

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 734 908**

51 Int. Cl.:

H02K 3/12 (2006.01)
H02K 3/14 (2006.01)
H02K 3/28 (2006.01)
H02K 7/18 (2006.01)
H02K 15/085 (2006.01)
F03D 9/25 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.06.2002** E 10156260 (1)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.04.2019** EP 2194268

54 Título: **Instalación de energía eólica con generador anular**

30 Prioridad:

31.07.2001 DE 10137270
13.09.2001 DE 10145018

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.12.2019

73 Titular/es:

WOBBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)
Borsigstrasse 26
26607 Aurich, DE

72 Inventor/es:

WOBBEN, ALOYS

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 734 908 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

Instalación de energía eólica con generador anular

5 La presente invención se refiere a un dispositivo para la fabricación de un estator de una máquina síncrona.

Un procedimiento conocido para la fabricación de devanados de estator en generadores comprende el uso de las denominadas bobinas moldeadas. Estas bobinas moldeadas son devanados individuales del devanado del estator adaptados ya en su forma a las ranuras y a las distancias entre ranuras del estator, que en primer lugar se
10 introducen individualmente en las ranuras, y a continuación se unen entre sí.

Sin embargo, las instalaciones de energía eólica están sometidas siempre durante el funcionamiento a cargas elevadas. A medida que aumenta la velocidad del viento, aumenta la potencia de la instalación de energía eólica, si bien también lo hace al mismo tiempo la carga mecánica. De ello se deriva que la solicitud de la instalación de
15 energía eólica se incrementa al mismo tiempo fundamentalmente desde el punto de vista mecánico y eléctrico. A elevadas velocidades del viento, la solicitud mecánica de la instalación es elevada, y al mismo tiempo se genera mucha electricidad, de manera que también la solicitud de los componentes eléctricos es elevada.

En particular, en este caso está especialmente solicitado el generador de la instalación de energía eólica que está
20 sometido a solicitudes mecánicas y eléctricas. A partir de esta combinación se producen problemas, si, por ejemplo, como consecuencia de corrientes eléctricas generadas elevadas, la temperatura en la región del generador es asimismo elevada, y como consecuencia de la solicitud mecánica se solicitan uniones entre los componentes individuales con oscilaciones. En caso de que por medio de la dilatación térmica se llegue a una holgura o a un aflojamiento insignificante, entonces las cargas mecánicas pueden llevar en este caso a un fallo o incluso pueden
25 provocar daños.

En caso de que esta avería se refiera al devanado del estator, o bien a una fase del mismo, entonces no tiene lugar al menos esta fase para la generación de energía. Adicionalmente se genera una carga asimétrica adicional en el generador, ya que esta fase actúa como consecuencia de la interrupción del mismo modo que en el funcionamiento
30 al ralentí. En este caso no se tienen en cuenta los daños mecánicos por medio de componentes sueltos y libremente móviles, como los manguitos de unión.

Con un estator arrollado en seis fases de un generador con 72 polos resultan 432 bobinas moldeadas, que están unidas entre sí por medio de 864 puntos de unión. Estos puntos de unión están realizados habitualmente como
35 uniones atornilladas, apretadas o soldadas.

Teniendo en cuenta las probabilidades estadísticas (que pueden ser pequeñas), a partir del elevado número de puntos de unión y de las alteraciones de carga permanentes, resulta que incluso en el caso de una fabricación cuidadosa de la unión entre las bobinas moldeadas existe en este caso una fuente de averías considerable. En este
40 caso, en las observaciones existentes sólo se tiene en cuenta un estator. El aspecto de la fabricación en serie pone de manifiesto la probabilidad real de una avería de este tipo.

Los documentos GB 2 149 595 A o US 4,318,019 A muestran un alternador de un camión o de una instalación de energía eólica, presentando respectivamente el estator un devanado ininterrumpido. El documento US 5,881,778 A
45 se refiere a un alternador de un camión, así como un procedimiento para la fabricación de este alternador.

El documento US 4,318, 019 A muestra un generador de una instalación de energía eólica.

Así pues, el objetivo de la presente invención es proporcionar un dispositivo para la fabricación de un estator de una
50 máquina síncrona, en el que al menos se reduzcan estos problemas mencionados anteriormente.

Este objetivo se alcanza con un dispositivo para la fabricación de un estator de una máquina síncrona según la reivindicación 1.

55 La máquina síncrona presenta una potencia nominal de varios cientos de kW. En el contorno interior y exterior en el estator están configuradas ranuras espaciadas unas de otras para la recepción de un devanado del estator. El devanado se enrolla de modo continuo sin interrupción. El dispositivo para la fabricación de un estator presenta un dispositivo de alojamiento para el estator, en el que se sujeta el estator de pie. El diámetro del estator es de algunos metros.

60

Para poder compensar los efectos Kelvin en los devanados individuales, los devanados se fabrican a partir de al menos dos haces de conductores, existiendo en cada haz de conductores una pluralidad de conductores aislados entre sí. Este haz de conductores se introduce en una secuencia prefijada en ranuras del estator, y la secuencia se modifica a distancias igualmente prefijadas, de manera que, de modo alternativo, cada uno de los haces de conductores es afectado por estos efectos de un modo lo más uniforme posible. Por medio de esta influencia uniforme de todos los haces de conductores de una fase se puede prescindir de medidas de compensación.

Para facilitar el manejo del estator durante la fabricación del devanado, y para crear una situación adecuada desde el punto de vista de la psicología de trabajo, el estator se sujeta en un dispositivo de alojamiento, en el que las ranuras están a una altura de trabajo adecuada para la fabricación del devanado, y permite una rotación del estator en la dirección del contorno una medida deseada. Esto se puede llevar a cabo preferentemente usando un accionamiento por motor.

Además, está previsto al menos un dispositivo portante para llevar al menos una bobina con hilo para devanado. Este dispositivo portante permite el manejo del hilo para devanado, por ejemplo, en forma de haces de conductores, cuya longitud está medida según la invención de tal manera que la fase se puede arrollar en el estator de modo continuo. La longitud requerida para ello de los haces de conductores lleva a un peso considerable que ya no se puede manejar de un modo manual.

Se manejan respectivamente dos tambores con hilo para devanado por parejas, para de esta manera poder manejar al mismo tiempo los dos haces de conductores, y un dispositivo portante lleva tres parejas de los tambores con hilo para devanado, de manera que usando un dispositivo portante de este tipo se puede arrollar un sistema de tres fases con dos haces de conductores por fases, respectivamente, en el estator.

Los tambores están dispuestos con el hilo para devanado alrededor de un eje de giro central del dispositivo portante de modo giratorio a su alrededor. Por medio de esta disposición es posible compensar una torsión de los haces de conductores producida a partir del giro del estator en el dispositivo de sujeción por medio de un giro solidario correspondiente de los tambores en los dispositivos portantes.

Otras formas de realización ventajosas de la invención están indicadas en las reivindicaciones dependientes.

A continuación se explica la invención con más detalle a partir de las figuras. Se muestra:

Fig. 1 de modo simplificado, un estator de un generador anular en un dispositivo de sujeción;

Fig. 2 una sección transversal a través de un haz de conductores;

Fig. 3a una parte de las ranuras del estator con haces de conductores insertados;

Fig. 3b una parte de las ranuras del estator con haces de conductores insertados;

Fig. 3c una construcción conocida de un devanado de estator;

Fig. 3d una construcción de un devanado de un estator;

Fig. 4 de modo simplificado, un dispositivo portante según la invención en una vista lateral;

Fig. 5 una vista frontal de un dispositivo portante; y

Fig. 6 la disposición de dispositivos portantes y de un estator para la fabricación de un devanado de estator.

En la fig. 1, el símbolo de referencia 10 designa el estator, que en el contorno interior presenta ranuras 12 que se extienden en la dirección axial. Esta es la forma de construcción más habitual de un generador. El rotor (no representado) se encuentra en el interior del estator 10. Esta forma de construcción se designa como rotor interior.

Alternativamente, las ranuras 12, en el caso de un denominado rotor exterior, en el que el rotor rodea al estator 10, pueden estar previstas en el contorno exterior del estator. Las ranuras 12 están representadas en la figura de modo aumentado. El estator 10 está sujeto en un dispositivo de sujeción 14, que está sobre el suelo, y con ello sujeta al estator 10, y en particular a las ranuras 12 a una altura que conforma una posición de trabajo adecuada desde el punto de vista de la psicología del trabajo.

Puesto que un estator 10 de este tipo de un generador anular presenta un diámetro de varios metros, y de modo correspondiente, un peso elevado, el estator 10 está alojado de modo giratorio sobre cojinetes de pivote 16, y puede ser girado, por ejemplo, en la dirección de la flecha una medida deseada, para llevar a las ranuras 12 que se han de trabajar a la posición deseada. Este giro del estator 10 se puede realizar, evidentemente, usando un motor de
5 accionamiento (no representado).

En la fig. 2 está representado un haz de conductores 20, que está formado por una pluralidad de conductores 22 individuales, que se introducen como haz en las ranuras (símbolo de referencia 12 en la fig. 1). En este caso, los conductores 22 individuales están aislados entre sí por medio de un revestimiento.

10 La conformación de haces de conductores 20 a partir de conductores 22 individuales tiene la ventaja de que estos haces de conductores no están fijos en su forma de sección transversal, sino que se pueden modificar, de manera que, por un lado, son guiados a través de una abertura de ranura relativamente estrecha, si bien por otro lado, por medio de la deformación correspondiente, pueden rellenar en la mayor medida posible la sección transversal más
15 ancha de la ranura, para conseguir un buen factor de llenado de la ranura (símbolo de referencia 12 en la fig. 1).

La fig. 3a muestra una sección desarrollada del contorno interior del estator 10. Las ranuras 12 están dispuestas en este caso de modo horizontal unas junto a otras. En las ranuras 12 están insertados los haces de conductores, que en este caso están representados de modo simplificado como haces de conductores 20 redondos. Dos de estos
20 haces de conductores 20, respectivamente, se reúnen para formar un devanado de una fase. Este está representado en la figura por medio de nervios 24 que unen respectivamente dos de los haces de conductores 20. Según esto, de modo correspondiente a la representación en esta figura, en cada ranura están introducidos dos devanados de una fase. Para una vista más sencilla, los haces de conductores individuales están numerados de abajo a arriba con números 1 – 4. Para diferenciar las fases individuales del sistema de seis fases aquí
25 representado, estas están indicadas por debajo de la ranura con los símbolos de referencia P1 – P6.

En la figura se puede reconocer fácilmente que los haces de conductores 1 y 2 conforman en todo momento el primer devanado, mientras que los haces de conductores 3 y 4 conforman en todo momento el segundo devanado, que está introducido en la ranura 12 correspondiente.

30 En la fig. 3a, comenzando con la observación a la izquierda, están representadas las fases P1 – P6 una junto a otra en orden ascendente, y la secuencia de los haces de conductores está indicada por medio de los símbolos de referencia 4, 3, 2, 1. Después de la ranura 12 con la fase P6 se vuelve a repetir esta secuencia de fases empezando de nuevo con P1. En la segunda ranura 12 representada en esta figura con la fase P5 se modifica ahora el orden de
35 los haces de conductores 20. El primer devanado dispuesto abajo en la ranura 12 sigue estando formado, ciertamente, por los haces de conductores 1 y 2, si bien estos están intercambiados en su orden. Del mismo modo, el segundo devanado sigue estando formado por los haces de conductores 20 designados con los números 3 y 4, si bien estos están intercambiados en su orden, igualmente. La fase P6 dispuesta junto a ellos vuelve a presentar la secuencia ya conocida de los haces de conductores.

40 En la parte derecha de esta figura se vuelven a representar las fases P1 – P6. Adicionalmente a la inversión de los haces de conductores 20 designados con 1 y 2 o bien con 3 y 4 de la fase P5, en este caso, los haces de conductores de la fase P3 están representados intercambiados, asimismo. Evidentemente, los haces de conductores 20 designados con 1 y 2 conforman el primer devanado, y los haces de conductores 20 designados con 3 y 4
45 conforman el segundo devanado de esta fase, si bien en el interior del devanado está intercambiada de nuevo la posición de los haces de conductores.

La razón para esta inversión se puede reconocer cuando se pone de manifiesto que las líneas de campo magnéticas no sólo se extienden en la dirección longitudinal de los lados 26 que limitan lateralmente las ranuras 12, sino
50 también a través de las ranuras entre dos lados 26 con diferente polaridad. Gracias a ello se produce un efecto Kelvin en los haces de conductores 20 individuales dependiendo de su posición en la ranura 12.

En caso de que se intercambie ahora la posición de los haces de conductores en distancias determinadas, los dos haces de conductores 20 de un devanado son sometidos correspondientemente de modo alternativo a este efecto,
55 de manera que eligiendo de un modo adecuado la posición de intercambio y la frecuencia, los dos haces de conductores 20 de una fase están sometidos a este efecto aproximadamente de un modo uniforme, de manera que no fluyen las corrientes de compensación significativas que resultan de una sollicitación no uniforme, y con ello se puede entregar la máxima corriente posible por parte del generador.

60 La fig. 3b muestra, así pues, la representación de las ranuras del estator con devanados de estator o conductores

del estator introducidos en su interior, pudiéndose reconocer que las ranuras del estator están rellenas en su mayor parte con los devanados, y pudiéndose reconocer también la dirección de flujo de corriente en los conductores (punta de la flecha, cruz de la flecha). Adicionalmente, la disposición de las fases está modificada respecto a la fig. 3a, para poner también de manifiesto el cambio en el sentido de arrollado. Sin embargo, la representación según la fig. 3b también pone de manifiesto que más del 80%, preferentemente más del 95%, del espacio total de la ranura del estator está relleno con devanados, y con ello la proporción de aire en la ranura del estator es extraordinariamente reducida.

La fig. 3c muestra una parte de un devanado fabricado de modo convencional, si bien sin la representación del estator y de las ranuras en las que está introducido el devanado. El devanado está formado en este caso a partir de bobinas moldeadas 40, que presentan dos espiras. Estas espiras 41, 42 están representada desplazadas entre sí para poder ser reconocidas más fácilmente. En la ranura (no representada en esta figura), estas están dispuestas, evidentemente, exactamente una sobre otra.

Están representadas tres bobinas moldeadas 40 de una fase. La distancia se deriva del hecho de que entre las bobinas moldeadas de esta fase están dispuestas de modo alternativo bobinas moldeadas del resto de fases del estator, si bien no están representadas en la figura. La unión de las bobinas moldeadas 40 de una fase entre sí se puede llevar a cabo por medio de uniones soldadas o bien por medio de uniones atornilladas-apretadas u otras técnicas similares.

Estas uniones representadas en la fig. 3c son fuentes potenciales de averías.

La fig. 3d muestra la realización conforme a la invención de una fase arrollada de modo continuo. También en este caso está representada de nuevo una parte del devanado de una fase de modo correspondiente a la representación de la fig. 3b. En este caso, las espiras 41, 42 individuales están representadas asimismo desplazadas entre sí para poner de manifiesto el tipo de realización.

En esta forma de realización se puede reconocer rápidamente que las transiciones representadas como fuentes potenciales de averías en la fig. 3b están eliminadas en esta invención. De este modo ya no se puede producir una interrupción en las transiciones entre las secciones de devanado individuales.

La fig. 4 muestra un dispositivo portante 30 para los haces de conductores usados como hilos para devanado en la vista lateral. Un armazón de base 31 en forma de L ocasiona una posición segura de todo el dispositivo 30 portante. Una placa portante 32 está unida por medio de un cojinete de pivote 33 con el armazón de base 31. En la placa portante 32 están fijados brazos portantes 34 que recorren desde el centro de la placa portante 32 una sección prefijada hacia la periferia de la placa portante 32, y se extienden una longitud prefijada fundamentalmente de modo horizontal desde la placa portante 32.

En estas secciones que se extienden de modo horizontal de los brazos portantes 34 están fijados de modo giratorio tambores 36 con los haces de conductores usados como hilo para devanado.

Entre la sección vertical que se extiende paralela a la placa portante 32 del brazo portante 34 y su sección que se extiende horizontalmente está previsto un cojinete de pivote (no representado). Este cojinete de pivote actúa conjuntamente con un accionamiento 35, y permite un giro de la sección horizontal del brazo portante 34 alrededor de su eje longitudinal conjuntamente con los tambores 36 dispuestos en él. Gracias a ello se puede actuar contra una torsión que se genera al arrollar el devanado del estator entre los haces de conductores de este devanado.

La fig. 5 muestra una vista frontal de este dispositivo portante 30. Aquí se representa un armazón de base 31 que se estrecha desde la base hacia la punta. Para incrementar la estabilidad están previstos dos travesaños 38 y 39.

En el armazón de base 31, la placa portante 32 está dispuesta de modo giratorio, en la placa portante 32 están dispuestos respectivamente tres brazos portantes 34 desplazados respectivamente un mismo ángulo (120°), en cuyos brazos de extensión que se extienden fundamentalmente de modo horizontal están fijados respectivamente dos tambores 36 para los haces de conductores. Por medio del alojamiento giratorio de la placa portante 32 y de los tambores 36 unidos de modo fijo con él por medio de los brazos portantes 34 se puede girar por medio de un segundo motor 37.

Al fabricar el devanado en el estator 10 se introduce cada haz de conductores 20 en una ranura 12, se dobla en el extremo de la ranura 12 en la cabeza del devanado, y se guía hasta una ranura 12 nueva que se extiende de modo paralelo en la cabeza de devanado. A continuación se vuelve a doblar el haz de conductores 20 de tal manera que

se puede introducir en esta ranura 12. En la salida de la ranura 12 se vuelve a doblar el haz de conductores 20 en la cabeza de devanado de tal manera que puede ser guiado a la siguiente ranura 12. Gracias a ello también se produce, evidentemente, en el haz de conductores 20 que se extiende hacia el tambor 36, una torsión correspondiente.

5

Los tambores 36 están dispuestos por parejas en las secciones horizontales de los brazos portantes 34. Puesto que estas secciones horizontales se pueden girar por medio de accionamiento 35 alrededor de su eje longitudinal, los tambores 36 giran de modo solidario. De esta manera se puede actuar contra una torsión del haz de conductores por medio del giro del brazo portante 34 correspondiente.

10

Un segundo accionamiento 37 está dispuesto entre el armazón de base 31 y la placa portante 32, y permite una rotación de la placa portante 32 con todos los brazos portantes 34 y los tambores 36 dispuestos sobre ella, para llevar a cabo asimismo la rotación del estator 10 en el dispositivo de sujeción del estator 14, y de este modo evitar una torsión de los haces de conductores.

15

La fig. 6 muestra de un modo simplificado y sin haces de conductores entre los dispositivos portantes 30 y el estator 10 la disposición de dos dispositivos portantes 30 y un estator 10 que se ha de arrollar. El estator 10 está alojado en un dispositivo de sujeción 14, y se puede girar en la dirección del contorno (dirección de la flecha). Puesto que cada uno de los dispositivos portantes 30 presenta asimismo tambores 36 alojados de modo giratorio, estos pueden realizar el giro del estator con este por medio de un giro correspondiente, o lo pueden seguir. Así pues, por medio de una preparación de dos dispositivos portantes 30 con tres parejas de tambores cada uno de ellos se pueden arrollar al mismo tiempo seis fases en un estator.

20

Es obvio que la presente invención no sólo se puede usar en generadores anulares para instalaciones de energía eólica, sino fundamentalmente en cualquier máquina síncrona, teniendo que dejar claro que en este caso no se trata de máquinas pequeñas, sino de máquinas que disponen de una envergadura considerable y que tienen potencias conectadas regularmente de varios 100 kW y más bajo ciertas circunstancias. Para un generador anular de una instalación de energía eólica es típica, por ejemplo, una potencia nominal de más de 500 kW, y ya se están probando también generadores con una potencia nominal de más de 4 MW, y se emplearán en el futuro. Sólo el estator de la máquina síncrona descrita pesa varias toneladas; en el caso de generadores anulares de más de 4 MW, bajo ciertas circunstancias pesa más de 50 toneladas.

30

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para la fabricación de un estator de una máquina síncrona con una potencia nominal de varias veces 100 kW, en el que en el contorno interior o exterior están configuradas ranuras de modo esparcido unas de otras para la recepción de un devanado de estator, en donde el devanado de estator está arrollado de modo continuo sin interrupción, en donde el diámetro del estator es de varios metros, con un dispositivo de alojamiento para el estator, en el que se sujeta de pie el estator, y al menos un accionamiento para el giro del estator en el dispositivo de alojamiento en su dirección de contorno.
- 5
- 10 2. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por un dispositivo portante separado del dispositivo de alojamiento (14) para la sujeción al menos de un tambor con hilo para devanado.
3. Dispositivo según la reivindicación 2,
- 15 caracterizado por una disposición por parejas de varios tambores, estando configuradas las parejas de los tambores sobre un círculo imaginario espaciado uniformemente.
4. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por un dispositivo portante dispuesto en cada lado frontal del estator.
- 20
5. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por un número de las parejas de los tambores igual al número de las fases a arrollar sobre el estator.
6. Dispositivo según la reivindicación 5,
- 25 caracterizado porque cada uno de los dispositivos portantes porta cada vez la mitad del tambor.
7. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por una placa portante dispuesta esencialmente de modo vertical y brazos portantes que se extienden desde el centro de la placa portante hacia fuera para la recepción de los tambores.
- 30
8. Dispositivo según la reivindicación 7, caracterizado por un alojamiento giratorio de la placa portante.
9. Dispositivo según la reivindicación 8,
- 35 caracterizado por un accionamiento para el giro de la placa portante en la dirección de contorno.
10. Dispositivo según una de las reivindicaciones 7 - 9, caracterizado porque los tambores están colocados en una sección de los brazos portantes (34) que se extiende esencialmente de modo horizontal y porque la sección que se extiende de modo horizontal está configurada de modo giratorio alrededor de su eje longitudinal.
- 40

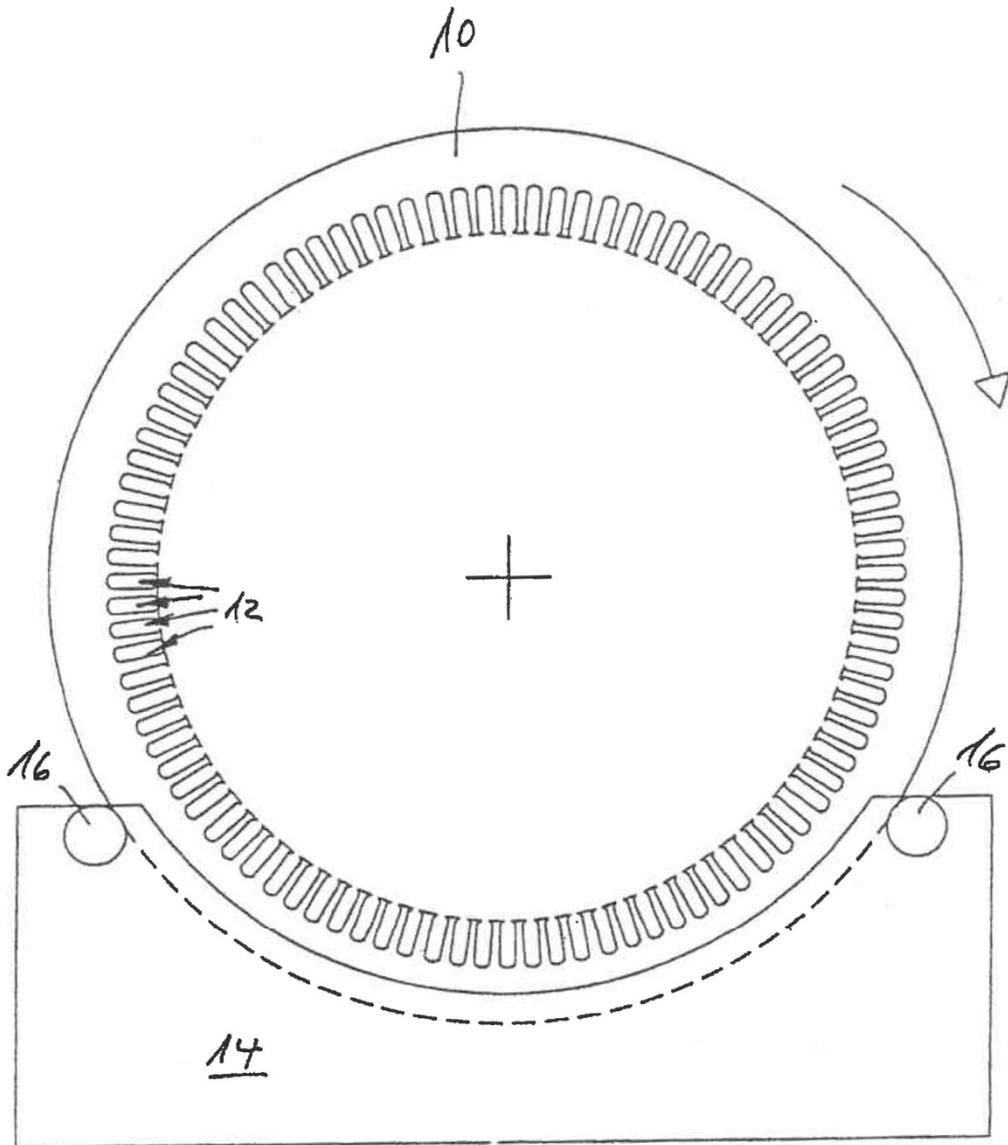
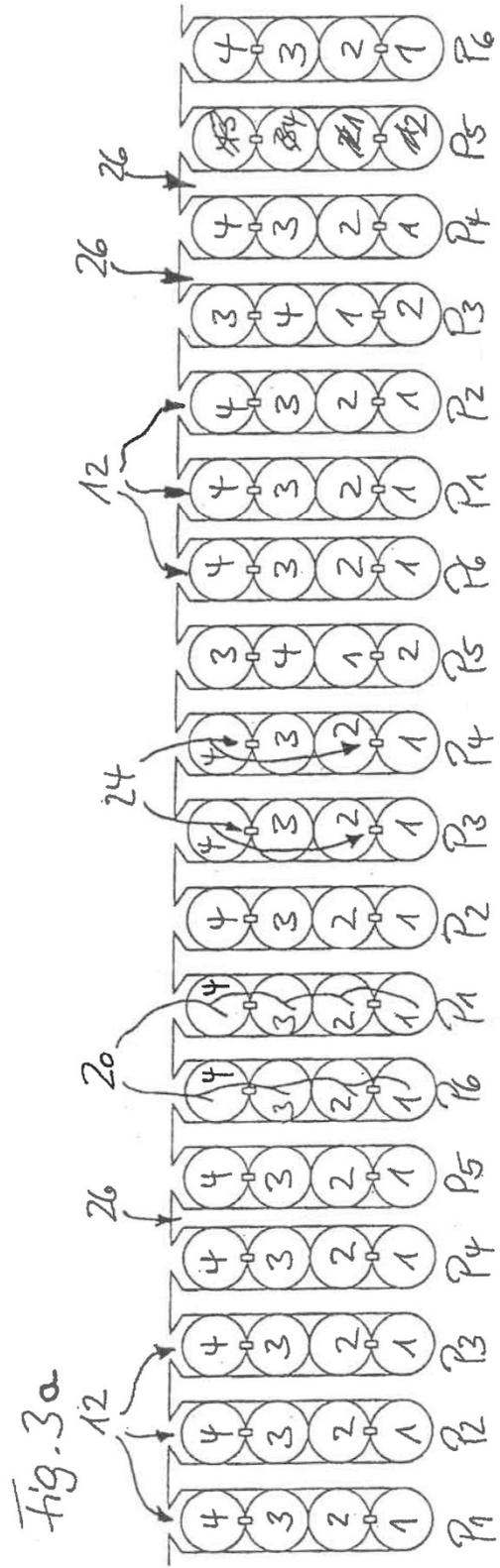
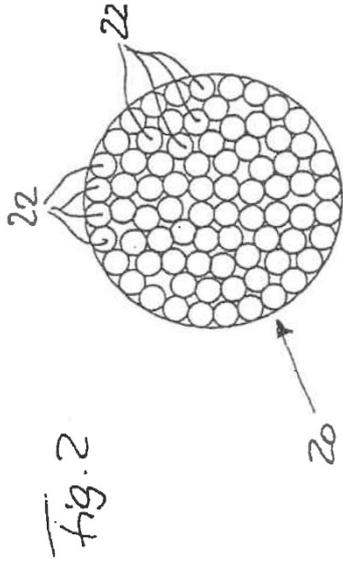


Fig. 1



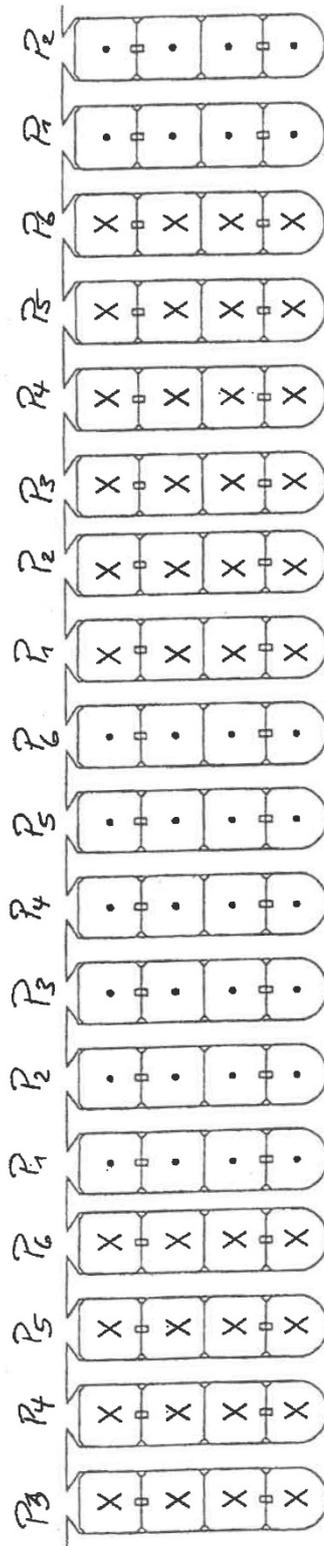


Fig. 36

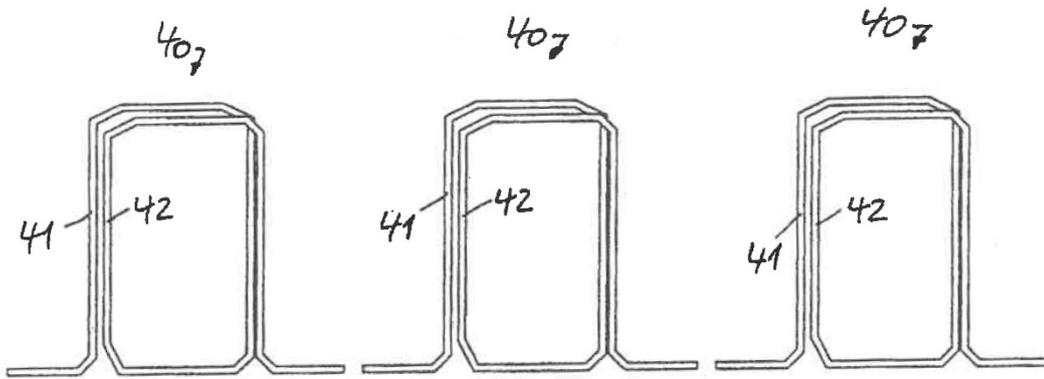


Fig. 3c

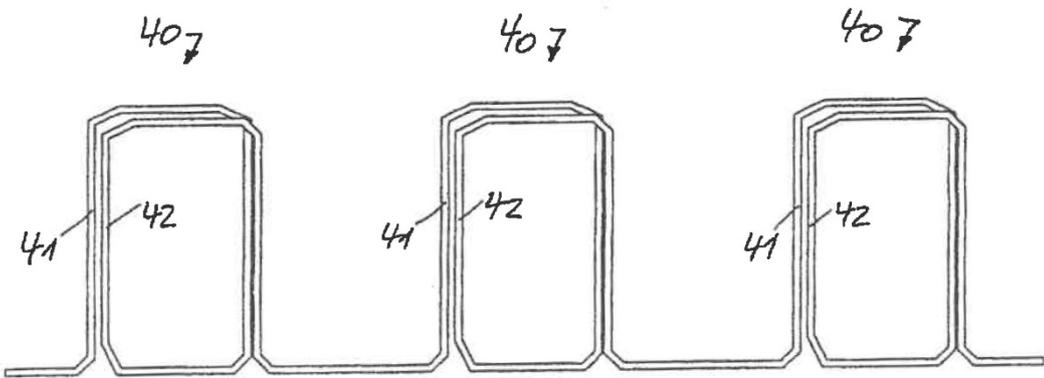


Fig. 3d

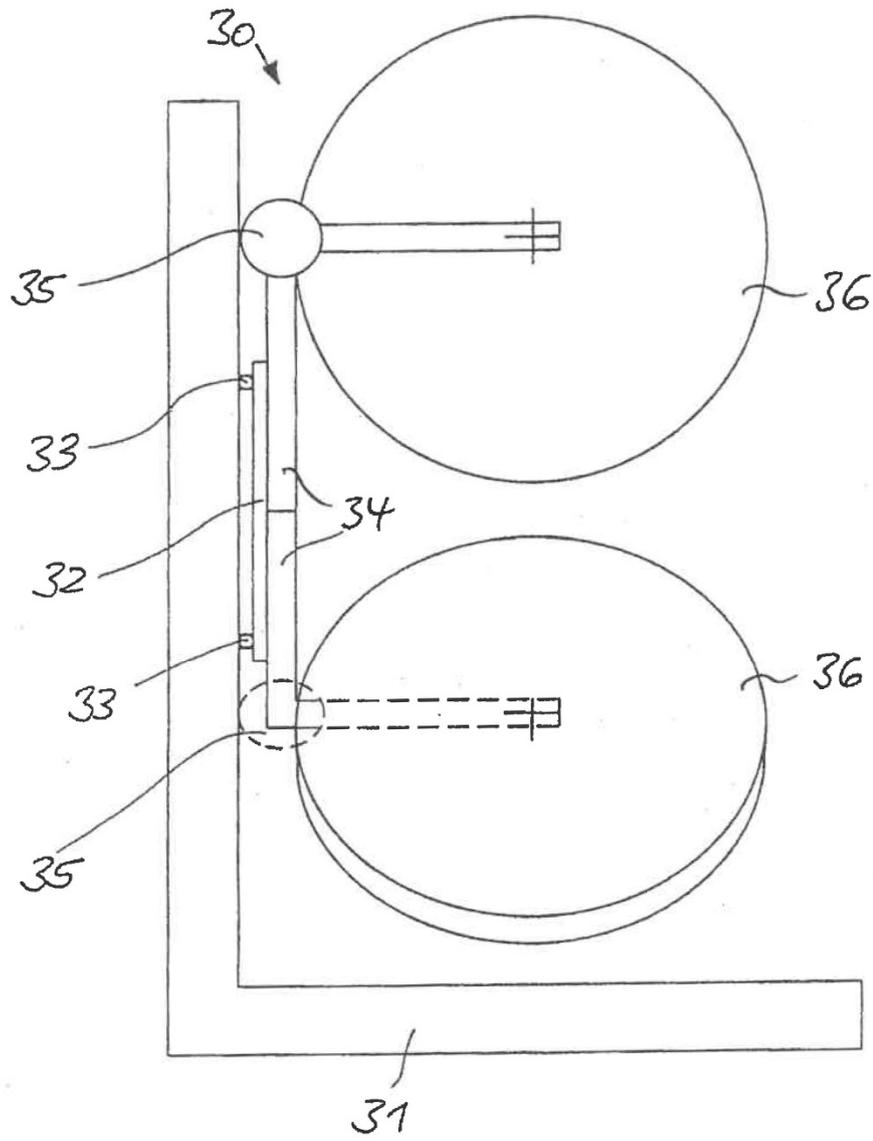


Fig. 4

Fig. 6

