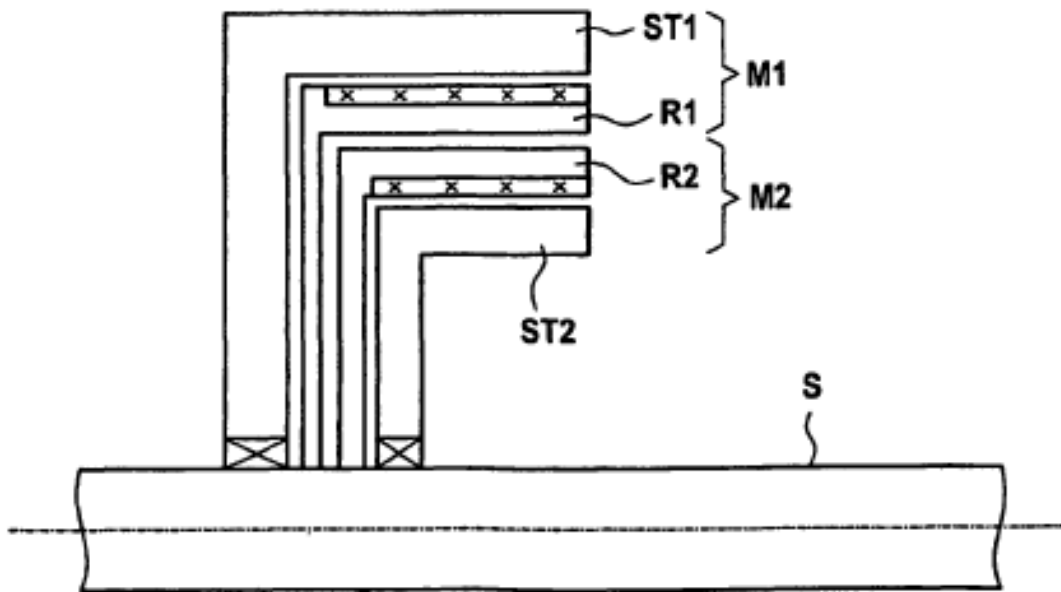


Fig. 6

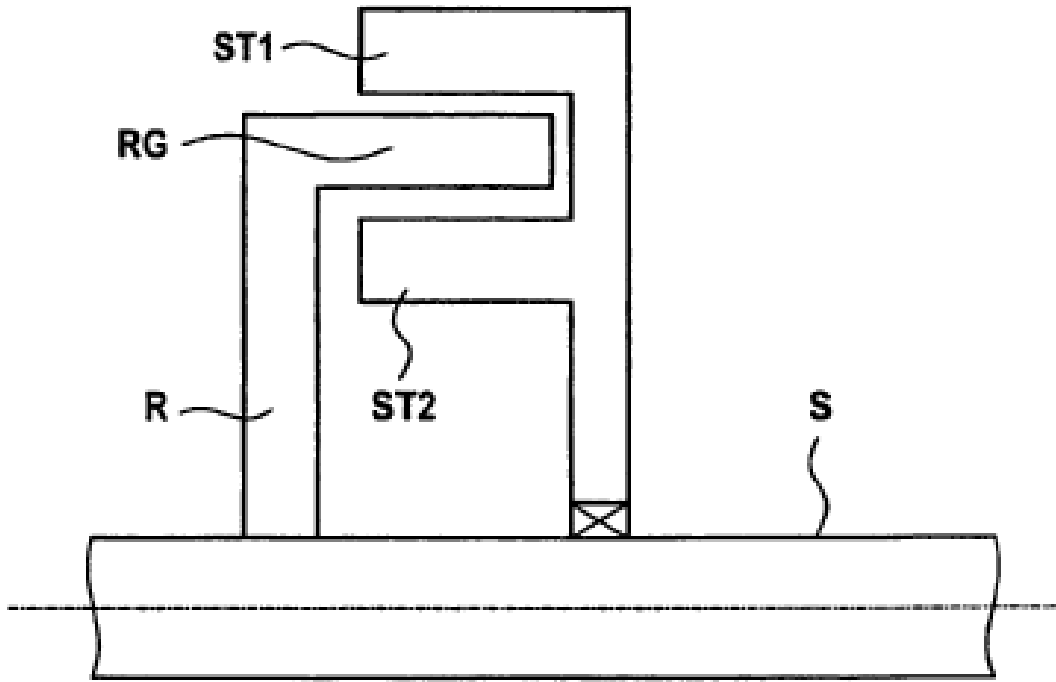


Fig. 7

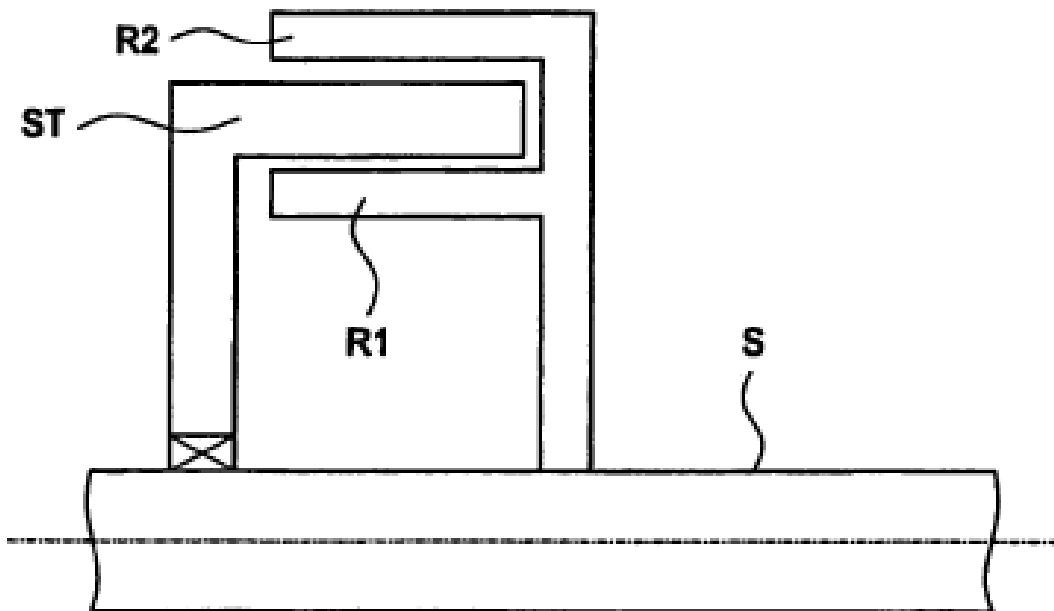


Fig. 8