

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 650 986**

51 Int. Cl.:

**B63H 5/10** (2006.01)

**B63H 5/14** (2006.01)

**B63H 23/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.05.2009 PCT/EP2009/056137**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.12.2009 WO09153124**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.05.2009 E 09765704 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.09.2017 EP 2279113**

54 Título: **Turbomáquina con al menos dos rotores**

30 Prioridad:

**27.05.2008 DE 102008025209**

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

**23.01.2018**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)  
Werner-von-Siemens-Straße 1  
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**SCHRÖDER, DIERK**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 650 986 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**

Turbomáquina con al menos dos rotores

La invención se refiere a una turbomáquina de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1; por ejemplo, se conoce una turbomáquina de este tipo por el documento WO 03/025385 A2.

5 Por el documento US 2006/0063442 A1 se conoce un sistema de propulsión de góndola separada con una carcasa que conforma un canal tubular para un flujo de un fluido por el canal en una dirección de corriente principal desde una entrada a una salida del canal. El sistema de propulsión de góndola separada comprende una primera y una segunda unidad de máquina con respectivamente un rotor que consta de una parte de rotor anular exterior con un lado interior anular y un lado exterior anular y un árbol de rotor central, estando dispuestas paletas entre el lado interior anular y el árbol de rotor central. Los dos rotores están colocados de manera giratoria en la carcasa en la misma dirección y/o en dirección opuesta entre sí, estando dispuesto el rotor de la primera unidad de máquina en el canal en la dirección de corriente principal del fluido delante del rotor de la segunda unidad de máquina. Con respecto al tipo del accionamiento de los rotores, no se revela ningún detalle exacto.

15 El documento WO 03/025385 A2, que se considera el estado de la técnica más próximo, revela un generador de turbina hidráulica con dos discos de rotor dispuestos uno detrás de otro que presentan respectivamente varias aletas de rotor que se extienden radialmente desde un árbol de rotor.

20 Por el documento EP 1 687 201 B1 se conoce una propulsión por chorro para embarcaciones que se basa en el concepto de accionamiento de un motor anular eléctrico. En el caso de un motor anular eléctrico de este tipo, se trata de una máquina eléctrica con un rotor conformado anularmente y un estátor que está dispuesto de manera anular alrededor del rotor de la primera unidad de máquina de tal manera que forma una máquina eléctrica con el rotor. En el lado interior anular del rotor están dispuestas paletas. Partiendo de esto, el objetivo de la presente invención es mejorar la eficiencia de una turbomáquina de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1. Además, es objetivo de la presente invención indicar un procedimiento para el funcionamiento de una máquina de este tipo y usos especialmente ventajosos.

25 La solución de este objetivo se logra por la una turbomáquina de acuerdo con de la reivindicación 1. Configuraciones ventajosas son objeto de las reivindicaciones secundarias 2 a 12. Una turbomáquina con varios niveles de máquina consecutivos es objeto de la reivindicación 13. Un procedimiento para el funcionamiento de una turbomáquina de acuerdo con la invención es objeto de la reivindicación 14. Usos especialmente ventajosos de la turbomáquina de acuerdo con la invención son objeto de las reivindicaciones 15 a 19.

30 Una turbomáquina de acuerdo con la invención comprende una carcasa que conforma un canal para un flujo de un fluido por el canal en una dirección de corriente principal desde una entrada a una salida del canal, y al menos una primera y al menos una segunda unidad de máquina que están dispuestas una detrás de otra en el canal en la dirección de corriente principal del fluido, presentando cada una de las unidades de máquina respectivamente un rotor que está conformado con forma anular con un lado interior anular y un lado exterior anular, estando dispuestas paletas en el lado interior anular del rotor. A este respecto, los rotores están colocados de manera giratoria en la carcasa en la misma dirección y/o en dirección opuesta entre sí. Sobre el rotor de la primera unidad de máquina está dispuesto un sistema de excitación. Además, la primera unidad de máquina comprende un estátor que está dispuesto de manera anular alrededor del rotor de la primera unidad de máquina de tal manera que forma una máquina eléctrica con el rotor y el sistema de excitación dispuesto encima. A este respecto, el rotor de la segunda unidad de máquina es giratorio independientemente del rotor de la primera unidad de máquina para desviar un flujo de salida, originado por el rotor de la primera unidad de máquina, del fluido que se aparta de la dirección de corriente principal, al menos parcialmente de nuevo a la dirección de corriente principal. En este caso, preferentemente, la dirección de corriente principal del fluido en el área de un rotor discurre en dirección del eje giratorio del rotor. A este respecto, para el incremento de la eficiencia, el canal está conformado preferentemente como un tubo que acaba en cono en dirección de corriente en forma de una tobera Kort.

45 Por lo tanto, el primer rotor puede controlarse hacia o desde el fluido específicamente para emitir o absorber un par. Por el segundo rotor, el momento angular con pérdida del efluente del primer rotor, es decir, componentes de flujo del fluido que se apartan de la dirección de corriente principal, se desvían al menos parcialmente de nuevo a la dirección de corriente principal y, por lo tanto, se convierten en empuje o par absorbible de un rotor posterior. Cuando la dirección de corriente principal discurre en dirección del eje giratorio del rotor, en el caso de los componentes de flujo que se apartan de la dirección de corriente principal, puede tratarse, por ejemplo, de componentes de flujo radiales o circulares con respecto al eje giratorio. Por lo tanto, por el segundo rotor se provoca una desviación de corriente y una compensación del par al menos parcial.

55 Por la conformación anular de los rotores y la disposición del sistema de excitación sobre el primer rotor anular, la cámara de flujo para el fluido puede diseñarse con especialmente baja resistencia y de manera aerodinámica. En

conjunto, con ello se posibilita un buen aprovechamiento del flujo de fluidos y, por lo tanto, una buena eficiencia de la turbomáquina. Aquí, en el caso del fluido, puede tratarse de un líquido, una emulsión o un gas.

5 Por la disposición distribuida por una superficie relativamente grande del sistema de excitación sobre el rotor anular, en lugar de comprimido herméticamente en un árbol central, puede garantizarse una buena refrigeración del sistema de excitación por el fluido que fluye por él. A este respecto, en el caso del sistema de excitación, puede tratarse de una disposición de imanes permanentes o de una disposición de devanado. Por el almacenamiento de los rotores en la carcasa y la compensación del par, pueden mantenerse además especialmente bajos los ruidos y vibraciones emitidos por la turbomáquina al entorno y también disminuirse, además, la cavitación en las paletas de los rotores. En este caso, las paletas o aletas pueden presentar, por ejemplo, una forma axial o semiaxial.

10 Por la conformación anular del rotor y la disposición del sistema de excitación sobre el rotor anular, es posible, de manera especialmente ventajosa, prescindir, en el caso de los rotores, de un árbol (central) y de sujeciones necesarias para ello, que son especialmente molestos para un fluido que fluye por el canal y reducen la eficiencia de una turbomáquina. Por este motivo, las unidades de máquina están exentas de un componente que discorra a través de este a lo largo del eje giratorio de su respectivo rotor. Prescindir de un árbol central también tiene la ventaja de  
15 que los cuerpos extraños que entran en el canal pueden inclinarse solo con dificultad.

De acuerdo con una configuración ventajosa de la invención, sobre el rotor de la segunda unidad de máquina no está dispuesto ningún sistema de excitación y el rotor está colocado en la carcasa de manera que puede girar libremente en la misma dirección que el rotor de la primera unidad de máquina y puede accionarse por un fluido que fluye. Por lo tanto, el rotor de la segunda unidad de máquina puede adoptar la función de una corona directriz de Grim'sche («Grim'sche Leitrad»), que se aparta de la dirección de corriente principal y, por lo tanto, desvía los  
20 componentes de flujo con pérdida del efluente del primer rotor al menos parcialmente de nuevo a la dirección de corriente principal.

De acuerdo con una segunda configuración ventajosa de la invención, sobre el rotor de la segunda unidad de máquina está dispuesto asimismo un sistema de excitación, comprendiendo también la segunda unidad de máquina un estátor que está dispuesto de manera anular alrededor del rotor de la segunda unidad de máquina de tal manera que forma una máquina eléctrica con el rotor y el sistema de excitación dispuesto encima, y presentando las paletas o aletas del rotor de la segunda unidad de máquina una pendiente distinta, preferentemente con simetría de espejo, respecto a las paletas o aletas del rotor de la primera unidad de máquina. Por un control del par emitido por la segunda unidad de máquina hacia el fluido o del par absorbido por la segunda unidad de máquina desde el fluido en la interacción con la distinta pendiente de las paletas o aletas, pueden desviarse de manera específica al menos  
30 parcialmente de nuevo a la dirección de corriente principal componentes de flujo generados que se apartan de la dirección de corriente principal por el rotor de la primera unidad de máquina en el efluente de la primera unidad de máquina. El control puede realizarse, por ejemplo, dependiendo de las condiciones límite hidrodinámicas y de la configuración concreta de la turbomáquina. Por una óptima compensación del par entre las unidades de máquina, puede aprovecharse entonces óptimamente el flujo de fluidos.  
35

En principio, la turbomáquina también puede comprender más de dos rotores, que están dispuestos uno detrás de otro en el canal en la dirección de corriente principal del fluido y que forman o no, según los requisitos, una máquina eléctrica con un estátor. En el caso de una asociación de este tipo de unidades de máquina, pueden preverse específicamente algunos rotores para la salida o absorción de par y otros para la compensación del par o accionarse durante el funcionamiento de manera correspondiente. A este respecto, la turbomáquina puede estar conformada según el requisito de rendimiento y/o condiciones límite fluídicas de manera modular a partir de una pluralidad de unidades de máquina estandarizadas, pudiendo ser el número de las unidades de máquina par o también impar.  
40

La resistencia al flujo del canal puede mantenerse especialmente baja cuando los estatores de las unidades de máquina están integrados en la carcasa.

45 Para seguir optimizando el comportamiento de flujo, la pendiente de las paletas es modificable preferentemente de manera libre correspondientemente a los requisitos fluídicos.

En este caso, la(s) máquina(s) eléctrica(s) puede(n) estar configurada(s) de tal manera que puede(n) accionarse como motor eléctrico. El rotor y el estátor de una máquina eléctrica de este tipo forman entonces un motor eléctrico, que se denomina frecuentemente en la bibliografía especializada «motor anular eléctrico» o «rim drive» (transmisión por llanta). Con ello, es posible una utilización de la turbomáquina, por ejemplo, como equipo de accionamiento de un equipo flotante o sumergible o como bomba. En el caso de dos o más máquinas eléctricas accionadas como motor eléctrico, por un control específico de las máquinas eléctricas puede desviarse de manera específica al menos parcialmente de nuevo a la dirección de corriente principal un flujo, originado por el rotor de una o varias primeras unidades de máquina, del fluido que se aparta de la dirección de corriente principal, por el rotor de una o varias  
50 segundas unidades de máquina y, por lo tanto, convertirse en empuje. En el caso de dos máquinas eléctricas accionables como motor eléctrico, el accionamiento de la turbomáquina es redundante además en gran medida y  
55

presenta una alta disponibilidad.

5 En este caso, de manera alternativa o adicional, la(s) máquina(s) eléctrica(s) también puede(n) estar configurada(s) de tal manera que puede(n) accionarse como generador. Con ello, es posible una utilización de la turbomáquina, a modo de ejemplo, como turbina en una central mareomotriz o una central hidráulica de flujo subacuático. En el caso de dos o más máquinas eléctricas accionadas como generadores, por una pendiente específica de las máquinas eléctricas puede desviarse de manera específica un flujo, originado por una o varias primeras unidades de máquina, del fluido que se aparta de la dirección de corriente principal, por una o varias segundas unidades de máquina y convertirse en par absorbible.

10 De acuerdo con una configuración especialmente ventajosa de la invención, la salida de par de las máquinas eléctricas accionadas como motor eléctrico o la absorción de par de las máquinas eléctricas accionadas como generador pueden controlarse independientemente entre sí. Con ello, es posible adaptar la turbomáquina a distintas condiciones límite fluidicas y ajustar específicamente un tipo de funcionamiento deseado de la turbomáquina (por ejemplo, con empuje optimizado, con velocidad optimizada, con consumo optimizado, con insonorización optimizada).

15 Ventajosamente, la turbomáquina comprende un equipo de control para controlar las salidas de par o absorciones de par de las máquinas eléctricas de tal manera que los pares emitidos por las máquinas eléctricas están en una relación predeterminada entre sí. Las relaciones de par de este tipo pueden estar almacenadas, por ejemplo, dependiendo de las condiciones límite fluidicas como, por ejemplo, la velocidad de flujo del fluido u otros parámetros (como, por ejemplo, el tipo de funcionamiento deseado), en forma de curvas características en el equipo de control.

20 Para controlar las salidas de par o las absorciones de par, cada una de las máquinas eléctricas puede estar unida eléctricamente a respectivamente un convertidor de potencia para la alimentación eléctrica o el suministro de corriente. Mediante un convertidor de potencia se puede controlar de manera sencilla y fiable la corriente suministrada o descargada a una máquina eléctrica y, por lo tanto, el par emitido o absorbido por la máquina eléctrica.

25 El equipo de control puede controlar entonces la relación de los pares por el control o regulación de las intensidades de corriente a las que se exponen las máquinas eléctricas o que se emiten por las máquinas eléctricas.

Preferentemente, la relación de los pares aplicados o emitidos es modificable durante el funcionamiento de la turbomáquina. Por lo tanto, la turbomáquina puede adaptarse óptimamente a las condiciones límite fluidicas respectivamente predominantes en el funcionamiento o al tipo de funcionamiento deseado.

30 Preferentemente, las paletas o aletas del rotor de la segunda unidad de máquina tienen un perfil con simetría de espejo respecto a las paletas o aletas del rotor de la primera unidad de máquina. Por lo tanto, para la primera y segunda unidad de máquina pueden emplearse rotores idénticos que, girados entre sí exactamente 180°, es decir, dorso en dorso, están dispuestos en el canal uno detrás de otro en dirección de corriente. En el caso de un accionamiento por motor de las dos máquinas eléctricas, puede obtenerse de manera sencilla entonces una compensación del par óptima y, por lo tanto, un flujo de salida con mínimo momento angular por que las dos máquinas eléctricas se accionan con un par respectivamente idéntico. A su vez, esto es posible de manera sencilla por que las dos máquinas eléctricas se accionan con intensidades de corriente respectivamente idénticas. Cuando los perfiles y/o las pendientes de las paletas o aletas son distintos, se necesita para una óptima compensación del par de un funcionamiento de las máquinas eléctricas con correspondientemente distintos pares o intensidades de corriente.

45 En este caso, una turbomáquina de acuerdo con la invención también puede comprender varios niveles de máquina consecutivos con respectivamente al menos una primera y segunda unidad de máquina anteriormente descritas, estando dispuestos los rotores de niveles de máquina consecutivos uno detrás de otro en el canal en la dirección de corriente principal del fluido. Por lo tanto, una turbomáquina puede estar conformada según el requisito de rendimiento y/o condiciones límite fluidicas de manera modular a partir de varios niveles de máquina estandarizados. En el caso de una asociación de este tipo de unidades de máquina, pueden usarse algunas unidades o niveles de máquina para la salida o absorción de par y otros para la compensación del par y, por lo tanto, posibilitarse una manera de funcionamiento óptima (por ejemplo, con empuje optimizado, con velocidad optimizada, con insonorización optimizada).

50 Un procedimiento de acuerdo con la invención para el funcionamiento de una turbomáquina descrita anteriormente se caracteriza por que un flujo de salida, originado por el rotor de la primera unidad de máquina, del fluido que se aparta de la dirección de corriente principal, se desvía por el rotor de la segunda unidad de máquina al menos parcialmente de nuevo a la dirección de corriente principal.

A este respecto, por una parte, es posible que se accionen todas las máquinas eléctricas simultáneamente como

motores eléctricos o simultáneamente como generadores, desviándose entonces por el primer motor eléctrico o generador (y, dado el caso, otros primeros motores eléctricos o generadores) componentes de flujo generados que se apartan de la dirección de corriente principal por un segundo motor eléctrico o generador (y, dado el caso, otros segundos motores eléctricos o generadores) de nuevo a la dirección de corriente principal.

5 Pero, por otra parte, también es posible que se accione simultáneamente una primera máquina eléctrica (y, dado el caso, otras primeras máquinas eléctricas) como motor eléctrico y una segunda máquina eléctrica (y, dado el caso, otras segundas máquinas eléctricas) para la recuperación de energía y desviación de flujo como generador que se acciona por el fluido que fluye (o como un motor eléctrico accionado en modo generador con efecto de frenado).

10 Puesto que una turbomáquina de acuerdo con la invención se caracteriza por una alta eficiencia, robustez, escasas emisiones de ruido y de sonido propagado por estructuras sólidas, un peso relativamente escaso y buenas propiedades de cavitación, es apropiada especialmente como equipo de propulsión para equipos flotantes y sumergibles, especialmente para carenas.

15 Además, estas ventajas también hacen una turbomáquina de acuerdo con la invención especialmente adecuada para el uso en un dispositivo de accionamiento torsionable horizontal y/o verticalmente o como dispositivo de accionamiento de chorro transversal de un equipo flotante o sumergible, especialmente de un barco. En este caso, una torsionabilidad vertical y horizontal es posible, por ejemplo, mediante una suspensión cardánica. A causa de su estructura relativamente sencilla, un dispositivo de accionamiento de este tipo también puede estar conformado a partir de un casco de barco de manera insertable y extensible y/o que pueda girarse 360°.

20 Una turbomáquina de acuerdo con la invención también es especialmente muy apropiada a causa de las ventajas anteriormente mencionadas para el uso en un dispositivo de accionamiento de chorro de agua («water jet») o de chorro axial de un equipo flotante o sumergible, especialmente de un barco.

Adicionalmente, una turbomáquina de acuerdo con la invención también puede usarse como una bomba, como un ventilador o como un compresor, surtiendo efecto aquí también su alta eficiencia, su robustez y sus escasas emisiones de ruido y de sonido propagado por estructuras sólidas.

25 De manera especialmente ventajosa, una turbomáquina de acuerdo con la invención puede usarse como una turbina, a causa de su robustez especialmente en una central hidráulica de flujo subacuático o una central mareomotriz, especialmente en el fondo del mar. Sin embargo, una turbina de este tipo también puede aprovecharse para la generación de corriente en equipos flotantes o sumergibles.

30 La invención así como otras configuraciones ventajosas de la invención de acuerdo con las características de las reivindicaciones secundarias se explican con más detalle a continuación mediante ejemplos de realización en las figuras; en estas muestran:

- FIG. 1 una sección longitudinal parcial a través de una turbomáquina con una unidad de máquina eléctrica y una no eléctrica,
- FIG. 2 una sección longitudinal parcial a través de una turbomáquina con dos unidades de máquina eléctricas,
- 35 FIG. 3 una sección longitudinal parcial a través de una turbomáquina con tres niveles con respectivamente dos unidades de máquina,
- FIG. 4 un diagrama esquemático de una turbomáquina y de los componentes para controlar su salida o absorción de par,
- FIG. 5 un uso de una turbomáquina de acuerdo con la invención en una carena y
- 40 FIG. 6 un uso de varias turbomáquinas de acuerdo con la invención en una carena.

La FIG. 1 muestra una sección longitudinal a través de una turbomáquina 1 de acuerdo con la invención con una carcasa 2 que conforma un canal 3 tubular para un flujo de un fluido. El fluido fluye a través de una abertura de entrada 4 en el canal 3, lo inunda en una dirección de corriente principal 5 y abandona el canal 3 a través de una abertura de salida 6.

45 La turbomáquina 1 comprende dos unidades de máquina 10, 11 con respectivamente un rotor 20 que está conformado como cilindro hueco y, por lo tanto, en forma anular con un lado interior anular 21 y un lado exterior anular 22, estando dispuestas en el lado interior anular 21 del rotor 20 paletas o aletas 23. En este caso, por el lado exterior anular se entiende el lado del rotor que está definido por la superficie límite radialmente exterior del rotor 20 y por el lado interior anular se entiende el lado del rotor 20 que está definido por la superficie límite radialmente interior del rotor 20.

50 Los rotores 20 de las dos unidades de máquina 10, 11 están dispuestos uno detrás de otro coaxialmente en el canal 3 en dirección de corriente del fluido y están colocados en la carcasa 2 de manera giratoria alrededor de un eje giratorio 25 común con su respectivo lado exterior anular 22 mediante cojinetes 24 independientemente entre sí en la

misma dirección y en dirección opuesta entre sí. Sin embargo, en principio, el almacenamiento también puede realizarse mediante cojinetes que se encuentran sobre el lado interior anular o en uno o los dos lados frontales del rotor anular. En este caso, la dirección de corriente principal 5 discurre en dirección de los ejes giratorios 25 de los rotores 20. Como cojinetes se emplean preferentemente cojinetes de deslizamiento.

5 Las paletas o aletas 23 dispuestas en su lado interior anular 21 orientadas hacia el interior en dirección del eje giratorio 25 y distribuidas de manera homogénea en dirección circunferencial del rotor 20 rotan con el rotor 20 y están fijadas en el rotor 20 preferentemente en dispositivos de fijación estandarizados de manera desmontable para poder intercambiarse. En este caso, las paletas o aletas 23 pueden presentar, por ejemplo, una forma axial o semiaxial. El rotor 20 puede conformar, por ejemplo, un rodete con las paletas o aletas 23 fijadas a este. En el caso  
10 de la unidad de máquina 10, cuyo rotor 20 está dispuesto primero en la dirección de corriente principal 5 del fluido, sobre el lado exterior anular 22 del rotor 20 está dispuesto un sistema de excitación 26. En este caso, puede tratarse de una disposición de imanes permanentes o de una disposición de devanado, que está dispuesta de manera distribuida en dirección circunferencial del rotor 20 sobre su lado exterior anular 22.

15 La unidad de máquina 10 comprende además un estátor 30 con un sistema de excitación 31 en el lado del estátor, estando dispuesto el estátor 30 de tal manera que el sistema de excitación 31 en el lado del estátor y el sistema de excitación 26 en el lado del rotor interactúan electromagnéticamente, de manera que el estátor 30 forma una máquina eléctrica 40 con el rotor 20.

20 En el caso de la unidad de máquina 11, cuyo rotor 20 está dispuesto primero en la dirección de corriente principal 5 del fluido tras la unidad de máquina 10 dispuesta primero, sobre el lado exterior anular 22 no está dispuesto ningún sistema de excitación, sino que su rotor 20 está colocado en la carcasa 2 de manera que puede girar libremente alrededor del eje giratorio 25 mediante cojinetes 24 al menos para la compensación parcial del momento angular del efluente de la primera unidad de máquina 10.

25 La turbomáquina 1 está realizada don especialmente baja resistencia para el fluido que fluye por el canal 3. Para ello, las unidades de máquina 10, 11 están exentas de un componente que discurra a través de este a lo largo del eje giratorio 25 de su respectivo rotor 20. Además, los estatores 30 de las unidades de máquina 10, 11 están integrados en la carcasa 2 de la turbomáquina. Además, los rotores 20 anulares están conformados de tal manera que el diámetro del lado interior anular corresponde al diámetro del canal 3 directamente delante del respectivo rotor 20. Para ello, el rotor 20 anular está dispuesto de manera enterrada en la carcasa 2 o forma con su lado interior anular 21 la superficie límite exterior del canal 3 en el área del rotor 20, alineándose esta superficie límite exterior  
30 con la superficie límite exterior adyacente formada por la carcasa 2. Por lo tanto, los propios rotores 20 anulares no representan ninguna resistencia al flujo para el fluido más allá de la fricción de pared.

35 Durante el funcionamiento de la turbomáquina 1, uno de los componentes de flujo del fluido que se apartan de la dirección de corriente principal 5 generados en el efluente por el rotor 20 de la unidad de máquina 10 dispuesta primero en dirección de corriente principal 5 del fluido se desvía por el rotor 20, que gira libremente en la función de una corona directriz de Grim'sche, de la siguiente unidad de máquina 11 al menos parcialmente de nuevo a la dirección de corriente principal 5 del fluido. Por lo tanto, en el caso de un accionamiento por motor de la máquina eléctrica 40 de la primera unidad de máquina 10, un momento angular del efluente puede convertirse en empuje adicional. En el caso de un accionamiento por generador de la máquina eléctrica 40 de la primera unidad de máquina 10, un momento angular del efluente puede convertirse en par adicionalmente absorbible. Para cumplir la  
40 función de una corona directriz de Grim'sche, las aletas 23 están conformadas como una rueda combinada de turbina y de hélice. Para ello, la parte interior de las aletas 23 está conformada como un álabe de turbina y la parte exterior de las aletas 23 está conformada como una aleta de hélice.

45 Una turbomáquina 50 representada en la FIG. 2 se diferencia de la turbomáquina 1 representada en la FIG. 1 por que ahora, en el caso de las dos unidades de máquina 10, 11, sobre el lado exterior anular 22 de los rotores 20 está dispuesto respectivamente un sistema de excitación 26, comprendiendo las unidades de máquina 10, 11 respectivamente un estátor 30 con un sistema de excitación 31 en el lado del estátor, que está dispuesto de tal manera que el sistema de excitación 31 en el lado del estátor y el sistema de excitación 26 en el lado del rotor interactúan electromagnéticamente, de manera que el estátor 30 forma una máquina eléctrica 40 con el rotor 20 de la respectiva unidad de máquina 10, 11.

50 Durante el funcionamiento de la turbomáquina 50, el momento angular del fluido generado por el rotor 20 de la unidad de máquina 10 dispuesta primero en dirección de corriente principal 5 del fluido se desvía por el rotor 20 de la siguiente unidad de máquina 11 específicamente al menos parcialmente de nuevo a la dirección de corriente principal 5 del fluido. Por lo tanto, en el caso de un accionamiento por motor de la máquina eléctrica 40 de la primera unidad de máquina 10, el momento angular puede convertirse en empuje adicional. En el caso de un accionamiento  
55 por generador de la máquina eléctrica 40 de la primera unidad de máquina 10, el momento angular puede convertirse en par adicionalmente absorbible.

A este respecto, por una parte, es posible que se accionen simultáneamente las dos máquinas eléctricas 40 como motores eléctricos o simultáneamente como generadores, desviándose entonces componentes de flujo que se apartan de la dirección de corriente principal 5 generados por el rotor de la primera unidad de máquina 10 por el rotor de la segunda unidad de máquina 11 de nuevo a la dirección de corriente principal 5.

- 5 Pero, por otra parte, también es posible que se accionen simultáneamente la máquina eléctrica 40 de la primera unidad de máquina 10 como motor eléctrico y la máquina eléctrica 40 de la segunda unidad de máquina 11 para la recuperación de energía y desviación de flujo como generador que se acciona por el fluido que fluye.

10 En este caso, las dos máquinas eléctricas 40 también pueden estar diseñadas con distintas potencias. Por ejemplo, una de estas puede estar diseñada con una potencia considerablemente mayor que la otra. La máquina eléctrica de menor potencia puede servir entonces, por ejemplo, como accionamiento menor para frenar el rotor asignado que, durante el funcionamiento de la turbomáquina, no gira con ningún par de accionamiento o solo con escaso par de accionamiento en el flujo del fluido. Con ello, el rotor de la unidad de máquina con menor potencia eléctrica, por ejemplo, sin la configuración especialmente necesaria de manera habitual para una corona directriz de Grim'sche, puede accionar las paletas o aletas 23 con solo un par de accionamiento muy pequeño como una corona directriz de Grim'sche. En este caso, la unidad de máquina con menor potencia eléctrica puede estar dispuesta en dirección de corriente 5 del fluido tanto delante como detrás de la unidad de máquina con mayor potencia eléctrica.

20 A este respecto, en principio, una turbomáquina 1 o 50 de acuerdo con la FIG. 1 o 2 puede estar conformada según el requisito de rendimiento y/o condiciones límite fluídicas de manera modular a partir de un número de unidades de máquina 10, 11 estandarizadas dispuestas una detrás de otra en dirección de corriente del fluido, pudiendo ser el número total de unidades de máquina 10, 11 de la turbomáquina 1, 50 par o también impar. En principio (como se muestra en la FIG. 3), una turbomáquina 60 también puede comprender varios niveles de máquina consecutivos 60, 61, 62 con respectivamente dos o varias unidades de máquina 10, 11 de acuerdo con la FIG. 1 y 2, estando dispuestos los rotores 20 de niveles de máquina consecutivos 60, 61, 62 uno detrás de otro, y preferentemente de manera giratoria alrededor del mismo eje 25, en el canal 3 en la dirección de corriente principal 5 del fluido.

25 Las máquinas eléctricas 40 mostradas en las FIG. 1, 2 y 3 pueden estar conformadas de tal manera que pueden accionarse como motor eléctrico. Las máquinas eléctricas 40 también pueden estar conformadas de tal manera que pueden accionarse como generador. Preferentemente, las máquinas eléctricas 40 están conformadas de tal manera que pueden accionarse como motor eléctrico y también como generador. Con ello, la turbomáquina es especialmente adecuada, por ejemplo, para la aplicación en centrales hidroeléctricas de acumulación por bombeo.

30 En este caso, la salida de par de las máquinas eléctricas accionadas como motor eléctrico o la absorción de par de las máquinas eléctricas 40 accionadas como generador puede controlarse independientemente entre sí. Con ello, es posible adaptar la turbomáquina a distintas condiciones límite fluídicas y ajustar específicamente un tipo de funcionamiento deseado de la turbomáquina (por ejemplo, con empuje optimizado, con velocidad optimizada, con consumo optimizado, con insonorización optimizada).

35 Como muestra la FIG. 4 para el caso de la turbomáquina 50 de la FIG. 2, en el caso de que una turbomáquina comprenda dos o más máquinas eléctricas 40, un equipo de control 51 sirve para controlar las salidas de par o las absorciones de par de las máquinas eléctricas 40 de tal manera que los pares emitidos o absorbidos por las máquinas eléctricas 40 están en una relación predeterminada entre sí, especialmente por la dinámica de fluidos.

40 Para controlar las salidas de par o las absorciones de par, cada una de las máquinas eléctricas 40 está unida eléctricamente a respectivamente un convertidor de potencia 52. Durante el accionamiento por motor, cada una de las máquinas eléctricas 40 se alimenta con corriente eléctrica a través del respectivo convertidor de potencia 52 por una fuente de energía 53 o un acumulador de energía. Durante el accionamiento por generador, cada una de las máquinas eléctricas 40 alimenta corriente eléctrica a través del respectivo convertidor de potencia 52 a una carga eléctrica 54 o un acumulador de energía.

45 El equipo de control 51 controla los pares y, por lo tanto, también la relación de los pares por el control de las intensidades de corriente a las que se exponen las máquinas eléctricas 40 o que se emiten por las máquinas eléctricas 40. El equipo de control 51 detecta estas intensidades de corriente a través de líneas de señal 55 y controla el convertidor de potencia 52 a través de cables de control 56.

50 Por lo tanto, la relación de los pares aplicados o emitidos por las máquinas eléctricas 40 es modificable durante el funcionamiento de la turbomáquina. Por lo tanto, la relación de las condiciones límite fluídicas y otros parámetros como, por ejemplo, un tipo de funcionamiento deseado de la turbomáquina (por ejemplo, con empuje optimizado, con velocidad optimizada, con consumo optimizado, con insonorización optimizada), puede adaptarse y ajustarse un punto de funcionamiento deseado de la turbomáquina. Para determinar la relación del par, en el equipo de control 51 están almacenados curvas características o juegos de datos que describen la dependencia de la relación del par por las condiciones límite fluídicas y los parámetros de funcionamiento (por ejemplo, tipo de funcionamiento deseado).

55 Otra adaptación de la máquina a condiciones límite fluídicas modificadas es posible por que la pendiente de las

paletas es modificable.

5 Las paletas o aletas 23 del rotor 20 de la segunda unidad de máquina 11 presentan preferentemente una pendiente con simetría de espejo y un perfil de simetría de espejo respecto a las paletas o aletas 23 del rotor 20 de la primera unidad de máquina 10. Por lo tanto, para la primera y segunda unidad de máquina 10, 11 pueden emplearse  
10 rotores 20 idénticos que, girados entre sí exactamente 180°, es decir, dorso en dorso, están dispuestos en el canal 6 uno detrás de otro en dirección de corriente 5. En el caso de un accionamiento por motor de las dos máquinas eléctricas 40, puede obtenerse de manera sencilla entonces una compensación del par óptima y, por lo tanto, un flujo de salida con mínimo momento angular por que las dos máquinas eléctricas 40 se accionan con un par respectivamente idéntico. A su vez, esto es posible de manera sencilla por que las dos máquinas eléctricas 40 se  
10 accionan con intensidades de corriente respectivamente idénticas. Cuando los perfiles y/o las pendientes de las paletas o aletas 23 de los dos rotores 20 son distintos, se necesita para una óptima compensación del par de un funcionamiento de las máquinas eléctricas con correspondientemente distintos pares o intensidades de corriente.

15 La FIG. 5 muestra una carena 70 en la que se usa una turbomáquina 50 de acuerdo con la FIG. 2 como equipo de propulsión 71 en la popa 72 de la carena. A este respecto, la turbomáquina 50 está fijada a través de soportes de máquina 73 a la popa de la carena 70. Puesto que en el caso de la turbomáquina 50 las paletas del rotor están rodeadas por una carcasa, el accionamiento se caracteriza por una generación de ruido especialmente baja, lo cual suele ser importante especialmente para carenas. A este respecto, la alimentación de corriente a las máquinas eléctricas puede realizarse a través de soportes de máquina 73.

20 A bordo de la carena 70 se encuentran uno o varios generadores no representados en detalle u otras fuentes de corriente o acumuladores de energía como, por ejemplo, baterías y/o celdas de combustible, que abastecen de corriente a las máquinas eléctricas accionadas como motor eléctrico de la turbomáquina 50.

25 La FIG. 6 muestra una representación de sección longitudinal de un buque militar 80 en la que se usa una primera turbomáquina 50 de acuerdo con la FIG. 2 con gran potencia en un dispositivo de accionamiento 81 torsionable horizontalmente en la popa 82 del barco. En este caso, la turbomáquina está fijada sin posibilidad de giro en un vástago 83 que está colocado de manera que puede girar horizontalmente en el barco 80.

Sin embargo, en principio, también puede usarse una turbomáquina 50 en un dispositivo de accionamiento torsionable adicionalmente de manera vertical o no torsionable en absoluto en la popa de un barco.

30 Además, en el caso del barco 80, se usa una turbomáquina 50 que consta de cuatro unidades de máquina 10, 11 de acuerdo con la FIG. 2 con gran potencia en un dispositivo de accionamiento de chorro axial 84. También puede realizarse un dispositivo de accionamiento de chorro de agua con una salida de corriente por encima de la línea de flotación.

Además, se usa una turbomáquina 50 de menor potencia que consta de dos unidades de máquina 10, 11 de acuerdo con la FIG. 2 en un dispositivo de accionamiento de timón de chorro transversal 86 dispuesto en la proa 85 del barco 80.

35 A bordo del barco 80 se encuentran uno o varios generadores que abastecen de corriente a las máquinas eléctricas accionadas como motor eléctrico de las turbomáquinas 50.

40 Para el tipo de barco «corbeta» representado a modo de ejemplo con su desplazamiento estándar de aproximadamente 2000 toneladas y una velocidad máxima supuesta por encima de 35 nudos, en la forma de realización representada el accionamiento consta de dos dispositivos de accionamiento 81 torsionables horizontalmente y dos dispositivos de accionamiento de chorro axial 84.



**REIVINDICACIONES**

1. Turbomáquina (1, 50) con

- una carcasa (2), que conforma un canal (3) para un flujo de un fluido por el canal (3) en una dirección de corriente principal (5) desde una entrada (4) a una salida (6) del canal (3),
- al menos una primera y al menos una segunda unidad de máquina (10 u 11), que están dispuestas una detrás de otra en el canal (3) en la dirección de corriente principal (5) del fluido, presentando cada una de las unidades de máquina (10 u 11) respectivamente un rotor (20) que está conformado con forma anular con un lado interior anular (21) y un lado exterior anular (22), estando dispuestas en el lado interior anular (21) del rotor (20) paletas o aletas (23), y en la que
- los rotores (20) de las unidades de máquina (10, 11) están colocados de manera giratoria en la carcasa (2) en la misma dirección y en dirección opuesta entre sí, en la que
- sobre el rotor (20) de la primera unidad de máquina (10) está dispuesto un sistema de excitación (26),
- la primera unidad de máquina (10) comprende un estátor (30) que está dispuesto de manera anular alrededor del rotor (20) de la primera unidad de máquina (10) de tal manera que forma una máquina eléctrica (40) con el rotor (20) y el sistema de excitación (26) dispuesto encima, y en la que
- el rotor (20) de la segunda unidad de máquina (11) es giratorio independientemente del rotor (20) de la primera unidad de máquina (10) para desviar un flujo de salida, originado por el rotor (20) de la primera unidad de máquina (10), del fluido que se aparta de la dirección de corriente principal (5), al menos parcialmente de nuevo a la dirección de corriente principal (5),

**caracterizada por que** las unidades de máquina (10, 11) no presentan ningún árbol de rotor central, de manera que están exentas de un componente que discorra a través de este a lo largo del eje giratorio (25) de su respectivo rotor (20).

2. Turbomáquina (1, 50) según la reivindicación 1, **caracterizada por que** sobre el rotor (20) de la segunda unidad de máquina (11) no está dispuesto ningún sistema de excitación y por que el rotor (20) está colocado en la carcasa (2) de manera que puede girar libremente en la misma dirección que el rotor (20) de la primera unidad de máquina (10) y puede accionarse por un fluido que fluye.

3. Turbomáquina (1, 50) según la reivindicación 1, **caracterizada por que** sobre el rotor (20) de la segunda unidad de máquina (11) está dispuesto un sistema de excitación (26), comprendiendo la segunda unidad de máquina (11) un estátor (30) que está dispuesto de manera anular alrededor del rotor (20) de la segunda unidad de máquina (11) de tal manera que forma una máquina eléctrica (40) con el rotor (20) y el sistema de excitación (26) dispuesto encima, y presentando las paletas o aletas (23) del rotor (20) de la segunda unidad de máquina (11) una pendiente distinta, preferentemente con simetría de espejo, respecto a las paletas o aletas (23) del rotor (20) de la primera unidad de máquina (10).

4. Turbomáquina (1, 50) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** los estatores (30) de las unidades de máquina (10, 11) están integrados en la carcasa (2).

5. Turbomáquina (1, 50) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** las pendientes de las paletas o aletas (23) de los rotores (20) son modificables.

6. Turbomáquina (1, 50) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la(s) máquina(s) electrónica(s) (40) está(n) conformada(s) de tal manera que puede(n) accionarse como motor eléctrico y/o generador.

7. Turbomáquina (1, 50) según la reivindicación 6, **caracterizada por que** la salida de par de las máquinas eléctricas (40) accionadas como motor eléctrico o la absorción de par de las máquinas eléctricas (40) accionadas como generador puede controlarse independientemente entre sí.

8. Turbomáquina (1, 50) según la reivindicación 7, **caracterizada por** un equipo de control (51) para controlar las salidas de par o las absorciones de par de las máquinas eléctricas (40) de tal manera que los pares emitidos o absorbidos por las máquinas eléctricas (40) están en una relación predeterminada entre sí.

9. Turbomáquina (1, 50) según la reivindicación 8, **caracterizada por que**, para controlar las salidas de par o las absorciones de par, cada una de las máquinas eléctricas (40) está unida eléctricamente a respectivamente un convertidor de potencia (52) para la alimentación eléctrica o el suministro de corriente.

10. Turbomáquina (1, 50) según la reivindicación 8 o 9, **caracterizada por que** el equipo de control (51) controla la relación de los pares por el control o regulación de las intensidades de corriente a las que se exponen las máquinas eléctricas (40) o que se emiten por las máquinas eléctricas.

11. Turbomáquina (1, 50) según la reivindicación 8, 9 o 10, **caracterizada por que** la relación de los pares emitidos o absorbidos es modificable durante el funcionamiento de la turbomáquina (1, 50).
12. Turbomáquina (1, 50) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** las paletas o aletas (23) del rotor (20) de la segunda unidad de máquina (11) presentan un perfil de simetría de espejo respecto a las paletas o aletas (23) del rotor (20) de la primera unidad de máquina (10).
13. Turbomáquina (1, 50) con varios niveles de máquina consecutivos (61, 62, 63) con respectivamente al menos una primera y al menos una segunda unidad de máquina (10 u 11) según una de las reivindicaciones anteriores, estando dispuestos los rotores (20) de niveles de máquina consecutivos (61, 62, 63) uno detrás de otro en el canal (3) en la dirección de corriente principal (5) del fluido.
- 10 14. Procedimiento para el funcionamiento de una turbomáquina (1, 50, 60) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** un flujo de salida, originado por el rotor (20) de la primera unidad de máquina (10), del fluido que se aparta de la dirección de corriente principal (5) se desvía por el rotor (20) de la segunda unidad de máquina (11) al menos parcialmente de nuevo a la dirección de corriente principal (5).
- 15 15. Uso de la turbomáquina (1, 50, 60) según una de las reivindicaciones 1 a 13 como un equipo de propulsión (71) para equipos flotantes o sumergibles, especialmente carenas (70).
16. Uso de la turbomáquina (1, 50, 60) según una de las reivindicaciones 1 a 13 en un dispositivo de accionamiento (81) que puede torsionarse horizontal y/o verticalmente o en un dispositivo de accionamiento de timón de chorro transversal (86) de un equipo flotante o sumergible, especialmente de un barco (80).
- 20 17. Uso de la turbomáquina (1, 50, 60) según una de las reivindicaciones 1 a 13 en un dispositivo de accionamiento de chorro de agua o de chorro axial (84) de un equipo flotante o sumergible, especialmente de un barco (70, 80).
18. Uso de la turbomáquina (1, 50, 60) según una de las reivindicaciones 1 a 13 como una bomba, un ventilador o un compresor.
- 25 19. Uso de la turbomáquina (1, 50, 60) según una de las reivindicaciones 1 a 13 como una turbina, especialmente para la generación de corriente en un equipo flotante o sumergible o en una central hidráulica de flujo subacuático o una central mareomotriz.

FIG 1

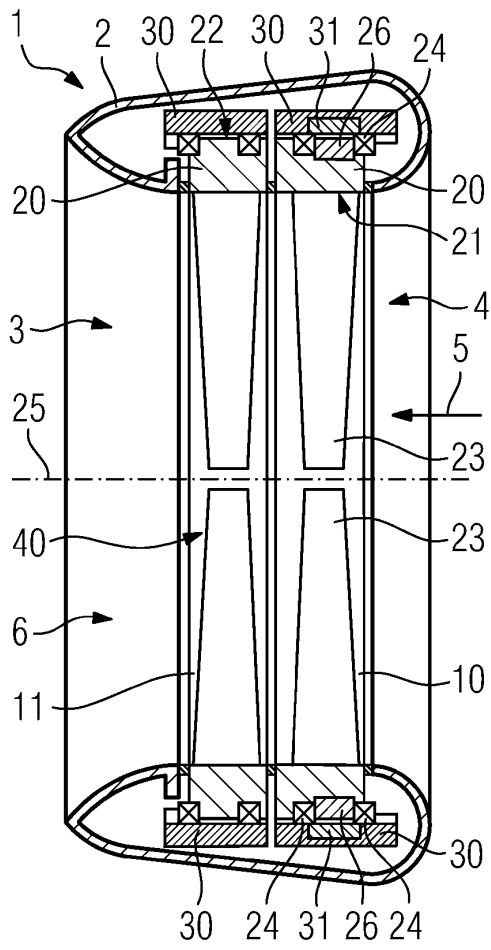


FIG 2

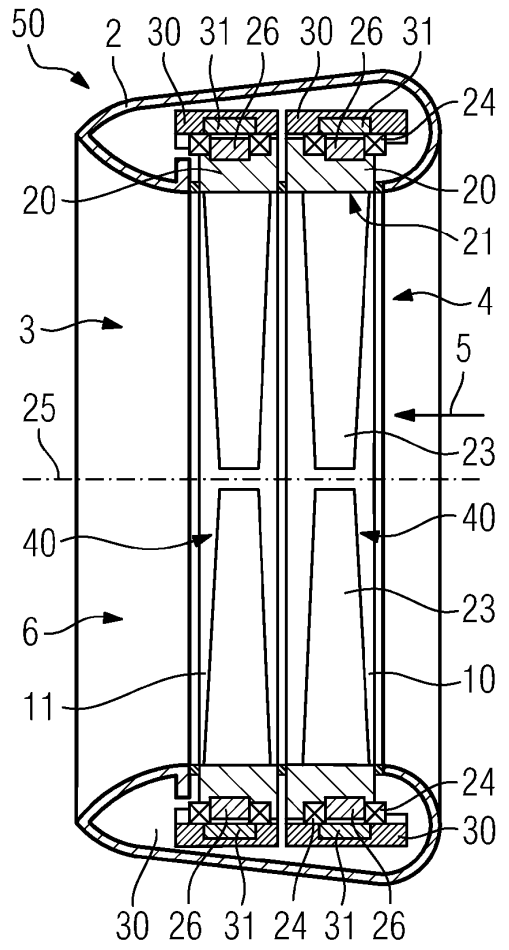


FIG 3

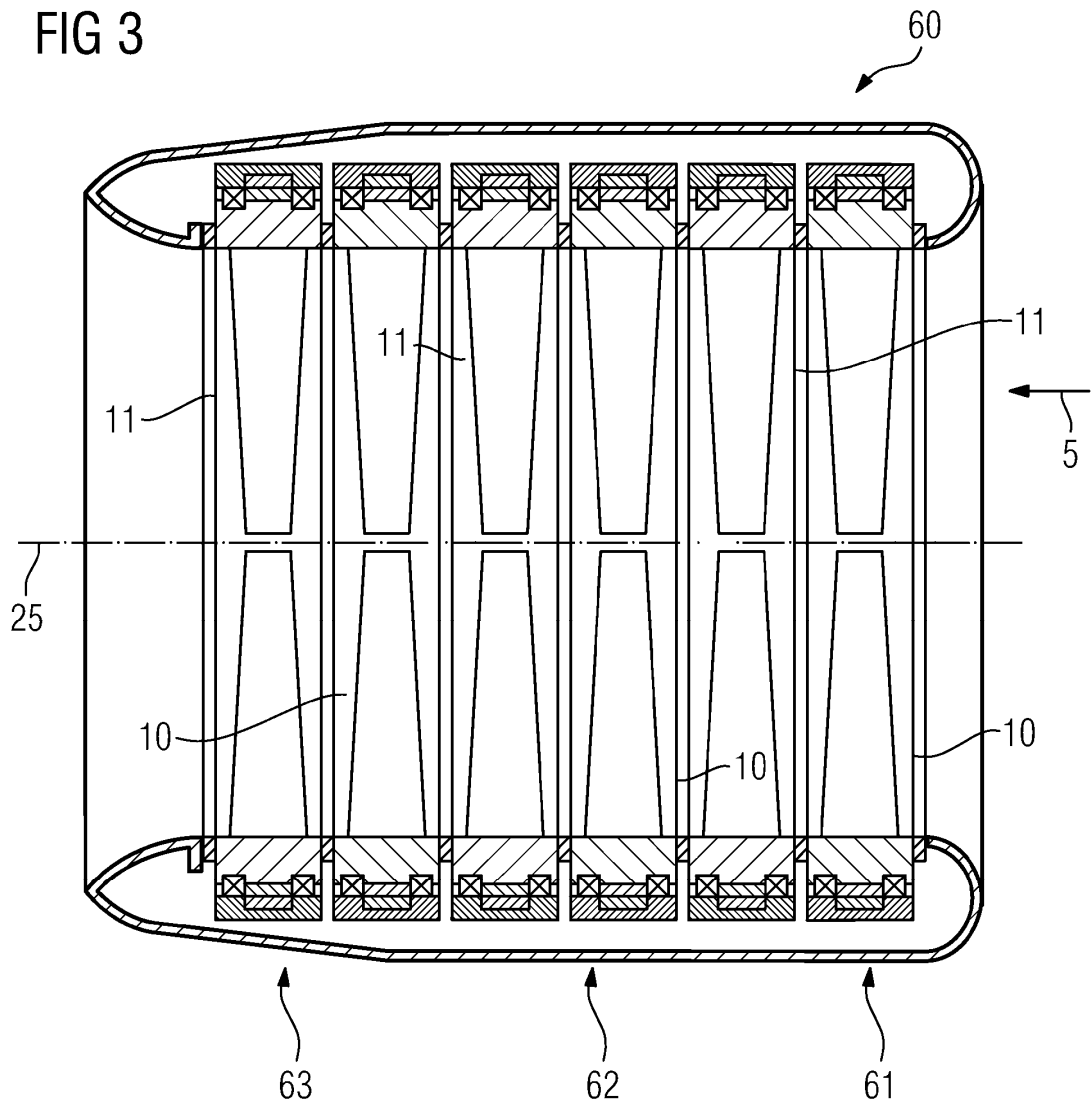


FIG 4

