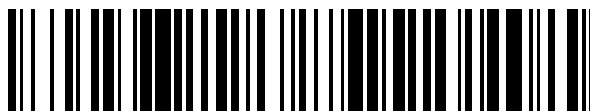


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 775 100**

51 Int. Cl.:

H02K 3/28

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.05.2010 PCT/EP2010/057540**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.12.2010 WO10136603**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.05.2010 E 10721813 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.12.2019 EP 2436102**

54 Título: **Procedimiento para la fabricación de un enrollamiento de estator de una máquina eléctrica, en particular, para la fabricación de un alternador**

30 Prioridad:

29.05.2009 DE 102009024230

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

23.07.2020

73 Titular/es:

**SEG AUTOMOTIVE GERMANY GMBH (100.0%)
Lotterbergstrasse 30
70499 Stuttgart, DE**

72 Inventor/es:

**WOLF, GERT;
RAU, EBERHARD;
MUELLER, ALEXANDER y
REUTLINGER, KURT**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 775 100 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

Procedimiento para la fabricación de un enrollamiento de estator de una máquina eléctrica, en particular, para la fabricación de un alternador

5 Estado de la técnica

En el documento DE 103 29 572 A1 se desvela un procedimiento para la fabricación de un núcleo electromagnéticamente excitable en cuya fabricación se utiliza un determinado enrollamiento de estator. Con respecto al enrollamiento de estator desvelado en este documento y fabricado, está previsto reducir la proyección axial de los conectores laterales de la bobina y, por tanto, recortar la extensión axial del enrollamiento de estator. El término "axial" se refiere en este sentido a un eje de rotación de un rotor de la máquina eléctrica.

15 Por el documento US2008/201935 se conoce un procedimiento para la fabricación de un enrollamiento de estator, presentando el enrollamiento de estator al menos n enrollamientos de fase. Los enrollamientos de fase individuales tienen bobinas adyacentes entre sí con lados de bobina que se enrollan unos con respecto a otros de tal modo que los lados de bobina están dispuestos con el enrollamiento en un plano y las bobinas entre sí ya está giradas en 90° desde el principio con respecto a un conector de bobinas que debe unirlos.

20 Divulgación de la invención

Ventajas de la invención

25 El procedimiento de acuerdo con la invención para la fabricación de un enrollamiento de estator de una máquina eléctrica con las características de la reivindicación principal tiene la ventaja de que por medio de él, de manera relativamente sencilla, se puede fabricar un enrollamiento de estator continuo compuesto de un alambre cuya proyección axial o longitud axial sea relativamente corta. Se logra que el acortamiento axial de los conectores laterales de bobina sea particularmente intenso y, en consecuencia, que la longitud axial de la bobina sea particularmente corta. Se puede conseguir que la sección transversal de ranura se pueda elegir de manera particularmente libre. Por ejemplo, puede preverse que, en el extremo abierto radialmente hacia dentro de la ranura, los lados de bobina adopten en su conjunto una sección transversal trapezoidal, mientras que los otros lados de bobina, que están dispuestos entre un yugo y los otros lados de bobina anteriormente mencionados, se estampen más bien rectangulares.

35 Se puede lograr una buena adaptación a los más variados requerimientos eléctricos o electromagnéticos presentando cada bobina un número de espiras que sea par o impar. Lo mismo se cumple para el caso de una bobina que presente un número de espiras que sea par y otra bobina que presente un número de espiras que sea impar. Mediante la estampación de los lados de bobina de una bobina en una herramienta de estampado se consigue que las ranuras del hierro de estator se puedan llenar a un nivel particularmente alto y, en consecuencia, que el factor de llenado de ranura (sección transversal de cobre de los conductores con respecto a la sección transversal de la ranura) sea particularmente alto. De esta manera, mejora la refrigeración del hierro de estator o del estator y el grado de aprovechamiento del espacio (alta potencia de salida eléctrica por espacio de instalación).

45 La invención tiene además la ventaja de que, por un lado, los lados de bobina cercanos al yugo pueden estamparse independientemente del de los lados de bobina ranurados. En un efecto final, esto hace que los lados de bobina estampados puedan ser extraídos más fácilmente de la herramienta de estampado. Por el contrario, el estampado conjunto de los lados de bobina que deben ubicarse en una ranura tiene la ventaja de que esto sucede en un momento relativamente tardío y, en consecuencia, es más sencilla la manipulación de las ranuras estampadas. La ventaja del objeto de la reivindicación 6 se basa en que, de esta manera, es posible una posición definida de las secciones de alambre individuales entre sí. La ventaja del objeto según la reivindicación 7 es que, mediante esta disposición elegida, se obtiene un cabezal de enrollamiento menos complejo y, de esta manera, se evitan ruido de flujo excesivo en la máquina eléctrica. Ventaja de las características de la reivindicación 8 es el ahorro de tiempo durante la fabricación. La ventaja de las características de la reivindicación 9 consiste en que la herramienta de conformación puede estar ya prácticamente cerrada y, de esta manera, las bobinas o los lados de bobina pueden ser introducidos sin problemas de ordenación en la herramienta de conformación. La ventaja de la reivindicación 10 consiste en que los enrollamientos de fase individuales se pueden introducir consecutivamente en la herramienta sin que a este respecto los enrollamientos de fase individuales se obstaculicen entre sí.

Descripciones de los dibujos

60 La invención se explica con más detalle a continuación con ayuda de las figuras. Muestran:

- la Figura 1 una sección longitudinal de una máquina eléctrica,
- la Figura 2 el proceso de la fabricación de una bobina,
- la Figura 3 una etapa en el que la bobina se aplanan,
- 65 la Figura 4 una vista superior de bobinas que se encadenan y se aplastan en una sola pieza,

| | | |
|----|-------------------------------|--|
| | la Figura 5a | el enrollamiento de fase de las bobinas que se encuentran en la etapa preliminar después de la colocación alterna de las bobinas aplanadas, |
| | la Figura 5b | una vista espacial de la etapa preliminar del enrollamiento de fase, |
| 5 | la Figura 6a | una etapa preliminar de un enrollamiento de fase en una herramienta de conformación, |
| | la Figura 6b | una representación espacial de como el enrollamiento representado en la figura 5a o la figura 5b se sitúa en la herramienta de conformación 100 o la parte inferior 101 o su parte superior 102, |
| 10 | la Figura 7 | una vista superior de la herramienta de conformación 100 y muy en particular de un lado inferior 110 de la parte inferior 101, |
| | la Figura 8a | de manera esquemática, la posición de todos los enrollamientos de fase introducidos en la herramienta de conformación, |
| | la Figura 8b | una vista espacial de los enrollamientos de fase introducidos en la herramienta de conformación, |
| 15 | la Figura 8c | una alternativa al procedimiento de encaje de acuerdo con la figura 8b, |
| | la Figura 9 | una vista lateral de la herramienta de conformación tras el cruzamiento, |
| | la Figura 10 | en representación esquemática, una vista lateral de una zona situada en ranuras de un paquete de estator, |
| 20 | la Figura 11a y la Figura 11b | dos secciones transversales de diferentes ranura, |
| | las Figuras 11c y 11d | dos procedimientos diferentes para el estampado de los lados de bobina que deben ubicarse en una ranura, |
| | las Figuras 12a-e | la posición de los cinco enrollamientos de fase en el hierro de estator, presentando los enrollamientos de fase individuales seis conductores por ranura, |
| 25 | la Figura 13 | la posición del enrollamiento de fase de la figura 12a en el hierro de estator curvado circularmente, |
| | la Figura 14a y b | el proceso del cruzamiento de un enrollamiento de fase para un estator con un número impar de lados de bobina por ranura, |
| | las Figuras 15a-e | la posición de cinco enrollamientos de fase en el hierro de estator, presentando los enrollamientos de fase individuales cinco conductores por ranura, |
| 30 | la Figura 16 | la posición del enrollamiento de fase de la figura 15a en el hierro de estator curvado circularmente, |
| | la Figura 17 | otra posición alternativa de los enrollamientos de fase 120 a 124, |
| | la Figura 18 | diferentes conectores de bobinas en los mismos cabezales de enrollamiento, |
| 35 | la Figura 19a a c | diferentes formas de realización de conectores de bobinas, |
| | la Figura 20 | una secuencia de la introducción del enrollamiento en el hierro de estator, |
| | la Figura 21a a c | tres diferentes tipos de interconexión para los enrollamientos de cinco fases, |
| | la Figura 22 | una sección transversal de ranura esquemática, |
| | la Figura 23 | una sección longitudinal esquemática de un rotor y un hierro de estator. |

40 Formas de realización de la invención

En la figura 1 se representa una sección longitudinal de una máquina eléctrica 10, en este caso en la realización como generador o alternador para vehículos de motor. Esta máquina eléctrica 10 presenta, entre otras cosas, una carcasa 13 de dos partes que está compuesta por una primera tapa de cojinete 13.1 y una segunda tapa de cojinete 13.2. La tapa de cojinete 13.1 y la tapa de cojinete 13.2 alojan en sí un denominado estator 16 que, por un lado, está compuesto de un hierro de estator 17 con forma esencialmente de anillo circular, y en cuyas ranuras, que se extienden axialmente dirigidas radialmente hacia dentro, está insertado un enrollamiento de estator 18. Este estator 16 con forma anular rodea con su superficie ranurada dirigida radialmente hacia dentro un rotor 20 que está configurado como rotor de garras polares. El rotor 20 está compuesto, entre otras cosas, por dos placas de garras polares 22 y 23 en cuyo perímetro exterior están dispuestos en cada caso dedos de garras polares 24 y 25 que se extienden en dirección axial. Las dos placas de garras polares 22 y 23 están dispuestas en el rotor 20 de tal manera que sus dedos de garras polares 24 o 25, que se extienden en dirección axial, se alternan entre sí en el perímetro del rotor 20. De esta manera, se obtienen espacios intermedios magnéticamente necesarios entre los dedos de garras polares 24 y 25 magnetizados contrariamente, que se designan como espacios intermedios de garras polares. El rotor 20 está alojado de manera giratoria por medio de un árbol 27 y en cada caso un cojinete de rodillo 28, que se encuentra en el lado del rotor, en las correspondientes tapas de cojinete 13.1 o 13.2.

El rotor 20 presenta en total dos superficies frontales axiales en las que está fijado en cada caso un ventilador 30. Este ventilador 30 está compuesto esencialmente por una sección con forma de placa o de disco de la cual parten las aspas del ventilador de manera conocida. Estos ventiladores 30 sirven para posibilitar un intercambio de aire a través de aberturas 40 en las tapas de cojinete 13.1 y 13.2 entre el lado exterior de la máquina eléctrica 10 y el espacio interior de la máquina eléctrica 10. Para ello, las aberturas 40 están previstas esencialmente en los extremos axiales de las tapas de cojinete 13.1 y 13.2, a través de las cuales, por medio de los ventiladores 30, se introduce aire refrigerante en el espacio interior de la máquina eléctrica 10. Este aire refrigerante se acelera por la rotación de los ventiladores 30 radialmente hacia fuera, de tal modo que este puede atravesar el saliente del enrollamiento permeable al aire de refrigeración 45. Mediante este efecto, se refrigera el saliente de enrollamiento 45. El aire refrigerante, tras atravesar

el saliente de enrollamiento 45 o circular alrededor de este saliente de enrollamiento 45, toma una trayectoria radialmente hacia fuera a través de aberturas en este caso no mostradas en la figura 1.

En la figura 1, en el lado derecho, se encuentra un capuchón de protección 47 que protege distintos componentes de las influencias del entorno. Así, este capuchón de protección 47 cubre, por ejemplo, un denominado módulo de anillos colectores 49 que sirve para suministrar una corriente de excitación a un enrollamiento de excitación 51. Alrededor de este módulo de anillos colectores 49 está dispuesto un disipador de calor 53 que en este caso actúa como disipador de calor positivo. Como denominado disipador de calor negativo, actúa la tapa de cojinete 13.2. Entre la tapa de cojinete 13.2 y el disipador de calor 53 está dispuesta una placa de conexión 56 que sirve para conectar entre sí diodos negativos 58 dispuestos en la tapa de cojinete 13.2 y diodos positivos, en este caso no mostrados en la representación, en el disipador de calor 53 y, por tanto, representan una conexión de puente en sí conocida.

Descripción de la fabricación del enrollamiento

La figura 2 muestra en una vista lateral el proceso en el que se enrolla en un dispositivo 70 para el enrollamiento un alambre 76. El dispositivo 70 para el enrollamiento presenta dos moldes parciales 77 que se pueden desplazar uno contra otro en dirección axial. Los dos moldes parciales 77 tienen un escalón 78, de tal modo que en cada molde parcial 77 está presente una zona plana 79. Alrededor estas zonas planas o bajas 79 -delimitadas en las dos direcciones axiales por los escalones 78-, se enrolla una bobina oblicua 82. La bobina 82 se retira del dispositivo 70 mediante extracción de los moldes parciales 77 de la bobina 82, véase también la figura 3. Alternativamente, se pueden enrollar un alambre 76 también directamente en dos moldes parciales 77 no desplazados entre sí, de tal modo que se genere una bobina 82 en principio no oblicua por medio de dos zonas planas o bajas 79 dispuestas de manera directamente enfrentada. La bobina oblicua 82 se genera solo cuando los dos moldes parciales 77 se desplazan entre sí contra la resistencia de la bobina 82. El proceso de enrollamiento puede llevarse a cabo básicamente de dos maneras: por un lado, el alambre 76 pueden enrollarse alrededor de los moldes parciales 77 inmóviles y, por otro lado, el alambre 76 puede enrollarse alrededor de los moldes parciales 77 rotando alrededor de un eje común. Mediante el último modo de proceder, se evita una torsión del alambre 76 durante el enrollamiento.

En la figura 3 se representa como la bobina 82, después de haber sido extraída de los moldes parciales 77, se conforma. La bobina 82 presenta en el ejemplo tres espiras 85. Cada espira 85 presenta dos lados de bobina 88 que, dado que se trata en el caso especial mostrado de un lado de bobina en una posición especial, se indica, separada por un punto, con otra cifra. En la parte derecha de la figura 3, se indican, por tanto, seis lados de bobina como lados de bobina 88.1, 88.2, 88.3, 88.4, 88.5 y 88.6. Esta secuencia ascendente se orienta por el orden en el que están enrollados los lados de bobina. Los lados de bobina 88.1 y 88.2 están unidos entre sí de una sola pieza por medio de un conector de lados de bobina 91.1, los lados de bobina 88.2 y 88.3 están unidos entre sí de una sola pieza por medio de un conector de lados de bobina 91.2 no representado, los lados de bobina 88.3 y 88.4 están unidos entre sí de una sola pieza por medio de un conector de lados de bobina 91.3, los lados de bobina 88.4 y 88.5 están unidos entre sí de una sola pieza por medio de un conector de lados de bobina 91.4 no representado, los lados de bobina 88.5 y 88.6 están unidos entre sí de una sola pieza por medio de un conector de lados de bobina 91.5,

En la figura 4a se pueden apreciar en una vista superior de la bobina plana 82 (es igual que la bobina 82.1) de la figura 3 los lados de bobina 88.1, 88.2, 88.3, 88.4, 88.5 y 88.6. Los lados de bobina 88.1 y 88.2 están unidos entre sí por medio del conector de lados de bobina 91.1. Así, los dos lados de bobina 88.1 y 88.2 están unidos por medio del conector de lados de bobina 91.1. Los lados de bobina 88.2 y 88.3 están unidos por medio del conector de lados de bobina 91.2; los lados de bobina 88.3 y 88.4, por medio del conector de lados de bobina 92.3; los lados de bobina 88.4 y 88.5, por medio del conector de lados de bobina 91.4; los lados de bobina 88.5 y 88.6, por medio del conector de lados de bobina 91.5. El conector de lados de bobina 91.5 se sitúa sobre los conectores de lados de bobina 91.3 y 91.1, el conector de lados de bobina 91.3 se sitúa sobre el conector de lados de bobina 91.1, el conector de lados de bobina 91.4 se sitúa sobre el conector de lados de bobina 91.2.

Al lado de bobina 88.6 se une de una sola pieza un primer conector de bobinas 94.1, al que a su vez sigue un lado de bobina 88.1, etc. -como ya se ha descrito con respecto a la primera bobina 82. La estructura de la bobina 82.2 es primeramente la misma que la de la bobina 82.1 ya descrita.

El estado que se representa en la figura 4a se ha alcanzado aplanando la bobina 82 representada a la izquierda en la figura 3, véase también la figura 3 a la derecha. En la representación derecha observada desde la izquierda de la figura 3, se puede constatar que, sobre el conector de lados de bobina 91.1, se sitúa el conector de lados de bobina 91.2 de tal modo que el conector de lados de bobina 91.1 es cruzado por el conector de lados de bobina 91.3, sobre el conector de lados de bobina 91.2 se sitúa el conector de lados de bobina 91.3, que cruza el conector de lados de bobina 91.2 y también el conector de lados de bobina 91.1, véanse también las figuras 4a y 4b.

En el ejemplo según la figura 4a, cada bobina 82 está enrollada con un número de espiras 85 que es impar. Alternativamente, también puede estar previsto sin problema que cada bobina 82 esté enrollada con un número de espiras 85 que sea par. Como se mostrará después (en las figuras 14a y b), también puede ser útil que la bobina 82 se enrolle con un número de espiras 85 que sea par y otra bobina 82 sea enrollada con un número de espiras 85 que sea impar. Esto es únicamente una cuestión del diseño eléctrico de la máquina.

De acuerdo con la figura 3 y la figura 4b, está previsto un procedimiento según el cual bobinas 82 de un enrollamiento de fase tras el enrollamiento de espiras 85 se conforman de tal modo que los lados de bobina 88 de una bobina 82 están dispuestos al menos prácticamente en un plano. A este respecto, las espiras 85 de una bobina 82 están superpuestas al menos parcialmente.

En la figura 5a se representa como se colocan las bobinas 82 anteriormente aplanadas y unidas entre sí de una sola pieza. Con respecto al estado que se representa en la figura 4b, la bobina 82.1 es girada en 90° con respecto al conector de bobinas 94.1. De igual modo, la bobina 82.2 es girada en 90° con respecto a al conector de bobinas 94.1. Los dos giros de las bobinas 82.1 y 82.2 se realizan en sentidos contrarios, de tal modo que en total las dos bobinas 82.1 y 82.2 rotan entre sí en 180°. Relativamente al conector de lados de bobina 94.2, el conector de lados de bobina 94.1 se eleva. La bobina 82.3 también gira 90° con respecto al conector de bobinas 94.2, al igual que se cumple esto para la bobina 82.2 con respecto al conector de bobinas 94.2. Las rotaciones de las bobinas 82.2 o 82.3 se producen en sentido contrario, de tal modo que también en este caso las rotaciones resultantes de las dos bobinas 82.2 y 82.3 entre sí son de 180°. El resultado de la colocación o rotación de las bobinas individuales 82.1, 82.2, 82.3, ... se puede apreciar de manera esquemática en la figura 5a. Para el caso de que, por ejemplo, se prevea una disposición con un total de 16 polos (realización de 16 polos de un enrollamiento de fase), se colocan contrariamente en total dieciséis bobinas 82, es decir, las bobinas 82.1 a 82.16. Este proceso de colocación o rotación se efectúa para cada etapa preliminar o cada jede enrollamiento de fase que después debe introducirse en un hierro de estator. Si está previsto fabricar un hierro de estator con tres fases, se procesan correspondientemente tres enrollamientos de fase y se introducen o insertan en las ranuras del hierro de estator. En el caso de cinco, seis o incluso siete fases, esto se efectúa de manera análoga con cinco, seis o incluso siete fases.

En consecuencia, está prevista una etapa de procedimiento según la cual dos bobinas directamente adyacentes 82.1, 82.2 de un enrollamiento de fase presentan entre sí un conector de bobinas 94.1 unido de una sola pieza con las dos bobinas directamente adyacentes 82.1, 82.2, siendo giradas la una bobina 82.1 y la otra bobina 82.2 con respecto al conector de bobinas 94.1 en cada caso en una magnitud de esencialmente noventa grados angulares, siendo las direcciones de rotación opuestas entre sí.

En la figura 5b se representa una vista espacial de la etapa preliminar del enrollamiento de fase de la figura 5a. En esta representación, se representa la posición de los lados de bobina individuales 88.1 a 88.6. Además, se representan los conectores de lados de bobina 91.1 a 91.5, así como un comienzo 95 de la bobina 82.1. Las siguientes bobinas 88.2 a 88.4 se representan también análogamente a la figura 5a.

En la figura 6a se representa una vista lateral de una herramienta de conformación 100. La herramienta de conformación 100 es esencialmente de dos partes y presenta una parte inferior 101 y una parte superior 102.

Tanto la parte inferior 101 como la parte superior 102 tienen un contorno exterior esencialmente con forma de paralelepípedo. En un lado de la parte inferior 101 y en un lado de la parte superior 102 están aplicadas en cada caso ranuras. Estas ranuras de la parte superior 102 y las ranuras de la parte inferior 101 se sitúan unas enfrente de otras, de tal modo que dos ranuras situadas una en frente de otra forman un espacio común. Las ranuras están aplicadas tanto en la parte superior como en la parte inferior de tal modo que estas se extienden en línea recta entre dos lados frontales. El número de ranuras en la parte superior 102 se corresponde preferentemente con el número de ranuras en la parte inferior 101 y preferentemente con el número de ranuras del estator 16. La parte inferior 101 muestra a este respecto un lado frontal 108; la parte superior, un lado frontal 109. En la parte inferior 101 están aplicadas las ranuras 105; en la parte superior, las ranuras 106. Comparado con la etapa preliminar representada en la figura 5a del enrollamiento de fase, este, así como sus bobinas 82.1, etc., están colocadas, se inserta en las ranuras 105 de la parte inferior 101. La distancia entre las bobinas individuales 82.1, 82.2, 82.3, etc., es a este respecto tal que, en el caso de un enrollamiento de estator con cinco enrollamientos de fase, están dispuestas cuatro ranuras entre las bobinas que son directamente adyacentes de una sola pieza. Si se trata de un enrollamiento de estator que presenta tres enrollamientos de fase, análogamente están dispuestas dos ranuras entre las bobinas individuales 82. Si se trata de un enrollamiento de estator de cinco fases, en este caso se disponen en la imagen cuatro ranuras 105 o 106 entre las bobinas individuales 82.

En consecuencia, se describe un procedimiento para la fabricación de un enrollamiento de estator en una máquina eléctrica 10, en particular de un alternador, presentando el enrollamiento de estator 18 al menos n enrollamientos de fase y teniendo un enrollamiento de fase varias bobinas 82 enrolladas de manera directamente consecutiva con lados de bobina 88 y conectores de lados de bobina 91, dividiéndose las bobinas 82 en primeras y segundas bobinas. Además, se proporciona una herramienta de conformación 100 en la que están presentes ranuras 105 o 106 que son apropiadas para alojar las bobinas 82. Una primera bobina es una bobina en una determinada posición de la etapa preliminar del enrollamiento de fase o el propio enrollamiento de fase, mientras que una segunda bobina es otra bobina 82 que sigue a la primera bobina como siguiente bobina 82. Correspondientemente, está previsto que una primera bobina esté dispuesta en una ranura y una segunda bobina, en otra ranura. Entre la primera bobina y la segunda bobina 82 están dispuestas según lo previsto n - 1 ranuras.

En la figura 6b se representa de manera espacial cómo el enrollamiento representado en la figura 5b o la figura 5a se

sitúa en la herramienta de conformación 100 o la parte inferior 101 o su parte superior 102.

En la vista lateral de acuerdo con la figura 7, se pueden apreciar los conectores de lados de bobina 91.2 y 91.4, véase también la figura 4a. Además, se representan también en vista esquemática los conectores de bobinas 94.1 y 94.2. En el extremo inferior de la herramienta de conformación 100, sobresalen los conectores de lados de bobina 91.1, 91.3 y 91.5 de las ranuras 105 o 106. En la representación de la figura 7, se representa una etapa preliminar de un enrollamiento de fase, como ya se ha hecho también en la figura 6.

En la figura 8a se muestra una representación esquemática en la que un total de cinco enrollamientos de fase o sus etapas preliminares se sitúan dentro de la herramienta de conformación 100 o de las dos partes de herramienta parte inferior 101 o parte superior 102. Los conectores de bobinas representados en este caso están dispuestos todos, desde la perspectiva del observador de la figura 8a, detrás de las partes inferiores 101 o partes superiores 102. Esto se cumple asimismo para los conectores de bobinas 94.2 de los enrollamientos de fase individuales.

La figura 8b muestra una vista espacial de la disposición mostrada en la figura 8a. En la herramienta de conformación 100 se han introducido las cinco etapas preliminares de los enrollamientos de fase. Esta disposición en la herramienta de conformación 100 comprende en total cinco enrollamientos de fase que están previstos para un núcleo de estator que presenta ochenta ranuras abiertas radialmente hacia dentro. De acuerdo con la configuración mostrada en este caso, en el hierro de estator posteriormente fabricado están previstos seis conductores apilados unos sobre otros por cada ranura. Los cinco enrollamientos de fase 120, 121, 122, 123 y 124 se han encajado en este caso en las partes previamente superpuestas de la herramienta de conformación 100, la parte inferior 101 y la parte superior 102, desde sus superficies frontales axiales 130 o 131, en las ranuras 105 o 106.

En la figura 8 se representa una alternativa al procedimiento de encaje de acuerdo con la figura 8b. De acuerdo con la figura 8c, se proporciona una parte superior 102 en cuyas ranuras 106 están insertados para ello los enrollamientos de fase individuales o sus etapas preliminares. Mientras que, de acuerdo con el ejemplo de realización según la figura 8b, no se necesita establecer ningún orden sobre qué enrollamiento de fase se introduce en primer lugar en las ranuras 105 o 106, sino que únicamente hay que tener en cuenta cómo deben estar dispuestos entre sí los conectores de bobinas individuales 91.2, de acuerdo con el ejemplo de realización según la figura 8c, debe respetarse un orden exacto con respecto a la posición de los conectores de bobinas individuales 94.2 y los demás conectores de bobinas 94.3, 94.4, etc. Para poder conseguir la estructura representa en la figura 8b de la posición de los conectores de bobinas individuales 94 en la herramienta de conformación 100, de acuerdo con la variante de realización según la figura 8c, es necesario introducir los conectores de bobinas individuales según un determinado orden en la parte superior 102 de la herramienta de conformación. Así, debe comenzarse con el enrollamiento de fase 124, a continuación, debe introducirse el enrollamiento de fase 123, a este le sigue el enrollamiento de fase 122 y de nuevo, a continuación, el enrollamiento de fase 121, para finalmente introducir el enrollamiento de fase 120. Mediante este orden, se obtiene la disposición de los conectores de bobinas 94.2 mostrada en la figura 8b. Después de introducir los cinco enrollamientos de fase 120 a 124 del ejemplo en la parte superior 102, se coloca la parte inferior 101 sobre el enrollamiento o la parte superior 102. Esta etapa no está representada en este caso, después de esta etapa, sin embargo, la situación es la misma que la representada en la figura 8b.

Está previsto que en la herramienta de conformación 100 todos los enrollamientos de fase 120 a 124 estén alojados simultáneamente, para que se conformen simultáneamente. En este sentido, está previsto que los conectores de bobinas 94 no reduzcan su longitud axial, mientras que los conectores de lados de bobina 91 reducen su longitud o proyección axial durante el proceso de conformado.

Alternativamente, los enrollamientos de fase 120 a 124 también pueden introducirse en la parte inferior 101. En este caso, debe adaptarse el orden de los enrollamientos de fase que deben introducirse si se quiere obtener el mismo resultado que en la figura 8b. En consecuencia, primero se introduce el enrollamiento de fase 120, después el enrollamiento de fase 121, después el enrollamiento de fase 122, después el enrollamiento de fase 123, después el enrollamiento de fase 124.

Como ya se ha descrito con respecto a la figura 8b o la figura 8c, está previsto que los enrollamientos de fase 120 a 124 se introduzcan en la herramienta de conformación 100 o bien en dirección de los lados de bobina (figura 8b) o transversalmente al respecto. Introducir los lados de bobina 88 transversalmente a la herramienta de conformación 100 significa que la dirección de movimiento durante la introducción en la herramienta de conformación presenta al menos un componente que está orientado perpendicularmente a los lados de bobina 88 y la dirección del alambre.

En la figura 9 se representa la siguiente etapa que sigue a la disposición de acuerdo con la figura 8b. En aras de una mayor claridad, en este caso solo se representa el enrollamiento de fase 120. Con los otros enrollamientos de fase 121 a 124, en este caso no representados, pasa exactamente lo mismo, estando insertados los correspondientes enrollamientos de fase únicamente de manera desplazada en una ranura 105 en la parte inferior 101 o una ranura 106 en la parte superior 102. Como se ha explicado anteriormente, cada bobina 82 presenta lados de bobina 88. Estos lados de bobina 88.1, 88.3 y 88.5 forman un grupo 130. Este grupo 130 tiene la característica de que este se introduce en la parte inferior 101 y, allí, en una ranura 105 sin adentrarse en la ranura 106 de la parte superior 102.

ES 2 775 100 T3

Además, se puede apreciar otro grupo 133 que comprende los lados de bobina 88.2, 88.4 y 88.6. Los lados de bobina 88.2, 88.4 y 8.6 de este grupo 133 tienen en común que estos lados de bobina 88 se sitúan dentro de una ranura 106 de la parte superior 102 y no se extienden tanto como para adentrarse en una ranura 105.

- 5 Estas características de los grupos 130 o 133 tiene el sentido de que de esta manera se define un plano de separación 136 en el que no se sitúan lados de bobina 88 y, en consecuencia, este plano de separación 136 no puede ser bloqueado por los lados de bobina 88, en particular los lados de bobina 88.5 y 88.2. Esto es importante en la medida en que la parte superior 102 debe ser desplazada con respecto a la parte inferior 101. De acuerdo con la siguiente
- 10 etapa de procedimiento prevista ahora, está previsto que, correspondientemente a la flecha 139, se desplace la parte superior 102 relativamente a la parte inferior 101, para, de esta manera, desplazar los lados de bobina del grupo 133 con respecto a los lados de bobina 88 del grupo 130 hasta que los lados de bobina 88 del grupo 133 se ubiquen frente a otro grupo 130 en una ranura 105 que pertenece a otra bobina, concretamente la bobina 82.2. El grupo 133 se desplaza a este respecto hasta que, en dirección de desplazamiento de los lados de bobina 88 tras el desplazamiento,
- 15 están dispuestas entre los dos grupos 130 y 133 de una bobina 82 n - 1 ranuras 105. Dado que en este ejemplo de realización n es cinco, entre el grupo 130 de la bobina 88.1 y el grupo 133 de la bobina 82.1, hay una distancia de cuatro ranuras 105. Por tanto, está previsto un procedimiento según el cual uno o varios enrollamientos de fase 121, 122, 123, 124, 125 se introducen en ranuras 105, 106; 105', 106' de una herramienta de conformación 100 y cada bobina 82 presenta lados de bobina 88, desplazándose un grupo 133 de los lados de bobina 88 con respecto al otro grupo 130 de lados de bobina 88 de la misma bobina 82 y deformándose así, de tal modo que, entre los dos grupos
- 20 130, 133. están dispuestas en dirección de desplazamiento de los lados de bobina 88 n - 1 ranuras 105. Si en el ejemplo de realización se tratara de una estructura de tres fases, el número de ranuras 105 entre los dos grupos 130 o 133 serían dos ranuras 105. En el caso de una estructura de seis fases, la distancia sería n - 1 = 5, en el caso de una estructura de siete fases, la distancia sería n - 1 = 6 ranuras 105.
- 25 Está previsto que en la herramienta de conformación 100 todos los enrollamientos de fase 120 a 124 estén alojados simultáneamente, para que se conformen simultáneamente. Sin embargo, en principio también es posible conformar los enrollamientos de fase 120 a 124 individualmente, cada uno por separado y a continuación colocar unos sobre otros los enrollamientos de fase 120 a 124.
- 30 Los enrollamientos se extraen de la herramienta retirando la parte superior 102 de la parte inferior 101 en posterior dirección radial (dirección de apilamiento de los lados de bobina 88) y retirando solo después el enrollamiento de la herramienta. La parte superior 102 y la parte inferior 101, por tanto, deben ser móviles la una contra la otra en dos planos o direcciones axiales (posterior dirección circunferencial y posterior dirección radial).
- 35 En la figura 10 se representa de manera muy esquemática una vista de lados de bobina 88. A diferencia del ejemplo de realización anteriormente descrito, esta sección de ranura 140 no presenta seis lados de bobina 88.1 a 88.6, sino cinco lados de bobina 88.1 a 88.5. Eso se debe a que, en esta fabricación, por ejemplo, de acuerdo con la figura 8a o 9, primeras y segundas bobinas 82 presentan diferente número de espiras. Así, una primera bobina presenta, por ejemplo, tres espiras, mientras que una segunda bobina presenta dos espiras. Con una constelación de este tipo,
- 40 resultan, tras el desplazamiento de acuerdo con la figura 9, cinco lados de bobina que están dispuestos unos sobre otros y, de esta manera, pueden ser insertados en una ranura de un hierro de estator. En el lado izquierdo de la figura 10, se indica con r la dirección que indica, desde el punto central posterior de un hierro de estator redondo, el incremento del radio'. Con otras palabras: el conector de lados de bobina inferior 91.1 se encuentra radialmente más afuera, mientras que el conector de lados de bobina 91.5 está dispuesto radialmente más adentro. Los conectores de lados de bobina 91.1 y 91.3 situados radialmente más afuera en la figura 10 son originalmente conectores de lados de bobina de una segunda bobina con únicamente dos espiras, mientras que los conectores de lados de bobina 91.1 a 91.5 que se encuentran radialmente más adentro son los conectores de lados de bobina de una primera bobina con tres espiras. Este fenómeno se tratará posteriormente en la descripción.
- 45
- 50 La figura 10 muestra un estado final de una sección de ranura 140 y de zonas de transición 149 que están dispuestas en cada caso a ambos lados de la sección de ranura 140. En cada caso fuera de las zonas de transición 149, siguen zonas de cabezal de enrollamiento 152. De acuerdo con la etapa de procedimiento prevista antes del estampado en toda la longitud de la sección 146, de la zona de transición 149 y también de la zona del cabezal de enrollamiento 152, se presenta una sección transversal de alambre redondo para las secciones de alambre individuales, no mostradas
- 55 en este caso en el detalle, en la forma de partida seleccionada en este caso, como se esboza en a. Mediante la conformación o estampado, está previsto deformar a partir de la zona de sección transversal esbozada en a o la sección 146 de tal manera que los alambres dejen de presentar una sección transversal redonda, y que, por el contrario, el contorno exterior de la totalidad de todos los lados de bobina 88 presente un contorno exterior trapezoidal (envolvente), c). Este contorno trapezoidal debe estar estampado de la misma manera en toda la sección 146 que se insertará en una ranura de un hierro de estator, véanse también b) y d). En las posiciones finales de la sección 146 comienza en cada caso una zona de transición 149 de unos pocos milímetros de longitud. En el extremo opuesto a la sección 146 de la zona de transición 149, la zona de transición 149 se prolonga en la ya mencionada sección transversal como se ha descrito en relación con a). La zona de sección transversal -como se ha esbozado en este caso para e), es la misma que en a). La zona de transición está estampada de acuerdo con la invención de manera
- 60 definida y constituye un contorno que se prolonga en relación a la máquina eléctrica en dirección axial (eje de rotación del rotor) de manera continua de la sección transversal trapezoidal a la sección transversal redonda de los alambres
- 65

individuales.

Está previsto, por tanto, que las bobinas 82 obtengan una zona de transición estampada 149 entre lados de bobina 88 y conectores de lados de bobina 91.

5 En la figura 11a y la figura 11b se representan en fragmentos vistas laterales de la sección transversal de dos secciones de ranura 140 de dos ejemplos de realización diferentes. Esta sección de ranura 140 están introducida entre dos dientes 155 en una ranura 158. Mientras que la ranura izquierda presenta en la figura 11a en su conjunto una sección transversal trapezoidal de los lados de bobina 88.1 a 88.5, la ranura 158 en la figura 11b presenta una sección transversal de ranura algo más compleja. Así, en la zona de la sección de ranura 159 la sección transversal de ranura es rectangular, mientras en la sección de ranura 160 es de nuevo trapezoidal. La situación de los lados de bobina 88.1 a 88.5 es a este respecto como sigue: El lado de bobina 88.1 es el que se sitúa radialmente más lejos en relación con el hierro de estator 17, mientras que el lado de bobina 88.5 es el que se sitúa más interiormente. Como se puede apreciar ya por comparación con la figura 10, sección transversal b), con la sección transversal de la figura 10a), mediante el estampado de la sección de ranura 140 se consigue que los alambres realizados originalmente redondos en la sección transversal o las secciones transversales de alambre redondas se deformen de tal modo que, por ejemplo, el lado de bobina 88.5 situado radialmente en el interior esté comparativamente muy aplastado en la dirección circunferencial.

20 Como se muestra en la figura 11a) y la figura 11b), está previsto que los lados de bobina 88.1 a 88.5 y, por tanto, diferentes lados de bobina sean estampados de manera diferente. Como se muestra en la figura 11c y la figura 11d, está previsto estampar los lados de bobina 88 en una herramienta de estampado 186. Mientras que esto es posible de acuerdo con la esquemática figura 11c, por ejemplo, en un estadio temprano del procedimiento de enrollado, por ejemplo, poco después del enrollamiento de la bobina 82, introduciéndose los lados de bobina 88.1, 88.3 y 88.5 primero en una ranura de estampado 189 que está separada de una ranura de estampado 190 para los lados de bobina 88.2, 88.4 y 88.6. Por medio de un troquel 193, la bobina 82 es estampada ya antes del desplazamiento de los lados de bobina según la figura 9. De acuerdo con la figura 11d, también es posible alternativamente en una posterior etapa de procedimiento, por ejemplo, después del cruzamiento, estampar los lados de bobina 88.1 a 88.5 en una ranura de estampado 196 conjuntamente y de una sola vez por medio de un troquel 193.

30 El estampado de acuerdo con la figura 11d) también se puede llevar a cabo de tal manera que todos los enrollamientos de fase 120 a 124 con todos sus lados de bobina sean conformados simultáneamente en una herramienta de estampado 186 (por ejemplo, tras el cruzamiento).

35 En las figuras 12a) a e), se representa el hierro de estator 17 en aras de una mayor claridad tras introducción de los enrollamientos de fase 120 a 124 de tal modo que se representan en el hierro de estator los conectores de bobinas individuales 120 a 124 en cada caso separados en el hierro de estator 17. Los enrollamientos de fase individuales 120 a 124 son básicamente iguales en su estructura. La diferencia de los enrollamientos de fase individuales 120 a 124 radica únicamente en que estos están introducidos en cada caso desplazados en una ranura comenzando en el hierro de estator 17. El enrollamiento de fase 120 que está introducido comenzando en la ranura 1, presenta un denominado saliente de enrollamiento 163. Dado que este hierro de estator es un hierro de estator 17 que está fabricado según la denominada técnica que paquete plano, véase, por ejemplo, el documento citado al principio, un hierro de estator 17 de este tipo está formado por láminas individuales 166 esencialmente rectas. Estas láminas 166 generalmente coinciden al menos en la zona de ranura y se apilan en la dirección de las ranuras 158 de tal modo que se genera un paquete de láminas o hierro de estator 17 esencialmente con forma de paralelepípedo. Estas láminas 166 se unen generalmente en el marco de esta fabricación de paquetes, por ejemplo, por medio de costuras de soldadura en el lado posterior 169 de un yugo 172 o en el lado interior de la ranura entre sí para convertirse en un paquete fijado. Tras la introducción de todos los enrollamientos de fase 120 a 124 en el hierro de estator 17, este es curvado en redondo de tal modo que las aberturas o hendiduras de ranura 175 de las ranuras 158 apuntan radialmente hacia dentro. Las dos superficies frontales 177 o 176 se juntan a este respecto una con otra y se unen mediante una técnica de unión como, por ejemplo, soldadura, por adherencia de materiales. El hierro de estator está entonces completo con el enrollamiento de estator 18 y puede ser montado en la máquina eléctrica 10 o entre las dos tapas de cojinete 13.1 y 13.2.

55 La posición del enrollamiento de fase 120 en el hierro de estator 17 es a este respecto como sigue: El enrollamiento de fase es a este respecto como ya se ha descrito anteriormente con ayuda de las figuras 2 a 9, esta última incluida. El enrollamiento de fase en el estado de acuerdo con la figura 9 presenta su conexión de fase 95 perpendicularmente al plano de hoja, que está instalada tras la parte inferior 101. El enrollamiento de fase 120 representado en la figura 9, en relación con la figura 12a, está casi girado en torno a la flecha 136 de la figura 9, de tal modo que la conexión de fase 95 después de la rotación y como muestra la figura 12a, arriba a la izquierda, es decir, en la ranura 1, está dispuesta en la posición de ranura más exterior. Desde esta conexión de fase 95, se extiende un lado de bobina 88.1 en la primera posición de ranura en dirección de ranura tras el hierro de estator 17 para prolongarse allí tras la transición en el conector de lados de bobina 91.1 y la entrada en la posición de ranura 4 en ranura 6 en el lado de bobina 88.2. Desde allí, el alambre sale de la ranura 6 y se prolonga en el conector de lados de bobina 91.2 que entra en el lado delantero del hierro de estator 17 en la posición de ranura 2, es decir, la segunda posición radial más externa en la ranura 1. Allí el alambre se prolonga en el lado de bobina 88.3. Desde allí, el alambre se prolonga a continuación

en el conector de lados de bobina 91.3, después en el lado de bobina 88.4 (posición de ranura 5, segunda posición más interna), para desde allí prolongarse de nuevo en el conector de lados de bobina 91.4, que se prolonga en la tercera posición y el lado de bobina 88.5. El alambre abandona en el lado posterior de la ranura 1 en posición de ranura 3 la ranura 158, se prolonga de nuevo en un conector de lados de bobina, concretamente el conector de lados de bobina 91.5 que, tras recorrer la ranura 6 en la posición radial más interior y la presencia como lado de bobina 88.6, sale de nuevo de allí y se prolonga en la posición radial más interior como conector de bobinas 94.1 en la posición radial más exterior. Las demás estaciones individuales del alambre se resumen brevemente a este respecto como sigue:

- 10 a) entrada en ranura 11, posición radial más interior (posición de ranura 6), lado de bobina 88.1, después
- b) conector de lados de bobina 91.1,
- c) ranura 6, posición de ranura 3, lado de bobina 88.2;
- d) conector de lados de bobina 91.2;
- 15 e) lado de bobina 88.3 (segunda posición de ranura radial más interior), posición de ranura 5,
- d) conector de lados de bobina 91.3,
- e) entrada en la segunda posición de ranura más exterior en ranura 6, lado de bobina 88.4,
- f) conector de lados de bobina 91.4,
- g) lado de bobina 88.5, ranura 11, posición de ranura 4,
- h) lado de bobina 91.5,
- 20 i) lado de bobina 88.6, ranura 6, posición de ranura radialmente más exterior,
- j) posición de ranura 1, transición al conector de bobinas 94.2 que se prolonga por medio de la posición radial más exterior, es decir, de ranura 6, posición de ranura 1 en ranura 11, posición de ranura 1.

25 El enrollamiento de fase 120 finaliza físicamente en el ya mencionado saliente de enrollamiento 163 que teóricamente se sitúa en la posición de ranura 81, pero que más tarde debe introducirse en la ranura 1 poco antes del cierre de la flexión circular del hierro de estator 17. Este saliente de enrollamiento 163 está compuesto por tres lados de bobina 88.1, 88.3 y 88.5. El final del enrollamiento de fase, sin embargo, no finaliza en el saliente, sino en el hierro de estator, véase también la figura 12.

30 El enrollamiento de fase 121, figura 12b, está desplazado como ya se ha mencionado, correspondientemente en una ranura y comienza en ranura 2 en la misma posición con respecto a la posición de ranura. Lo mismo se cumple para el enrollamiento de fase 121, que comienza en la ranura 3; el enrollamiento de fase 123, que comienza en la ranura 4; y el enrollamiento de fase 124, que comienza en la ranura 5. El saliente de enrollamiento 136 del enrollamiento de fase 121 se sitúa, por tanto, teóricamente en la posición de ranura 2 y más tarde, antes del cierre de la flexión circular, se introduce en la ranura 2 sobre los lados de bobina 88.1, 88.3 y 88.5 que ya se encuentran allí. El enrollamiento de fase 121 tiene también un saliente de enrollamiento 163 que, sin embargo, se sitúa en la posición de ranura 3 y, en consecuencia, más tarde, antes del cierre de la flexión circular, se introduce en la ranura 3 sobre los lados de bobina 88.1, 88.3 y 88.5. El saliente de enrollamiento 163 del enrollamiento de fase 123 se encuentra en la posición de ranura 4 y, antes de la flexión circular o antes del cierre de la flexión circular, se introduce en la ranura 4 sobre los lados de bobina 88.1, 88.3 y 88.5. De la misma manera, el saliente de enrollamiento 163 del enrollamiento de fase 124, que se encuentra en la posición de ranura 5, antes del cierre de la flexión circular, se introduce en la ranura 5 sobre los lados de bobina 88.1, 88.3 y 88.5.

45 De acuerdo con el ejemplo de realización según la figura 12, partiendo del correspondiente extremo frontal 176 o 177, hay en cada caso n conexiones de fase 95 en las primeras n ranuras 158 o, en las últimas n ranuras 158, n conexiones de fase 180.

Las bobinas 82 están realizadas en cada caso con dos capas. Esto significa que los lados de bobina 88 están dispuestos en (dos) capas diferentes.

50 Además, cada típica segunda bobina 82.2 (82.4, 82.6, 82.8, 82.10, 82.12, 82.14, 82.16) se sitúa con sus lados de bobina (88.1, 88.3, 88.5; 88.2, 88.4, 88.6) en dos ranuras 158, uniendo dos conectores de bobinas 94.1 y 94.2 con dos lados de bobina 88.1 y 88.6 de bobinas adyacentes 82.1 y 82.3, es decir, uniendo en cada caso el primer o el último lado de bobina de una bobina adyacente, situándose estos lados de bobina 88.6 o 88.1 en las mismas ranuras 158 que los lados de bobina 88.1, 88.3, 88.5; 88.2, 88.4, 88.6 de la bobina situada entremedias 82.2.

60 La figura 13 muestra el enrollamiento de fase 120 en el hierro de estator 17 tras la flexión circular del hierro de estator 17 con los enrollamientos de fase 120 o 124. En aras de una mayor sencillez y claridad, en este caso se ha renunciado a la representación de las fases 121 a 124. Como ya se ha indicado en las figuras 12a-e, la posición de los otros enrollamientos de fase 121 a 124 está desplazada con respecto a los enrollamientos de fase en cada caso anteriores únicamente en una ranura, comenzando en el enrollamiento de fase 120. Además, puede apreciarse una conexión de fase 180, así como una costura de soldadura 183 que une entre sí los dos extremos frontales 177 o 176. El hierro de estator 17 tiene una abertura 184 esencialmente central. La figura 13 muestra la vista del lado de conexión del estator 16, que generalmente es el lado que está orientado en la máquina eléctrica 10 configurada como alternador hacia el rectificador.

Además, el estator 16 también se puede describir de tal modo que, en su perímetro exterior y en su perímetro interior del hierro de estator 17, en cada caso está dispuesto al menos un grupo de conectores de bobinas 94.1; 94.2 de una sola capa de varios enrollamientos de fase 120, 121, 122, 123, 124, estando dispuestos los conectores de bobinas 94.1; 94.2 en ranuras 158 directamente adyacentes y cruzándose entre sí. Entre un grupo de conectores de bobinas 94.2 de una sola capa en el perímetro exterior del hierro de estator 17 y un grupo de conectores de bobinas 94.1 en el perímetro interior del hierro de estator 17, están dispuestos conectores de lados de bobina 91 de varios enrollamientos de fase 120, 121, 122, 123, 124.

En la figura 14 a y b se representa un ejemplo de realización para la fabricación de un enrollamiento de fase 120 que presenta cinco lados de bobina 88 por ranura. Como ya se ha explicado con respecto a la figura 3, para ello, primero se enrolla una primera bobina 82.1 con tres espiras 85 y una segunda bobina 82.2 con dos espiras 85. Esta secuencia se repite en el correspondiente número necesario, de tal modo que, por ejemplo, se obtiene en total un enrollamiento con dieciséis bobinas 82.

Análogamente a los procesos que se han explicado en relación con las figuras 4a, 4b y 5a, se giran las bobinas individuales 82 consecutivas en cada caso en 90°, de tal modo que, con respecto al enrollamiento de fase individual, resulta el diseño representado en la figura 14.

Para que la posición de las bobinas individuales 82.2 y 82.4 -muy en general de las bobinas que presentan menos espiras 85 que otras bobinas 82-, es decir, para que la parte inferior 101 pueda ser desplazada relativamente a la parte superior 102, las ranuras en la parte superior y en la inferior que deben alojar bobinas 82.2 y 82.4 con menos espiras 85 están equipadas con una menor profundidad de ranura que las otras ranuras. Por tanto, a un número de fases de cinco, que en cinco ranuras 105 o 106 alojan las bobinas 82.1, 82.3, ... con más espiras 85, siguen otras cinco ranuras 105' o 106' que alojan bobinas 82.2, 82.4, ... con menos espiras 85. Con un número de fases de tres, seis o siete, siguen en cada caso tres, seis o siete de estas ranuras 105, 105', 106, 106' consecutivamente. A continuación de la introducción de todos enrollamientos de fase 120 a 124 (no representada), se desplaza la parte superior 102 relativamente a la parte inferior 101. Después de que todos los enrollamientos de fase 120 a 124 después del cruzamiento no estén dispuestos en una capa que solo comprenda las cinco posiciones de ranura previstas en el hierro de estator 17, los enrollamientos de fase 120 a 124 dispuestos en la herramienta de conformación 100 en una total de seis posiciones de ranura deben ser desplazados de tal modo que se consigan las cinco posiciones de ranura previstas.

En relación con las figuras 6a y 14 está previsto, por tanto, que la herramienta de conformación 100 tenga una parte inferior 101 provista de ranuras 105, 105' y una parte superior 102 provista de ranuras 106, 106' presentando las ranuras (105, 106) o bien una misma profundidad de ranura (figura 6a) o diferentes profundidades de ranura (figura 14).

En las figuras 15a a 15e se representan de manera parecida cinco enrollamientos de fase en un segundo ejemplo de realización. Estos cinco enrollamientos de fase 120 a 124, a diferencia de la representación según las figuras 12a-e, presenta únicamente cinco lados de bobina 88 por ranura 158. Esto va acompañado de diferentes números de espiras para las bobinas. Ciertamente la primera bobina tiene, al igual que los enrollamientos de fase de acuerdo con la figura 12, tres espiras. Sin embargo, la segunda bobina presenta con respecto a la primera bobina ya solo dos espiras. En consecuencia, se desvela una bobina 82.1 que presenta un número de espiras que es impar y se desvela una bobina 82.2 cuyo número de espiras es par. En el ejemplo de realización de acuerdo con la figura 14, a este respecto la bobina 82.1 es una primera bobina y la otra bobina 82.2, una segunda bobina. El procedimiento de fabricación para los enrollamientos de fase 120 a 124 como se ha mostrado en la figura 15, es en consecuencia ligeramente diferente en relación con la figura 6a: Mientras que la bobina 82.1 sigue presentando tres espiras, la bobina 82.2 ya solo presenta dos espiras. Una herramienta de conformación, como se representa básicamente en la figura 6a, es, por tanto, algo diferente para la fabricación de los enrollamientos de fase 120 a 124 de acuerdo con la figura 15, en el sentido de que las ranuras 105 o 106 en la parte inferior 101 o parte superior 102 en la posición de la segunda bobina 82.2, partiendo del plano de separación 136, estarían realizadas algo menos profundas, véanse también las figuras 14a y b. Así, por ejemplo, el conector de bobinas 94.1 procedente de la primera bobina 82.1 está un poco inclinado en consecuencia hacia el plano de separación 136, para después, algo más cerca del plano de separación 136, adentrarse en la ranura 106'. El conector de bobinas 94.2, en consecuencia, sale de la ranura 105' en una posición que está dispuesta algo más cerca del plano de separación 136. El conector de bobinas 94.2 se adentra después de nuevo en la ranura 105 en la que se encuentra la bobina 82.3, de nuevo en la posición en la ranura 105 más alejada del plano de separación 136.

Mientras que la disposición representada en la figura 13 muestra un hierro de estator 17 o un estator 16 que presenta cinco fases que están dispuestas en 80 ranuras y seis conductores por ranura que presentan seis lados de bobina 88 por ranura, de manera análoga en la figura 16 se representa también un estator 16 de cinco fases cuyos enrollamientos de fase 120 a 124 están dispuestos en 80 ranuras y que presenta cinco lados de bobina 88 por ranura 158.

En la figura 16, la vista del estator 16 es la que está asociada generalmente a un rectificador. El lado contrario es generalmente el lado que está orientado hacia un lado de accionamiento, es decir, una tapa de cojinete que está más cerca de una polea de correa, o en cualquier caso de un accionamiento del rotor.

A continuación, se describe en la figura 17 cómo los enrollamientos de fase 120 a 124 pueden introducirse alternadamente entre sí en el hierro de estator 17. Mientras que en la figura 17a el enrollamiento de fase 120 está introducido igual que en la figura 12a, comparado con la figura 12b el enrollamiento de fase 121 está introducido con los lados de bobina que antes han formado el saliente de enrollamiento 163 en la segunda ranura, estando dispuestas la conexión de fase 95 o la conexión 180 en el mismo lado del hierro de estator 17 que las conexiones 95 o 180 del enrollamiento de fase 120. En otras palabras: El enrollamiento de fase 121 ciertamente es igual desde el punto de vista de la fabricación que el enrollamiento de fase 120, pero ha girado en torno a un eje 190 que está orientado en la dirección de apilamiento de las láminas 166, y concretamente en 180°.

El enrollamiento de fase 122 está introducido de nuevo exactamente igual en el hierro de estator 17 que en el caso de la figura 12c; el enrollamiento de fase 123 está girado de nuevo con respecto al enrollamiento de fase 120 en torno al eje 190 y a la vez de nuevo, como en la figura 12d, está introducido comenzando en la cuarta ranura en el hierro de estator 17. Como se muestra en la figura 17b, el enrollamiento de fase 121 está, también empezando en la segunda ranura, como el enrollamiento de fase 121 de acuerdo con la figura 12b. El enrollamiento de fase 124 se muestra dispuesto exactamente como en la figura 12e. Los enrollamientos de fase 121 a 124 tienen de nuevo salientes de enrollamiento 163 que ocupan las mismas ranuras o se extienden en las mismas posiciones de ranura que en el ejemplo de realización de acuerdo con la figura 12. Los salientes de enrollamiento del enrollamiento de fase 121 o 123, sin embargo, están contruidos de manera un poco diferente y presentan en cada caso una conexión de fase 95.

De acuerdo con el ejemplo de realización según la figura 17, partiendo del correspondiente extremo frontal 176 o 177, hay en cada caso n conexiones de fase 95 en las ranuras 158 en la zona del extremo frontal 176. En las ranuras 158 en la zona del extremo frontal 177, así como del extremo frontal 176, se encuentran distribuidas conexiones de fase 180.

En las figuras 18a-d se representan dos diferentes ejemplos de realización de cabezales de enrollamiento 152 en el lado del estator 16 que están situados más cerca del rectificador. Así, por ejemplo, en el lado exterior radial puede estar previsto un cabezal de enrollamiento 152 de tal modo que un conector de bobinas 94.2 de un grupo de conectores de bobinas 94.2 que unen primeras bobinas 82.1 con segundas bobinas 82.2 no esté configurado como los otros triangularmente, sino cuadrado. En el lado interior de este cabezal de enrollamiento 152, por ejemplo, los espacios intermedios entre los brazos de un lado de conectores de bobinas triangulares 94.1 están cerrados con una colada 300 o una capa adhesiva 303. Sin embargo, también pueden estar cerrados todos los espacios intermedios de un grupo de conectores de bobinas 94.3. Ambas cosas pueden estar realizadas alternativamente.

Las figuras 18c y 18d muestran diferentes disposiciones de conectores de bobinas 94. Así, en el ejemplo de realización representado en ellas, en el lado interior del cabezal de enrollamiento 152, solo están configurados conectores de bobinas rectangulares 94.1 y 94.3 que, además, están nivelados o escalonados (desviación máxima creciente del cabezal de enrollamiento). Por el contrario, los conectores de bobinas 94.2 y 94.4 están realizados en el lado exterior radial de manera uniforme y triangular.

En la figura 19 se muestra una vista de un hierro de estator 17 de acuerdo con la figura 12a a 12b después de que se hayan introducido los enrollamientos de fase 120 a 124 en el hierro de estator 17. El correspondiente fragmento muestra las ranuras 158 en la posición 6 hasta la ranura 158, esta última incluida, en la posición 25. En este caso, el diseño de los conectores de bobinas 94.1 o 94.2 es tal que estos se extienden en forma triangular axialmente hacia fuera. Cada conector de bobinas 94.1 cruza otros conectores de bobinas 94.1 un total de cuatro veces. Lo mismo se cumple para los conectores de bobinas 94.2 en la figura 17a. Los conectores de bobinas 94.1 pueden estar realizados triangularmente como se muestra en la figura 19a, pero no es necesario, sino que pueden estar realizados también con forma curvada (semicirculares). En cualquier caso, estos conectores de bobinas curvados pueden cruzar conectores de bobinas 94 adyacentes también cuatro veces.

En el ejemplo de realización según la figura 19b, se representa la situación que presenta para un hierro de estator 17 con los enrollamientos de fase 121 a 124 según la figura 17. Los conectores de bobinas 94.1 están distribuidos uniformemente en el perímetro del hierro de estator 17 o también en el estado plano en toda la longitud del hierro de estator 17. Esto tiene, por ejemplo, la ventaja de que de esta manera no resultan puntos de discontinuidad en el perímetro del estator y, de esta manera, el desarrollo de ruidos es más bien uniforme. En la figura 19c se representa una variación del ejemplo de realización según la figura 19b, en la que los conectores de bobinas 94.1, por un lado, sobresalen con forma rectangular de las ranuras 158 y, por otro lado, adoptan diferentes posiciones en dirección axial. Esto tiene la ventaja de que el denominado cabezal de enrollamiento o las zonas de cabezal de enrollamiento 152 no se extienden tanto en dirección radial. El cabezal de enrollamiento o la zona de cabezal de enrollamiento 152 tiene una extensión radial menor que los ejemplos de realización según las figuras 19a y 19b.

En la figura 20a-d se representan las diferentes secuencias de montaje. Así, en primer lugar, está previsto que, tras la disposición del hierro de estator 17, se introduzcan las láminas aislantes 200 en las ranuras 158. En una forma de realización preferente, las láminas aislantes están realizadas de tal modo que sus extremos orientados en dirección hacia una cabeza de diente 203 acaban por debajo de la cabeza de diente 203 aún en la ranura 158 sin estrechar la hendidura de ranura 175, véase también la figura 20b. Tras la introducción de la lámina aislante, se introducen los

enrollamientos de fase 120 a 124 en el hierro de estator 17 previamente aislado. Los lados de bobina 88 de los enrollamientos de fase 120 a 124 han sido conformados antes en su sección transversal y, a este respecto, la sección transversal ha sido adaptada a la forma de ranura en el estado flexionado circularmente del hierro de estator 17. Mediante la conformación del alambre, redondo en su estado de partida, se pretende que el cabezal de enrollamiento 152 no aumente radialmente. En consecuencia, está previsto que los lados de bobina previstos para una ranura 158 presenten en toda su extensión radial una altura h_2 que, tras la conformación o estampado de los lados de bobina 88 de una ranura, sea mayor que la altura h_1 de la totalidad de los lados de bobina 88 que está prevista para una ranura 158. La altura h_1 es a este respecto la suma de los lados de bobina 88.1 a 88.5 no estampados (sección transversal de cobre con aislante de laca o resina). Tras la introducción, figura 20c, de los lados de bobina 88 de los enrollamientos de fase 120 a 124, se flexiona circularmente el hierro de estator 17 de tal modo que se genera un hierro de estator con forma cilíndrica o de anillo cilíndrico y, en su conjunto, un estator 16.

De acuerdo con las figuras 21a, b y c, para un enrollamiento de estator 18 de cinco fases están previstos diferentes tipos de interconexiones para los enrollamientos de fase 120 a 124 entre sí y con un circuito rectificador. De acuerdo con la figura 21a, está previsto un denominado circuito de pentáculo (circuito de pentagrama de cinco fases o circuito como estrella de cinco puntos): de acuerdo con la 21b, un circuito en estrella de cinco fases y, de acuerdo con la figura 21c, un circuito de pentagrama de cinco fases o circuito anular de cinco fases.

El enrollamiento de estator 18 de la máquina eléctrica 10 debe estar equipado con n enrollamientos de fase 120, 121, 122, 123, 124, debiendo estar fabricado al menos un enrollamiento de fase 120, 121, 122, 123, 124 según uno de los ejemplos de realización anteriormente descritos.

Está previsto un estator 16 para una máquina eléctrica 10, presentando este un hierro de estator 17 y teniendo el hierro de estator 17 una abertura 184 esencialmente central, con ranuras 158 y dientes 170 en el hierro de estator 17 que se abren radialmente hacia dentro hacia la abertura central 184, con un enrollamiento de estator 18 con varios enrollamientos de fase 120, 121, 122, 123, 124 de un número determinado n , estando dispuestas secciones de un enrollamiento de fase 120, 121, 122, 123, 124 en varias ranuras 158 y estando dispuestas a este respecto bobinas 82 con lados de bobina 88 en varias ranuras 158, estando introducidos varios lados de bobina 88 de una bobina 82 con varias espiras 85 superpuestas en una ranura y estando introducidos y apilados otros varios lados de bobina 88 de la bobina 82 en otra ranura 158, asentándose un enrollamiento de estator 18 como se ha descrito en las ranuras del estator 16.

Alternativamente, el estator puede describirse del siguiente modo: Está previsto un estator 16 para una máquina eléctrica 10, presentando este un hierro de estator 17 y teniendo el hierro de estator 17 una abertura 184 esencialmente central, con ranuras 158 y dientes 170 en el hierro de estator 17 que se abren radialmente hacia dentro hacia la abertura central 184, con un enrollamiento de estator 18 con varios enrollamientos de fase 120, 121, 122, 123, 124 de un número determinado n , estando dispuestas secciones de un enrollamiento de fase 120, 121, 122, 123, 124 en varias ranuras 158 y estando dispuestas a este respecto bobinas 82 con lados de bobina 88 en varias ranuras 158, estando introducidos varios lados de bobina 88 de una bobina 82 con varias espiras 85 superpuestas en una ranura y estando introducidos y apilados otros varios lados de bobina 88 de la bobina 82 en otra ranura 158, teniendo el enrollamiento de fase 120, 121, 122, 123, 124 varias de tales bobinas 88.1, 88.2 que están unidas entre sí de una sola pieza de manera directamente consecutiva, estando unidas entre sí dos bobinas 82.1, 82.2 unidas entre sí de una sola pieza de manera directamente consecutiva en un perímetro interior del hierro de estator 17 por medio de un conector de bobinas 94.1 de una capa, y estando unidas entre sí dos bobinas 82.2, 82.3 unidas entre sí de una sola pieza de manera directamente consecutiva en un perímetro exterior del hierro de estator 17 por medio de un conector de bobinas 94.2 de una capa.

Preferentemente, los enrollamientos de fase 120 a 124 deben presentar un número de conductores z /ranura de seis, el diámetro de alambre debe ser a este respecto $d = 1,95$ mm, el aislamiento debe realizarse con el grado 2. El alambre tiene a este respecto originalmente una sección transversal redonda y se estampa a una forma de ranura o sección de forma de ranura correspondientemente a su posición de ranura. El factor de llenado, es decir, la relación de las secciones transversales de alambre que se encuentran en una ranura incluido el aislante de alambre (laca, resina) con respecto a la sección transversal de ranura (hierro) debe ser menor del 75 %.

De acuerdo con la figura 22, una sección transversal de ranura debe estar dimensionada de la siguiente manera: $d_{1a} = 140$ mm, $d_{1i} = 106$ mm, la longitud axial l_e (en dirección axial de rotación del rotor) debe ser de 37 mm. El número total de las ranuras 158 debe ser 80. En una realización especial, el arco z para 79 ranuras debe presentar aproximadamente $4,51^\circ$. Los diámetros d_1 y d_2 deben ser de 131,3 mm o 108 mm. La ranura 158 construida simétricamente presenta distancias al centro c_1 y c_2 que son de 2,2 o 1,6 mm. De estas distancias al centro, es decir, desde los respectivos puntos finales de las dos longitudes indicadas, parten radios r_1 y r_2 que son en cada caso de 0,3 mm. La hendidura de ranura presenta una anchura de 1,45 mm. La hendidura de ranura está redondeada hacia el lado orientado hacia la ranura 158 con $r_3 = 0,3$ mm; hacia el diámetro interior, la hendidura de ranura está redondeada con $r_4 = 0,3$ mm. La anchura máxima de un diente es en la cabeza de diente de 2,04 mm. El paso de ranura τ_1 es en la base de ranura de 5,16 mm, mientras que el paso de ranura τ_2 en la cabeza de diente es de 4,24 mm. La anchura de diente se eleva en la cercanía de la base de ranura a $b_{z1} = 2,36$ mm. La anchura de diente en la cercanía de la base de ranura se mide perpendicularmente a la dirección radial desde el centro del diente en el punto en el que

ES 2 775 100 T3

el diente con r_2 se prolonga en la curvatura de la cabeza de diente. La altura de yugo h_J es de 4,05 mm. De esta manera, resultan para las superficies de cobre (conductores sin aislante) una superficie de 17,9 mm² con una superficie de ranura de 30,5 mm². Así se obtiene un factor de llenado de cobre de 58,8.

- 5 La figura 23 muestra una sección longitudinal esquemática del hierro de estator 17 y el rotor 20. El diámetro exterior d_p debe ser de 105,3 mm, el diámetro del árbol 27 debe ser de 17 mm. El número polar, es decir, el número de las garras debe ser 16. Las otras magnitudes ofrecidas son el diámetro de núcleo polar d_k , la longitud de núcleo polar l_k , el espesor de placa l_{pk} de una garra polar, un chaflán que está determinado, por un lado, por el ángulo β_{ak1} y la longitud l_s , el diámetro interior d_{i2} en la punta de garra, el diámetro d_{pka} en el espacio intermedio entre dos garras polares, así como un diámetro en el punto de intersección teórico del lado inferior de la garra polar con la superficie frontal interior 210 de una placa.
- 10

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para la fabricación de un enrollamiento de estator (18) de una máquina eléctrica (10), en particular de un alternador, presentando el enrollamiento de estator (18) al menos n enrollamientos de fase (120, 121, 122, 123, 124) y enrollándose para un enrollamiento de fase (120, 121, 122, 123, 124) varias bobinas (82) con lados de bobina (88) y conectores de lados de bobina (91) de manera directamente consecutiva, dividiéndose las bobinas (82) en primeras bobinas (82.1) y segundas bobinas (82.2), con una herramienta de conformación (100) en la que están presentes ranuras (105, 106; 105', 106') que son apropiadas para alojar las bobinas (82), estando dispuesta una primera bobina (82.1) en una ranura (105; 105') de la herramienta de conformación (100) y una segunda bobina (82.2) en otra ranura (105; 105') de la herramienta de conformación (100), caracterizado por que entre la primera bobina (82.1) y la segunda bobina (82.2) se disponen n-1 ranuras (105, 106; 105', 106'), siendo conformadas las bobinas (82) de un enrollamiento de fase (120, 121, 122, 123, 124) tras el enrollamiento de espiras (85) de tal modo que los lados de bobina (88) de una bobina (82) al menos están dispuestos prácticamente en un plano y dos bobinas directamente adyacentes (82.1, 82.2) de un enrollamiento de fase (121, 122, 123, 124, 125) presentan entre sí un conector de bobinas (94.1) unido de una sola pieza con las dos bobinas directamente adyacentes (82.1, 82.2), siendo giradas la una bobina (82.1) y la otra bobina (82.2) con respecto al conector de bobinas (94.1) en cada caso en una magnitud de esencialmente noventa grados angulares, siendo las direcciones de rotación opuestas entre sí, insertándose uno o varios enrollamientos de fase (121, 122, 123, 124, 125) en ranuras (105, 106; 105', 106') de una herramienta de conformación (100) y desplazándose un grupo (133) de los lados de bobina (88) con respecto al otro grupo (130) de los lados de bobina (88) de la misma bobina (82) y siendo conformados por que, entre los dos grupos (130, 133) de los lados de bobina (88), están dispuestas n -1 ranuras (105, 106; 105', 106').
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que cada bobina (82) es enrollada con un número de espiras (85) que sea par o impar.
- 25 3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que una bobina (82) es enrollada con un número de espiras (85) que es par y otra bobina (82) es enrollada con un número de espiras (85) que sea impar.
- 30 4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado por que la una bobina (82) es una primera bobina (82.1) y la otra bobina (82) es una segunda bobina (82.2), estando dispuestas, entre la primera bobina (82.1) y la segunda bobina (82.2) n - 1 ranuras (105,106; 105', 106').
- 35 5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado por que las espiras (85) de una bobina (82) están superpuestas al menos parcialmente.
- 40 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la herramienta de conformación (100) tiene parte inferior (101) provista de ranuras (105, 105') y una parte superior (102) provista de ranuras (106, 106'), presentando las ranuras (105, 106) o bien una misma profundidad de ranura o diferentes profundidades de ranura.
- 45 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los lados de bobina (88) de una bobina (82) se estampan en una herramienta de estampado (186).
- 50 8. Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado por que diferentes lados de bobina (88) están estampados de manera diferente.
- 55 9. Procedimiento según la reivindicación 7 u 8, caracterizado por que los lados de bobina (88) se estampan tras el enrollado o tras el desplazamiento.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los lados de bobina (88) se estampan tras el desplazamiento.
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 7 a 10, caracterizado por que las bobinas (82) obtienen una zona de transición estampada (149) entre lados de bobina (88) y conectores de lados de bobina (91)

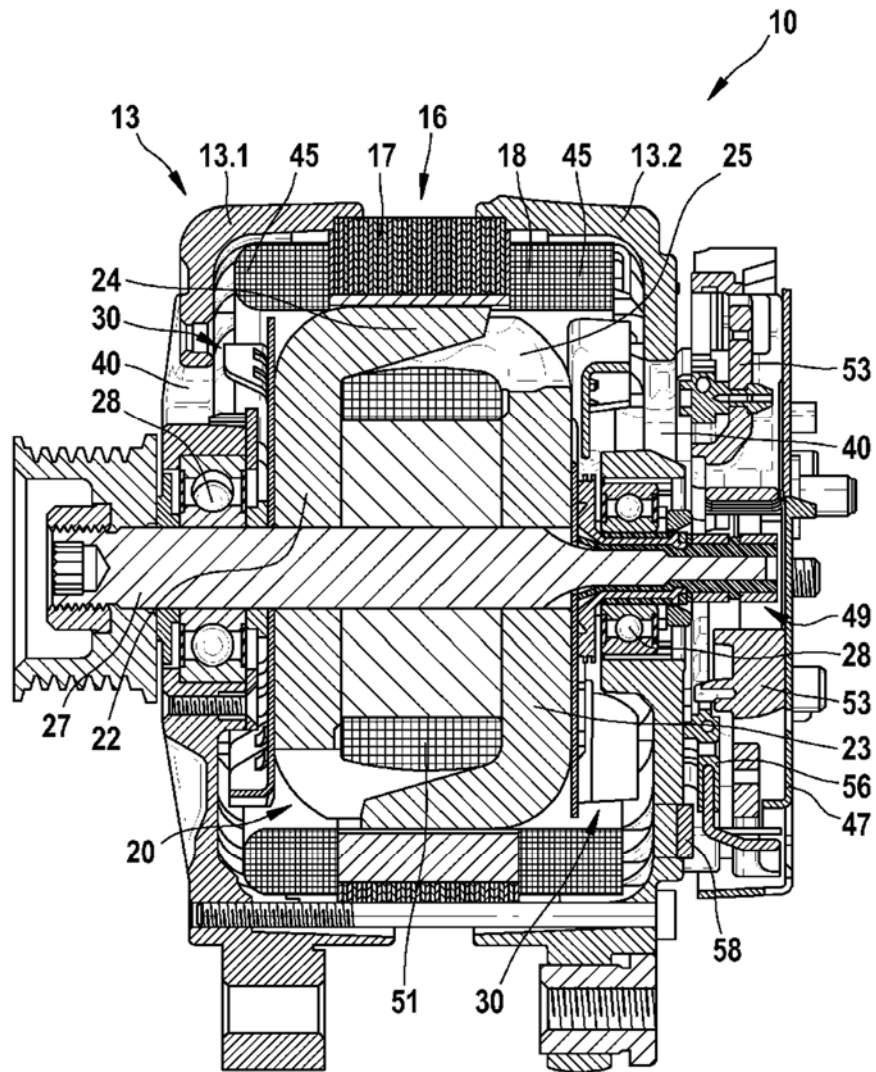


Fig. 1

Fig. 2

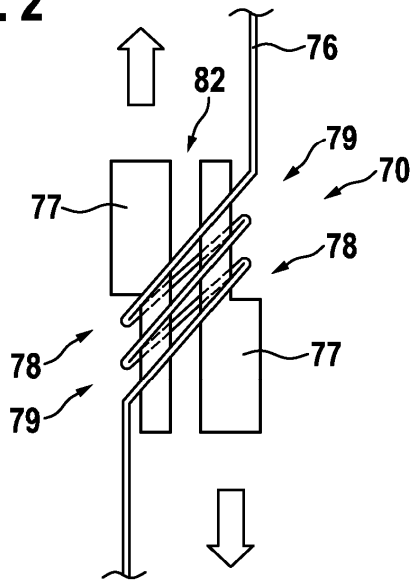


Fig. 3

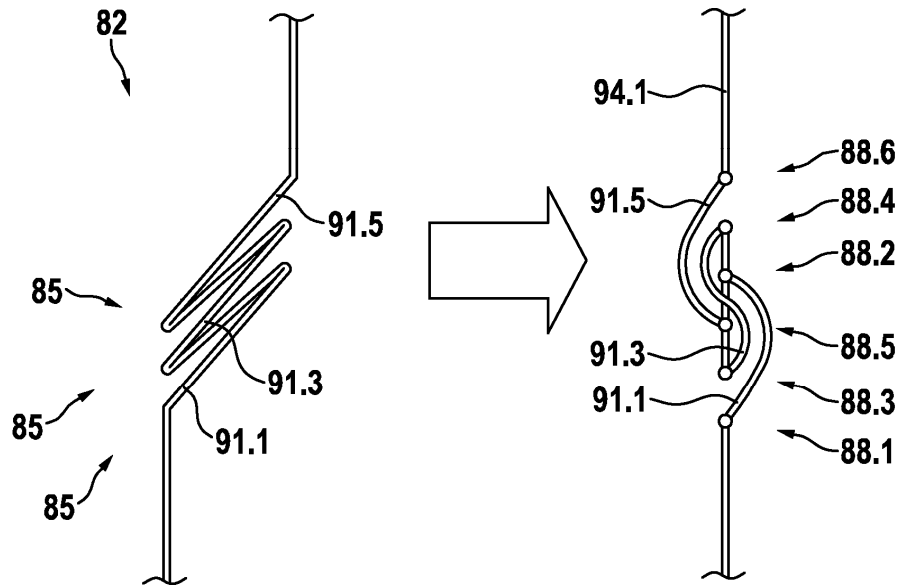


Fig. 4a

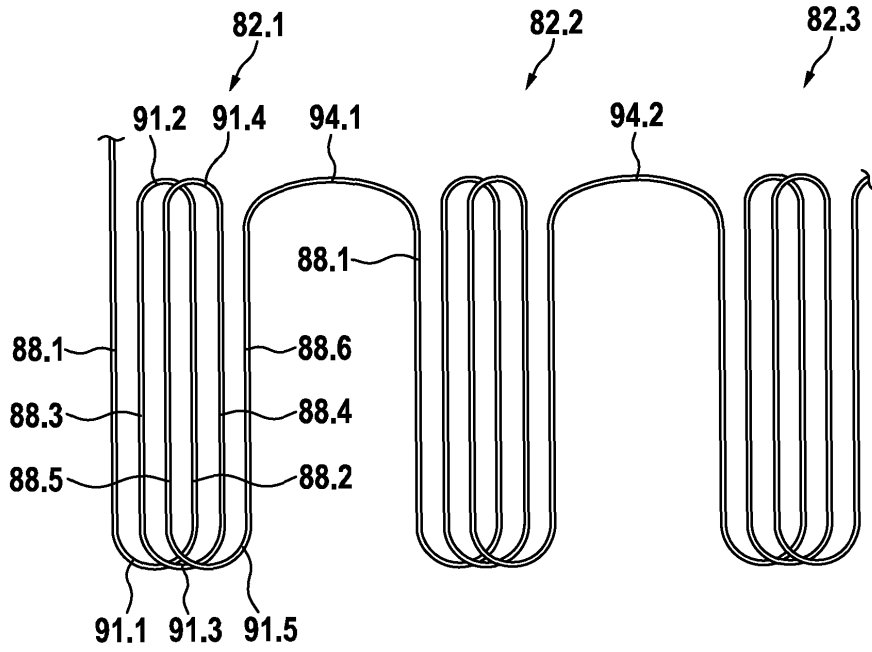


Fig. 4b

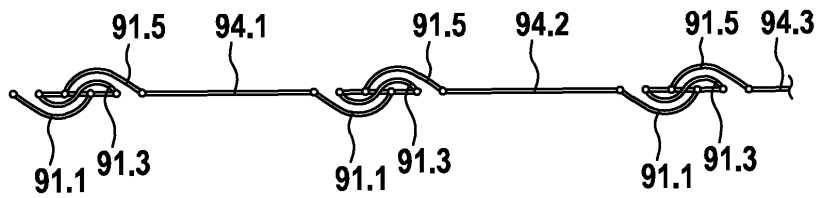


Fig. 5a

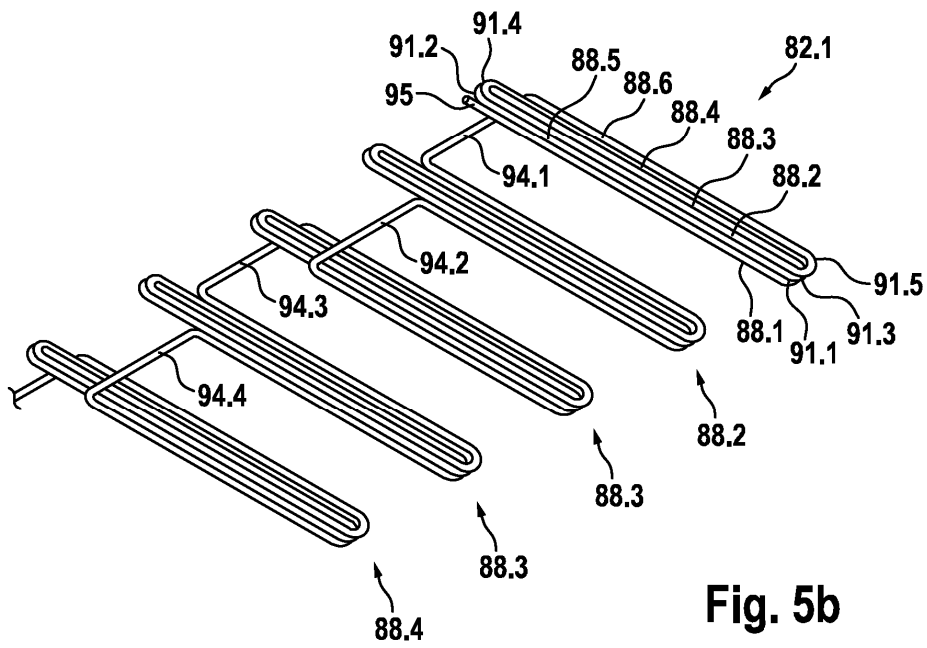
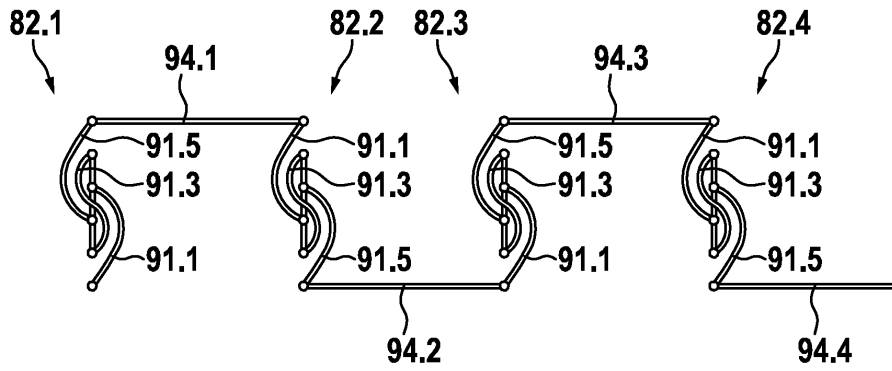
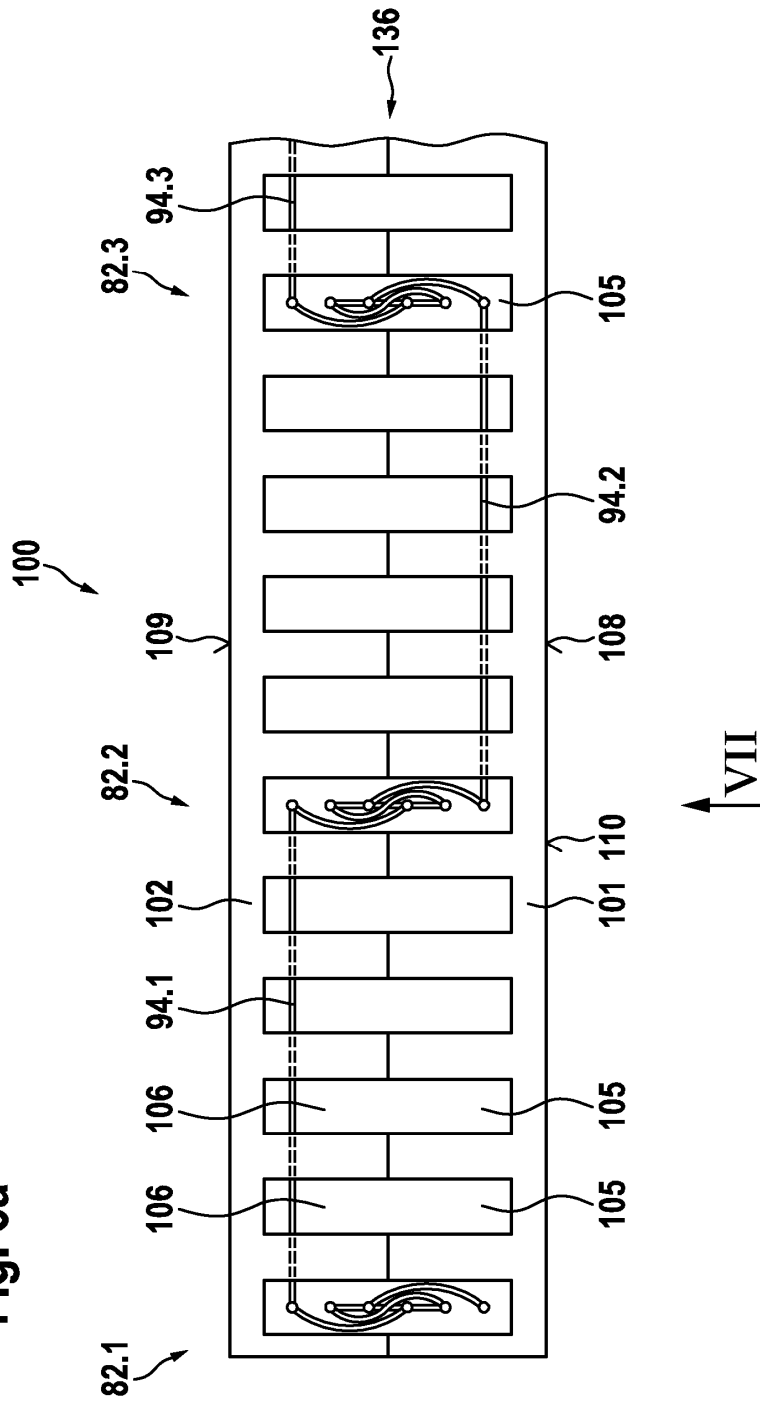


Fig. 5b

Fig. 6a



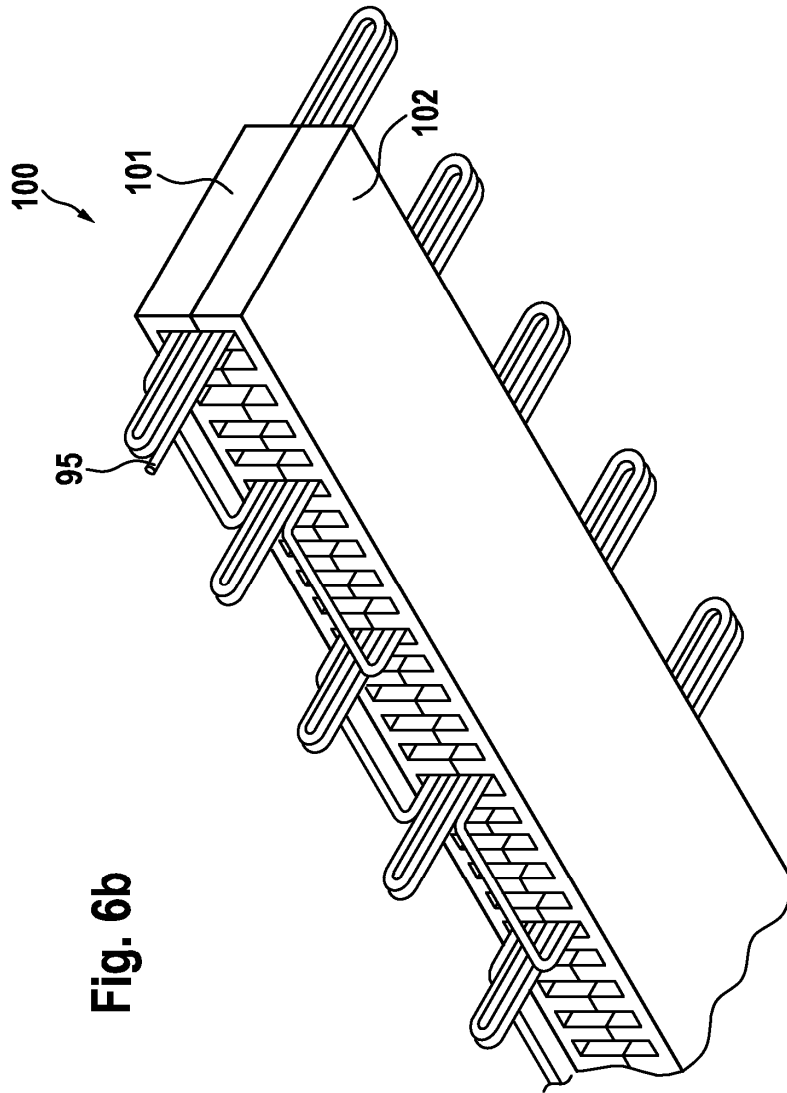


Fig. 6b

Fig. 7

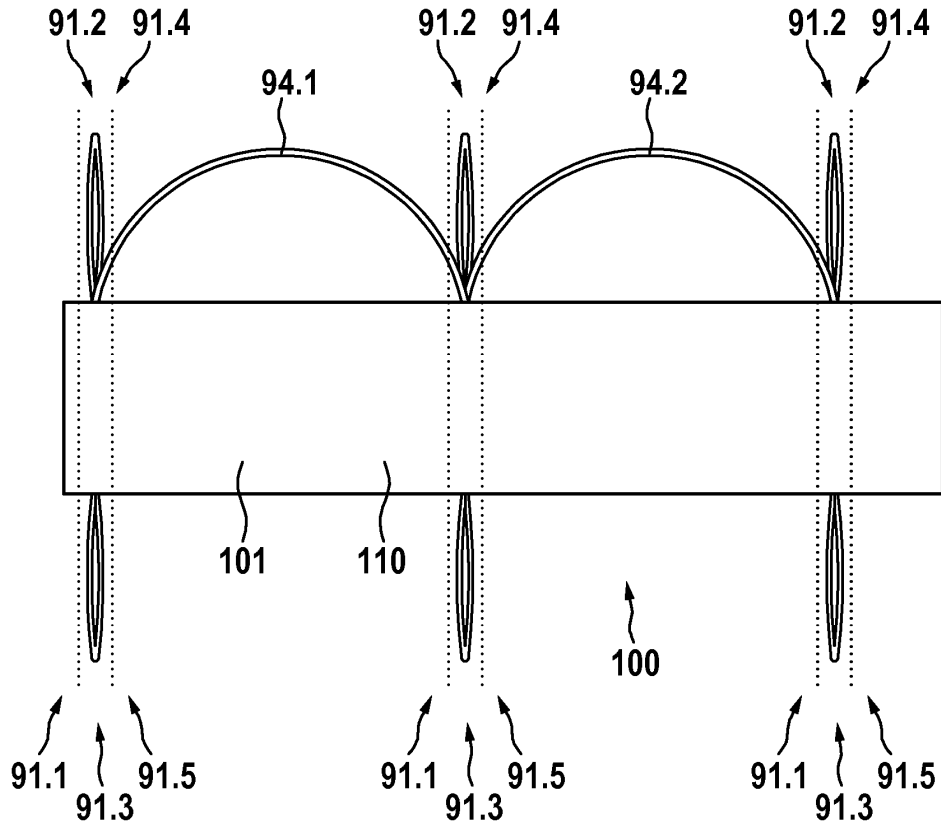
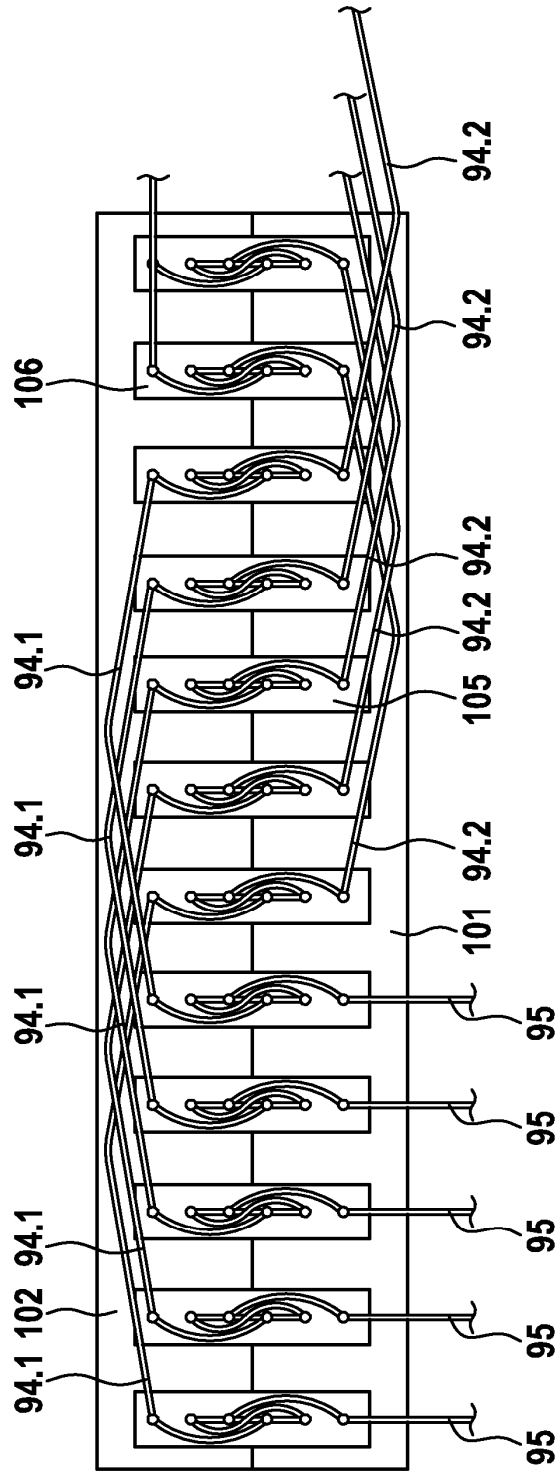


Fig. 8a



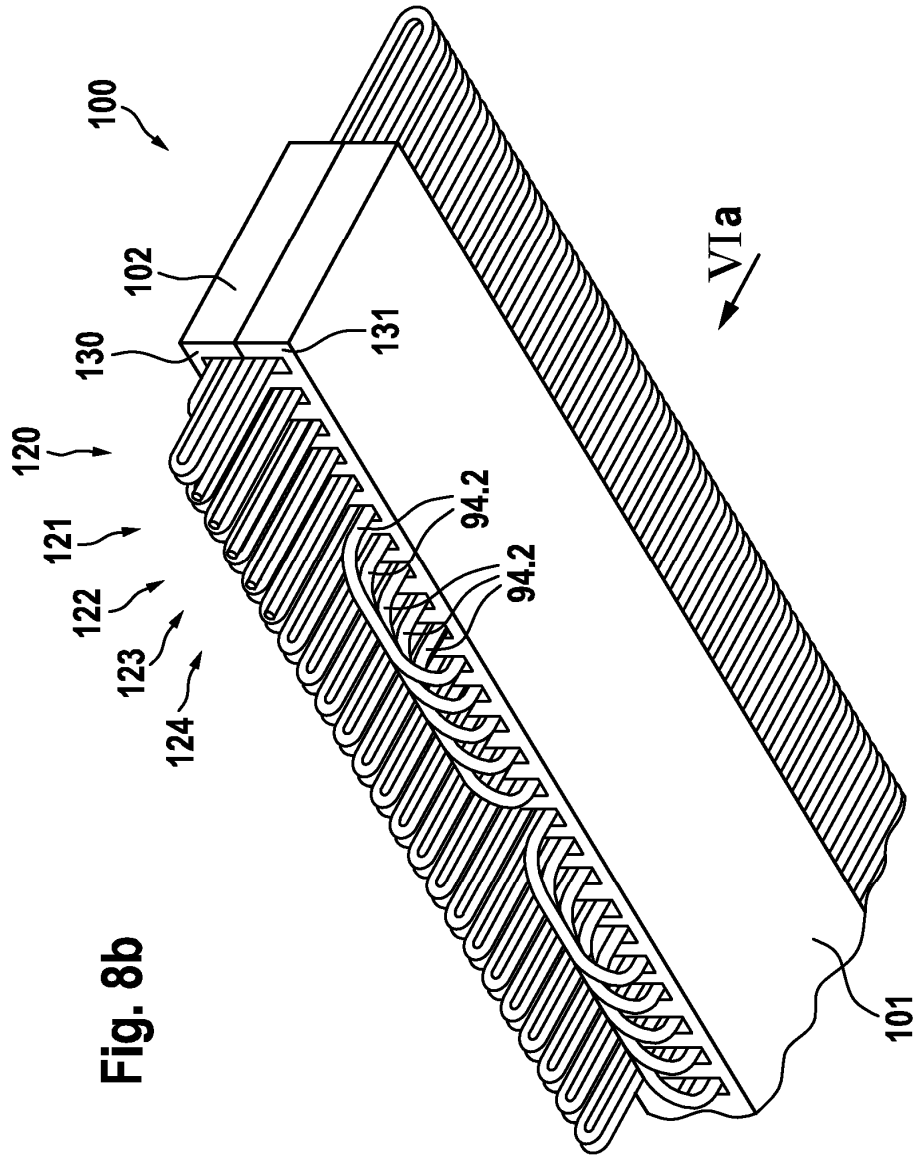


Fig. 8b

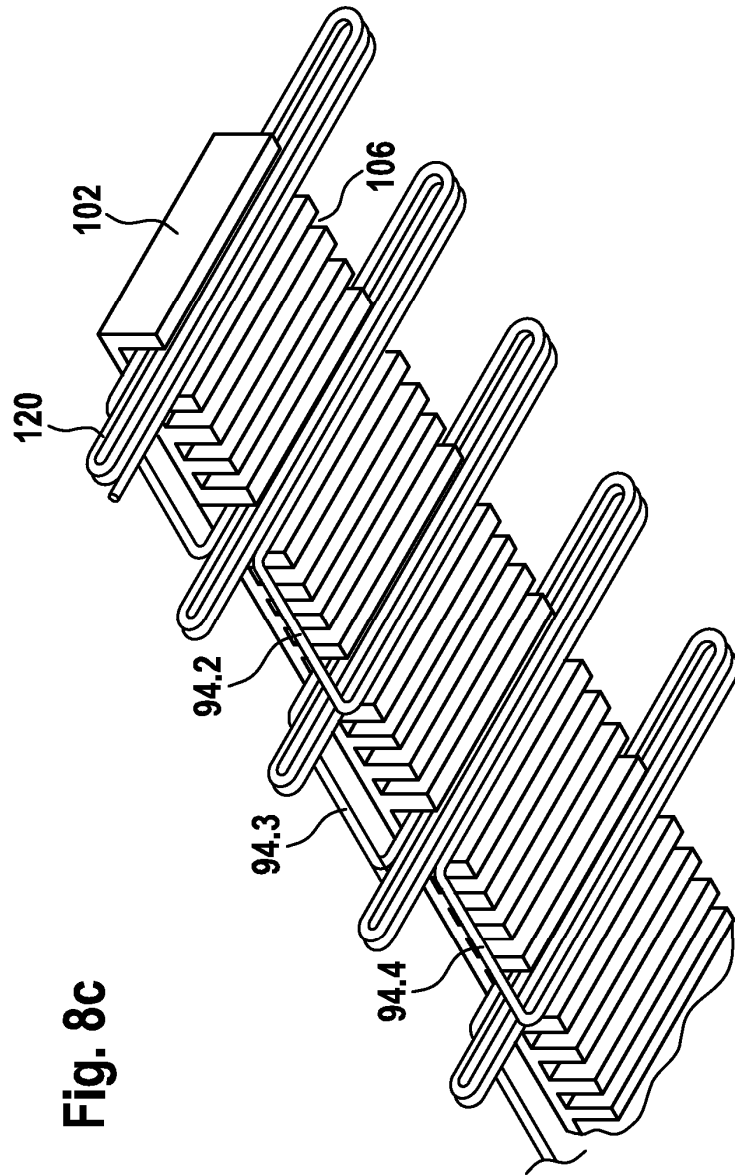


Fig. 8c

Fig. 9

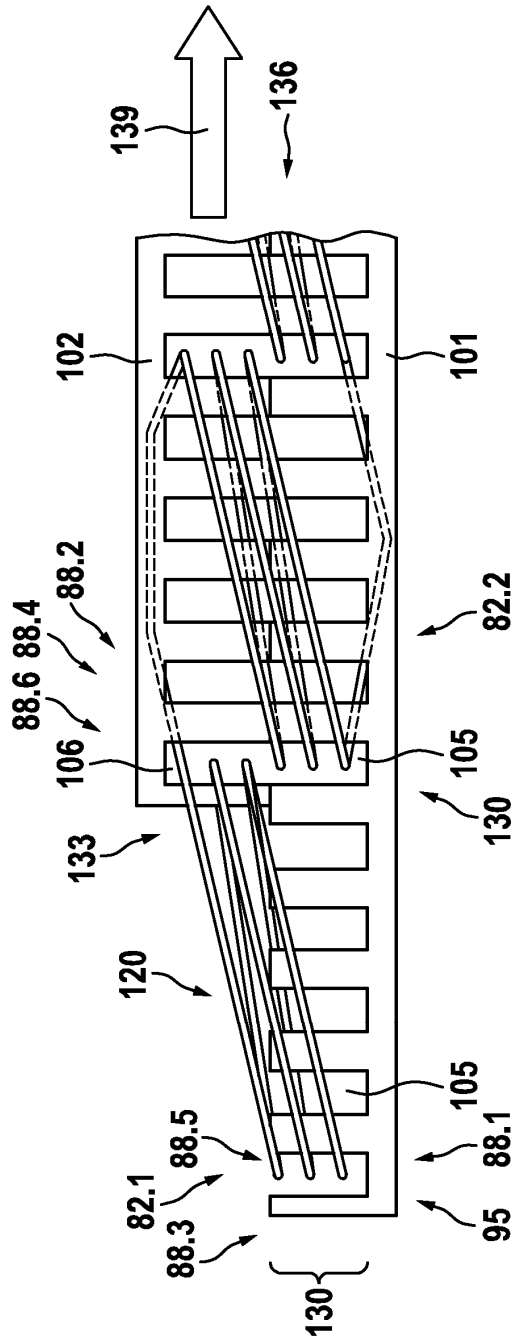


Fig. 10

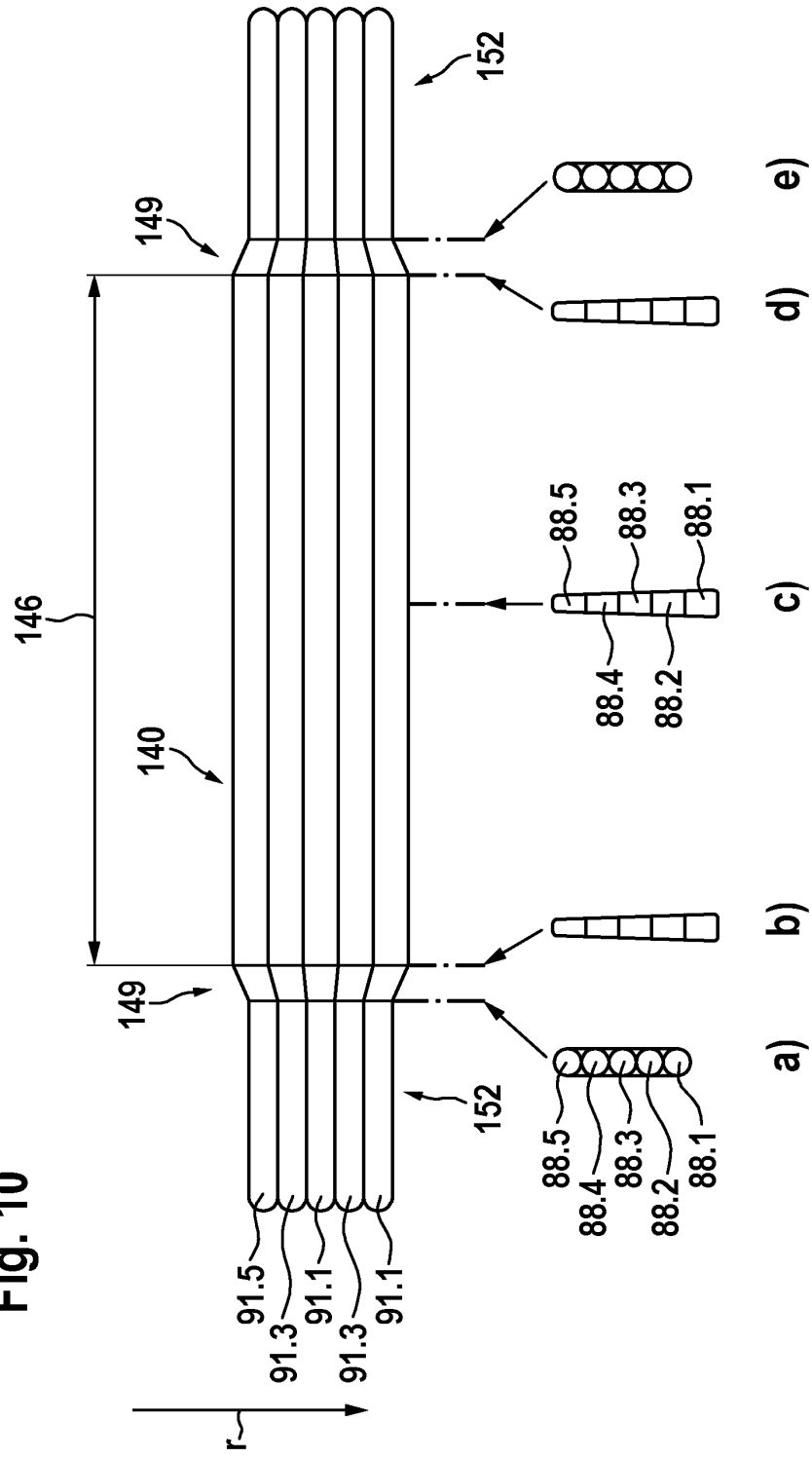


Fig. 11a

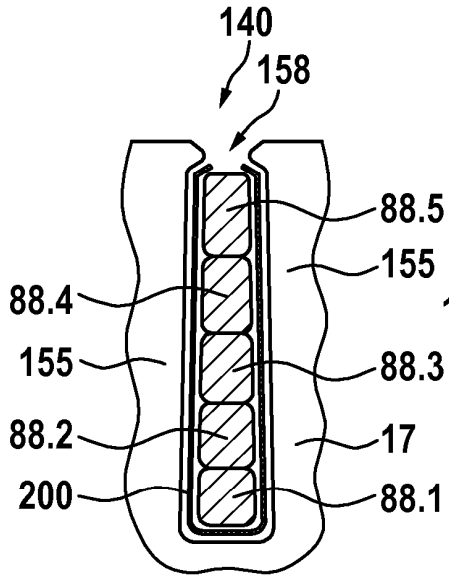


Fig. 11b

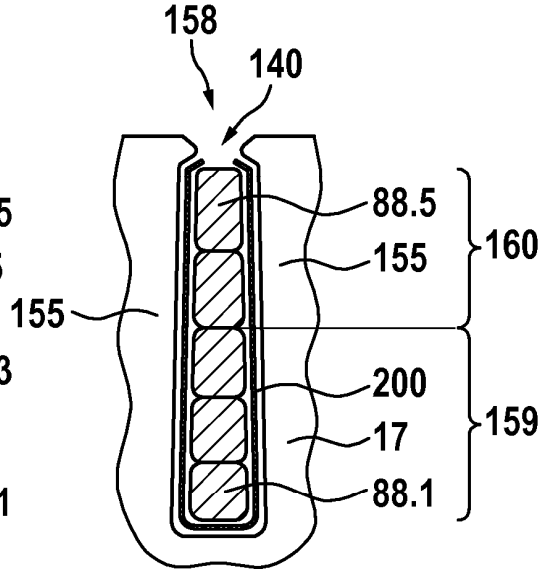


Fig. 11c

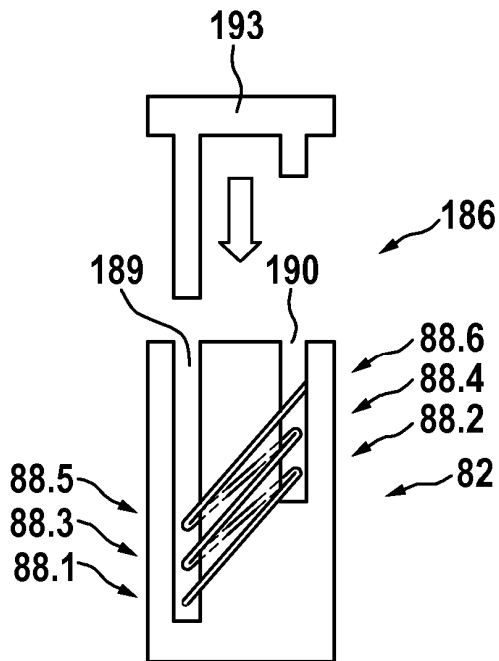
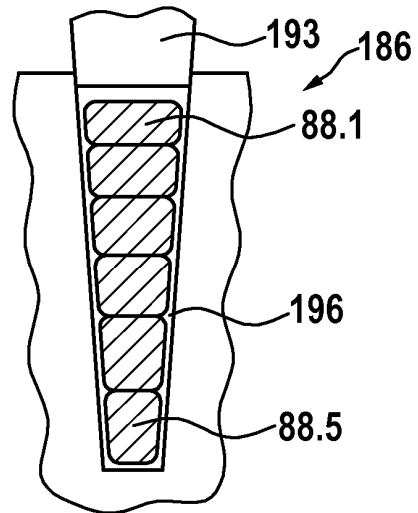
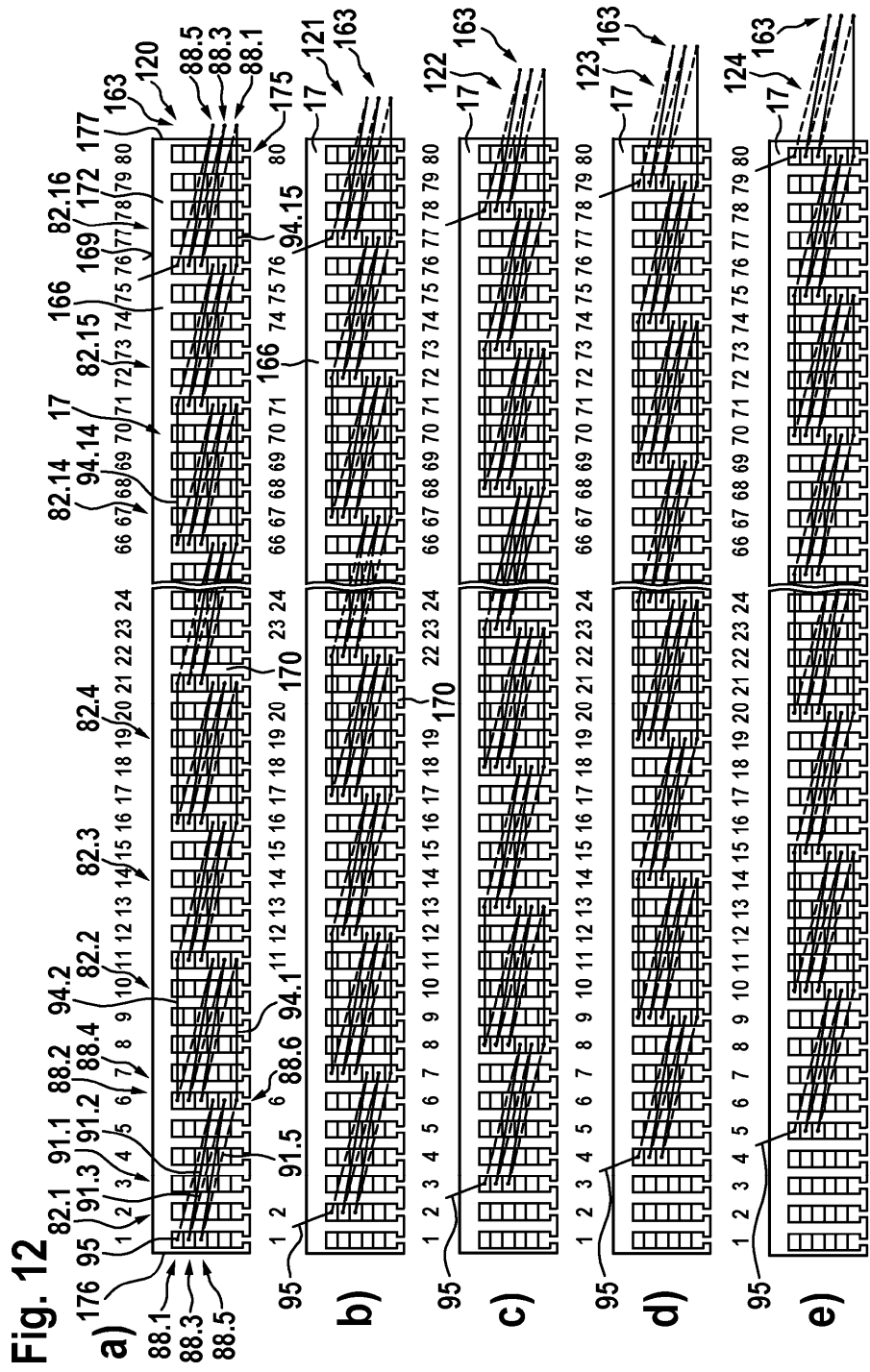


Fig. 11d





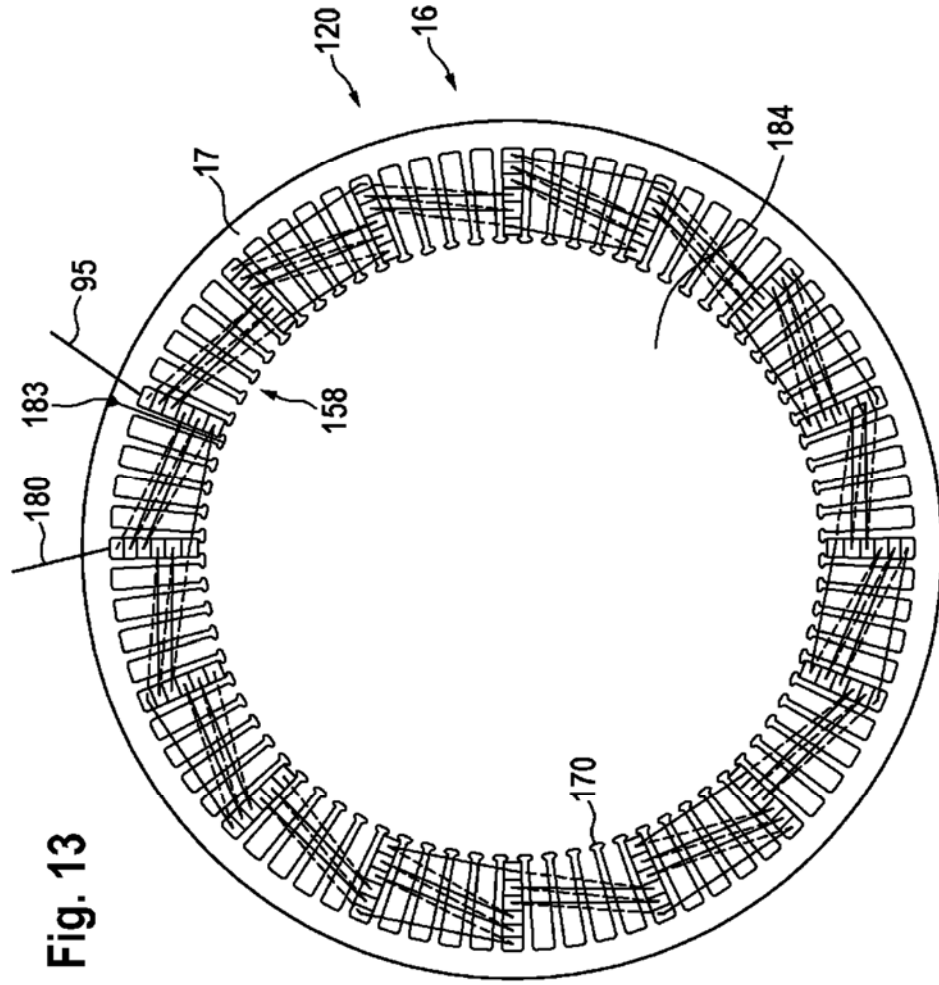


Fig. 13

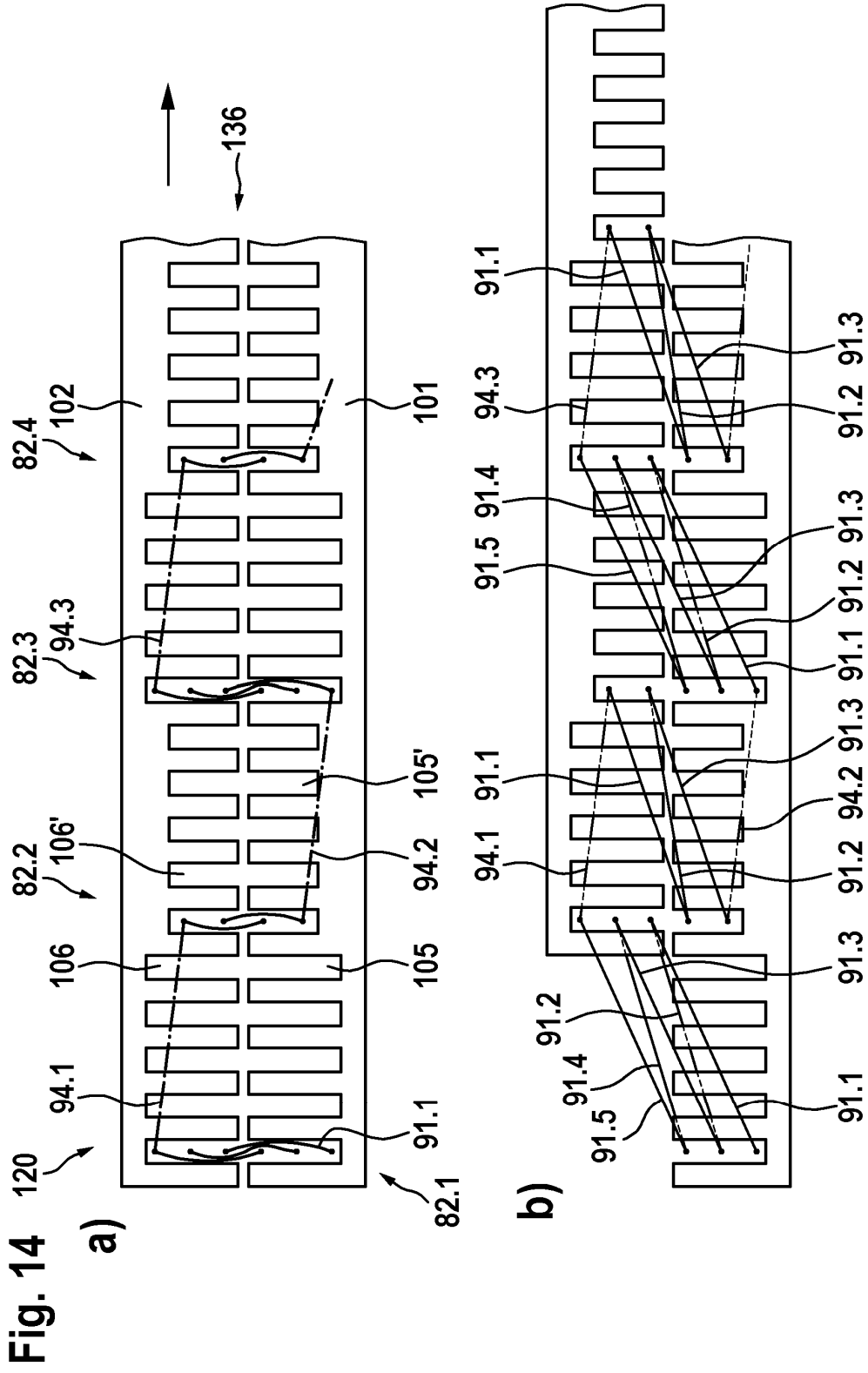
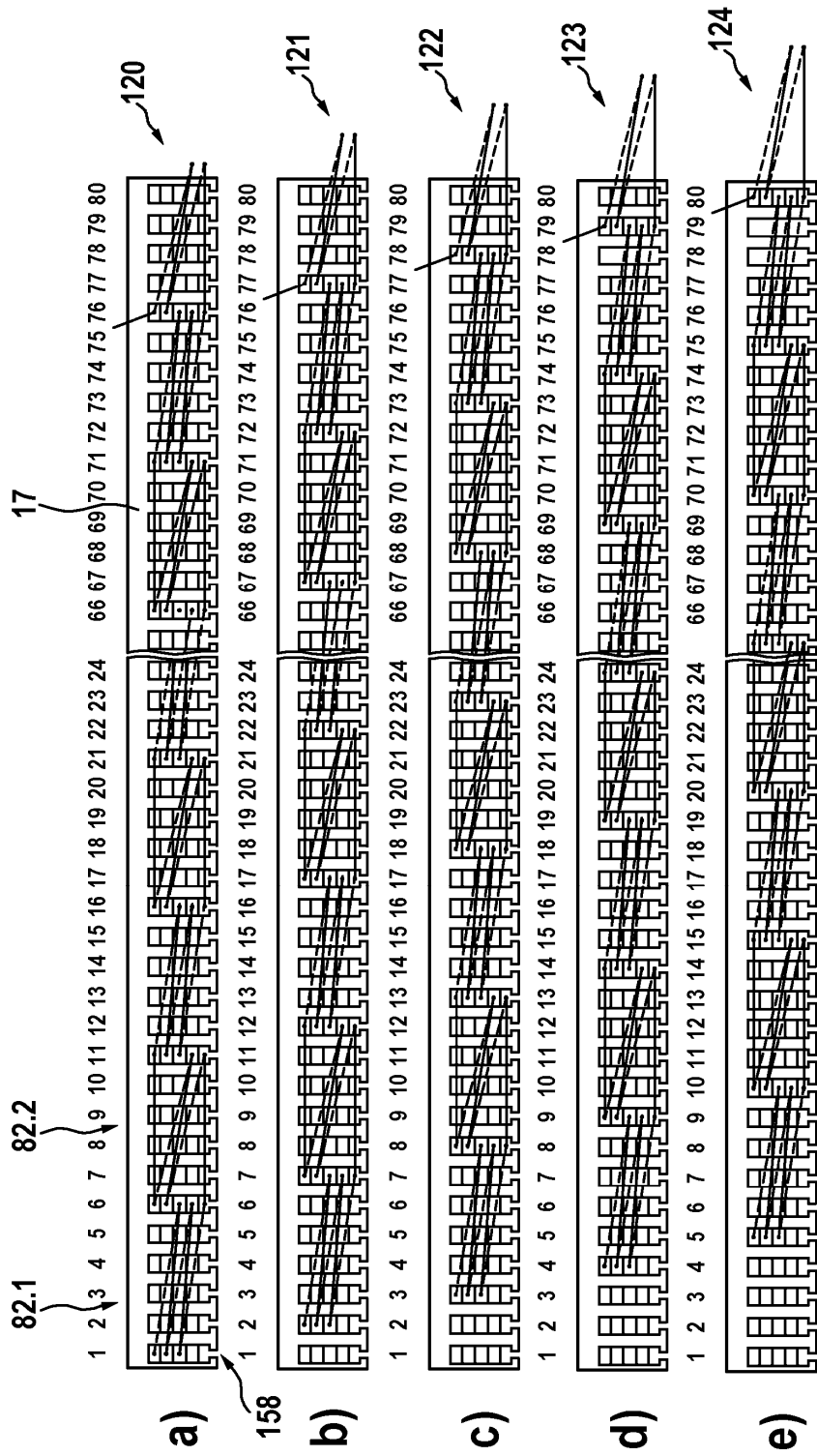


Fig. 15



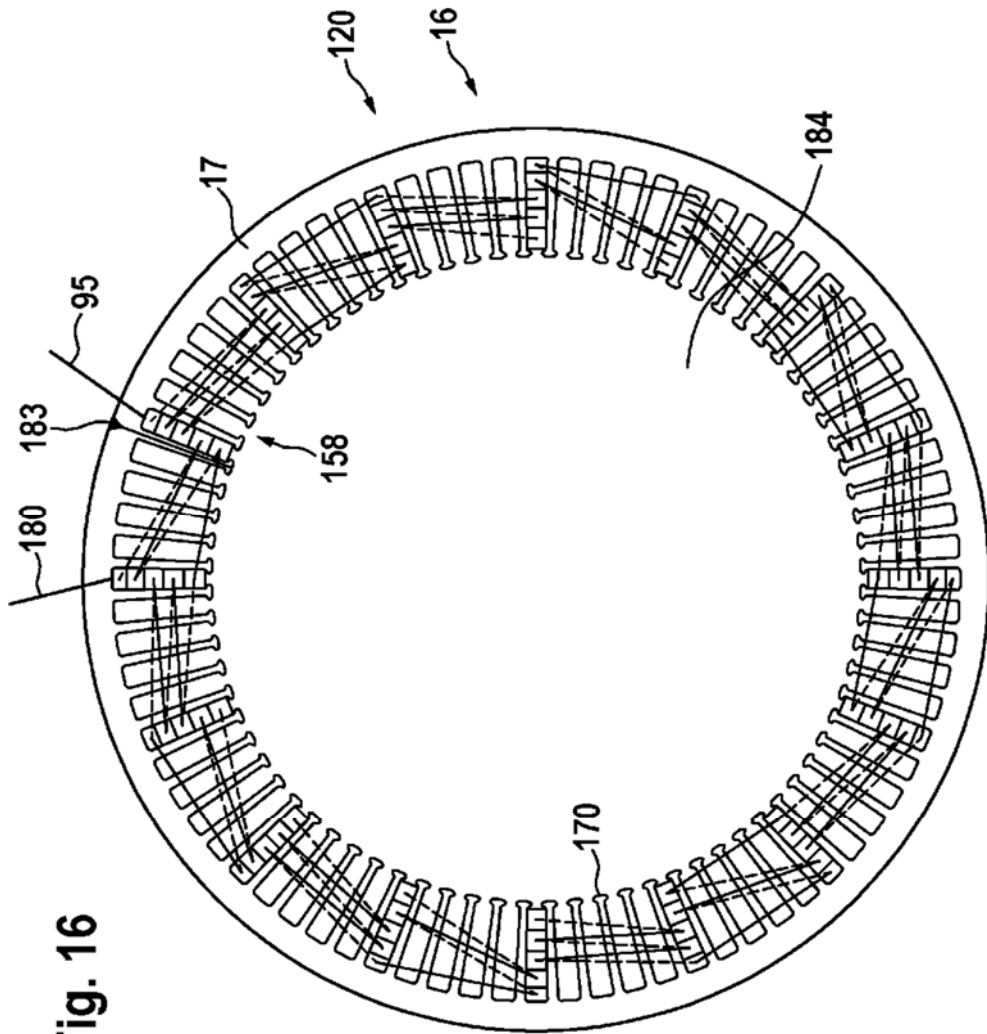


Fig. 16

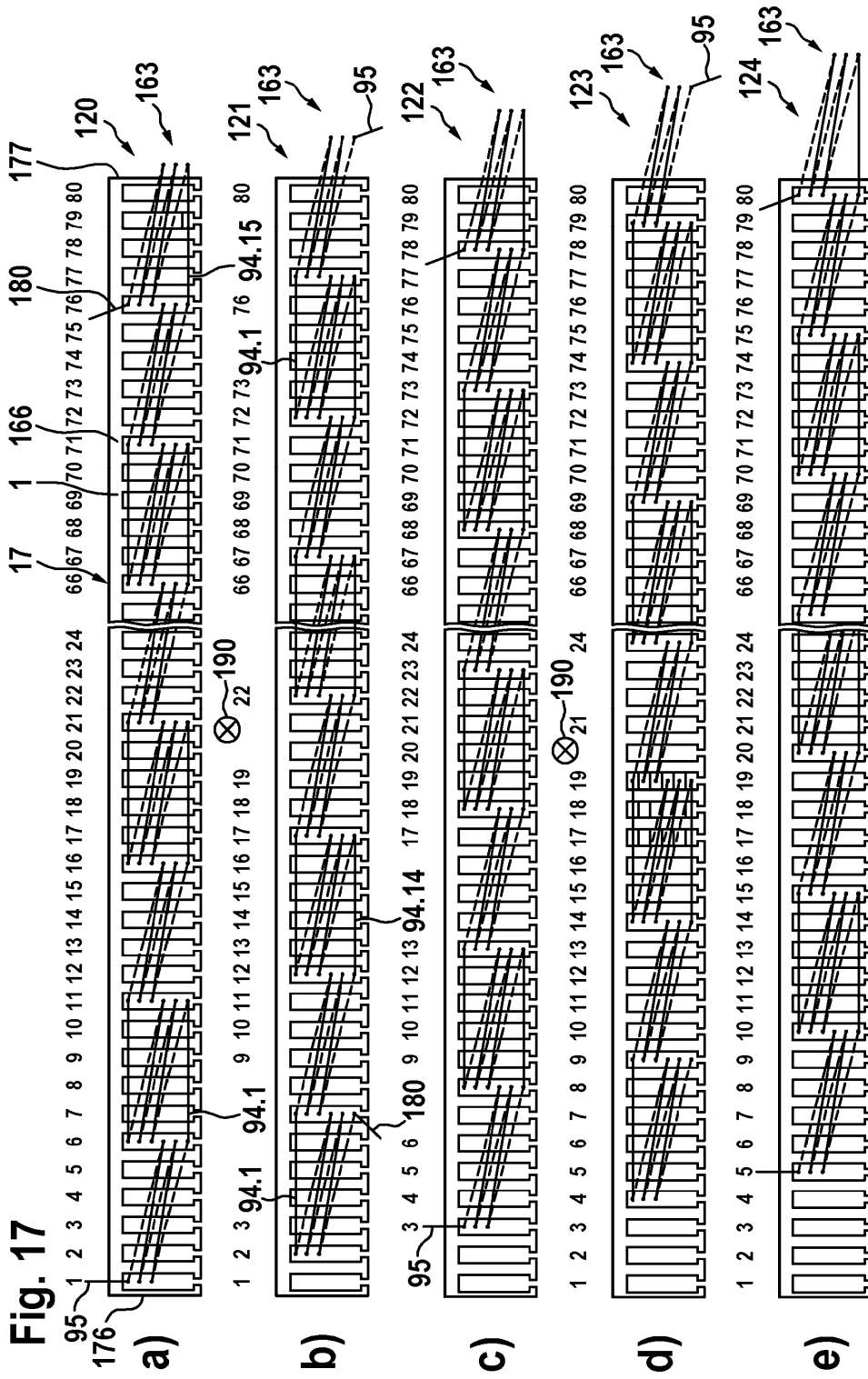


Fig. 18

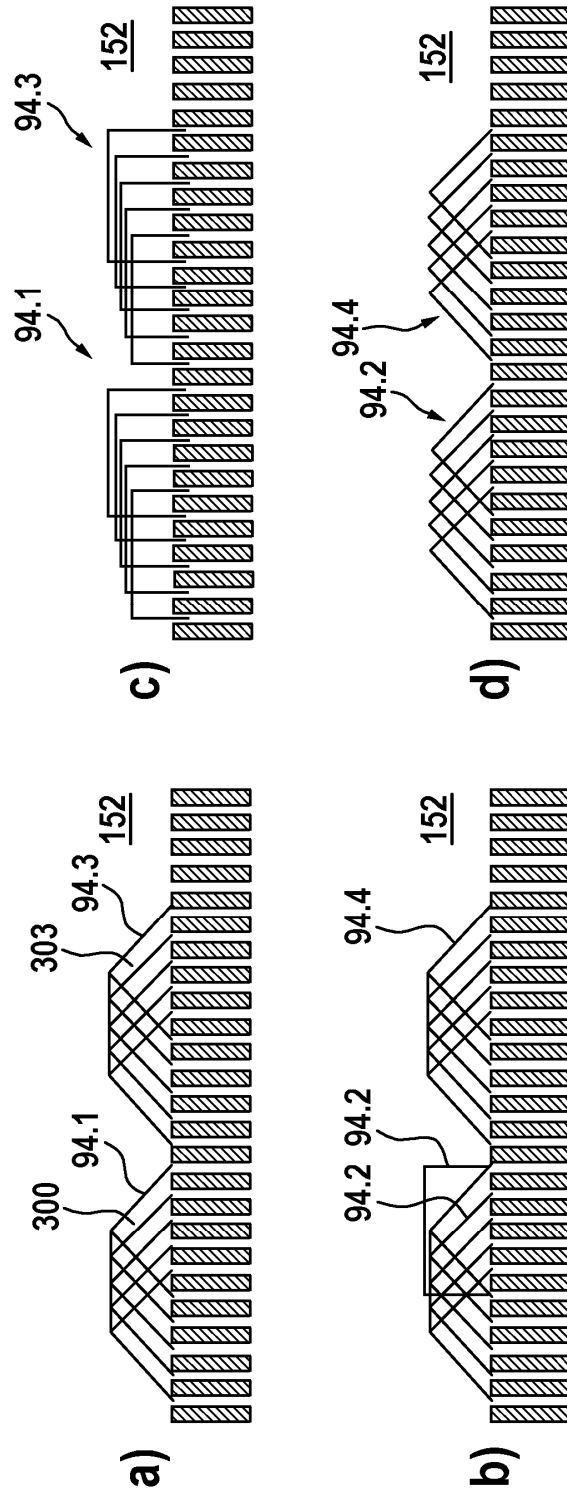


Fig. 19

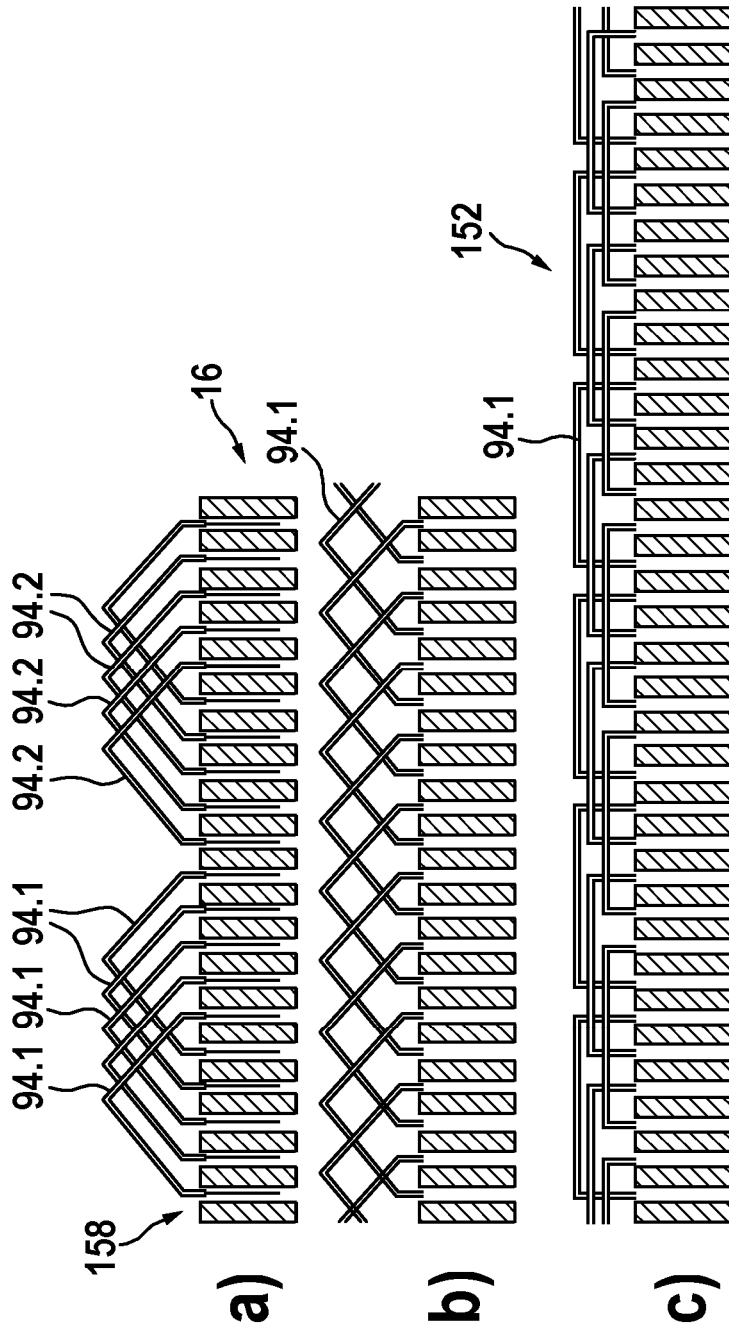


Fig. 20

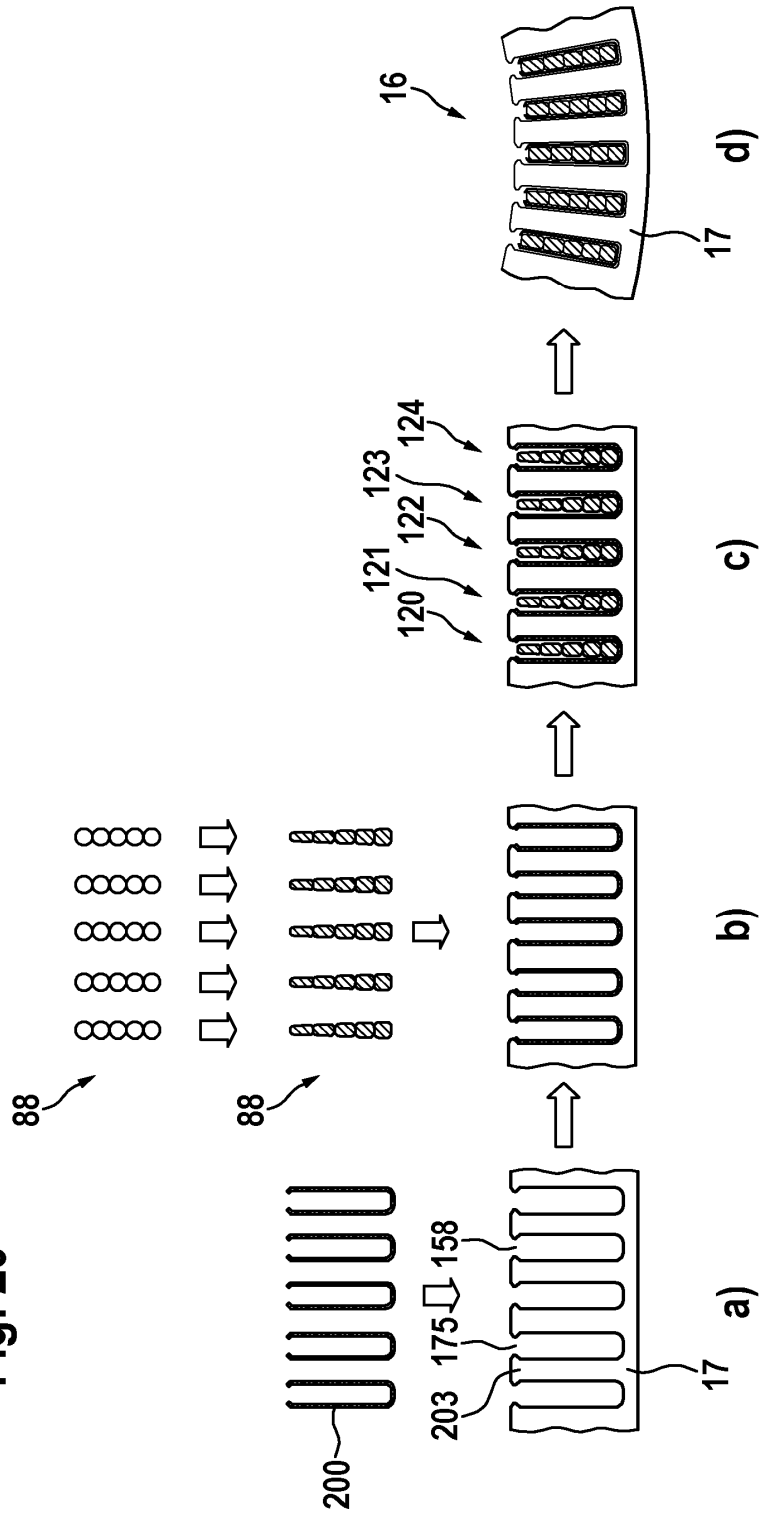


Fig. 21

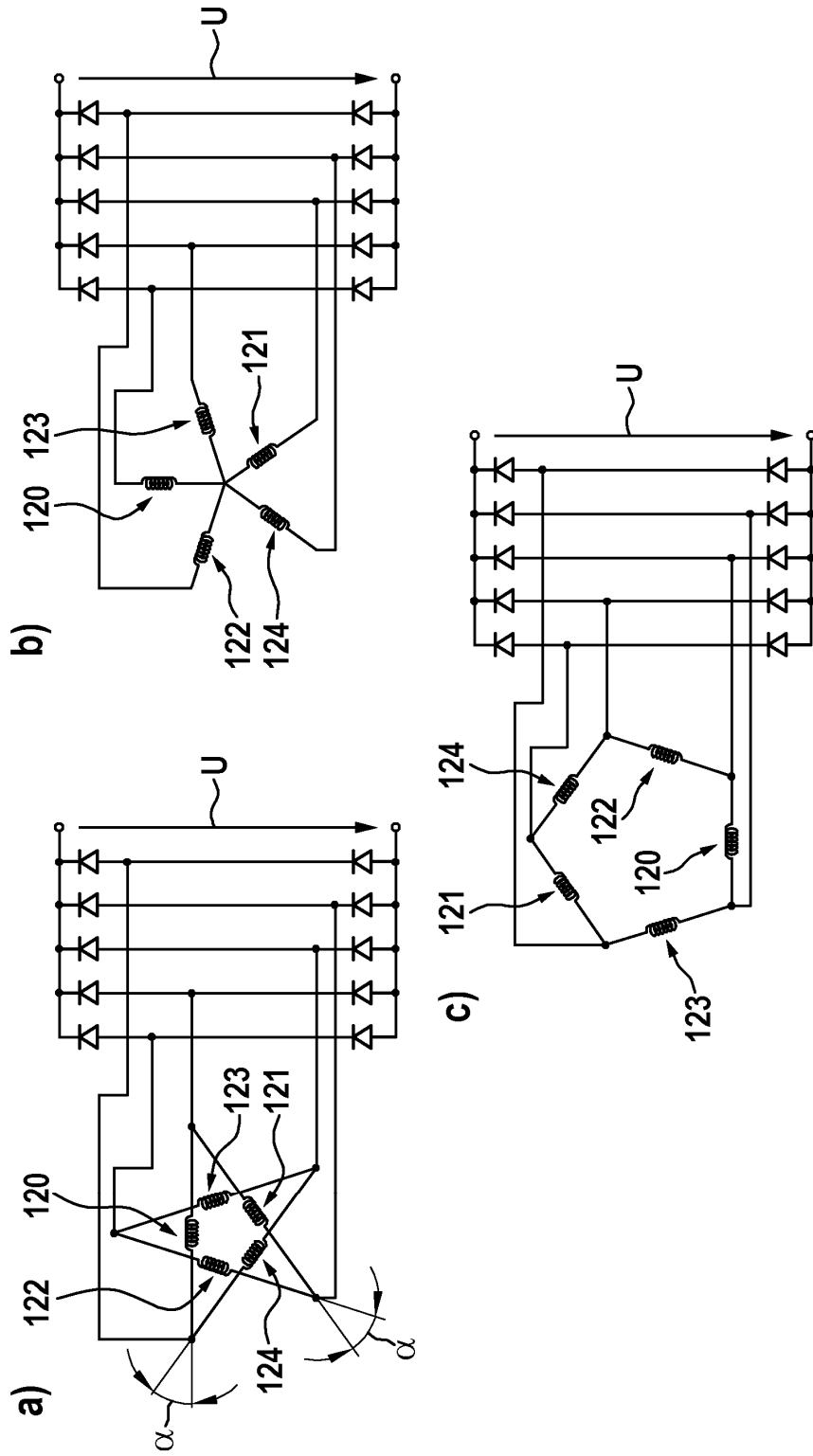


Fig. 22

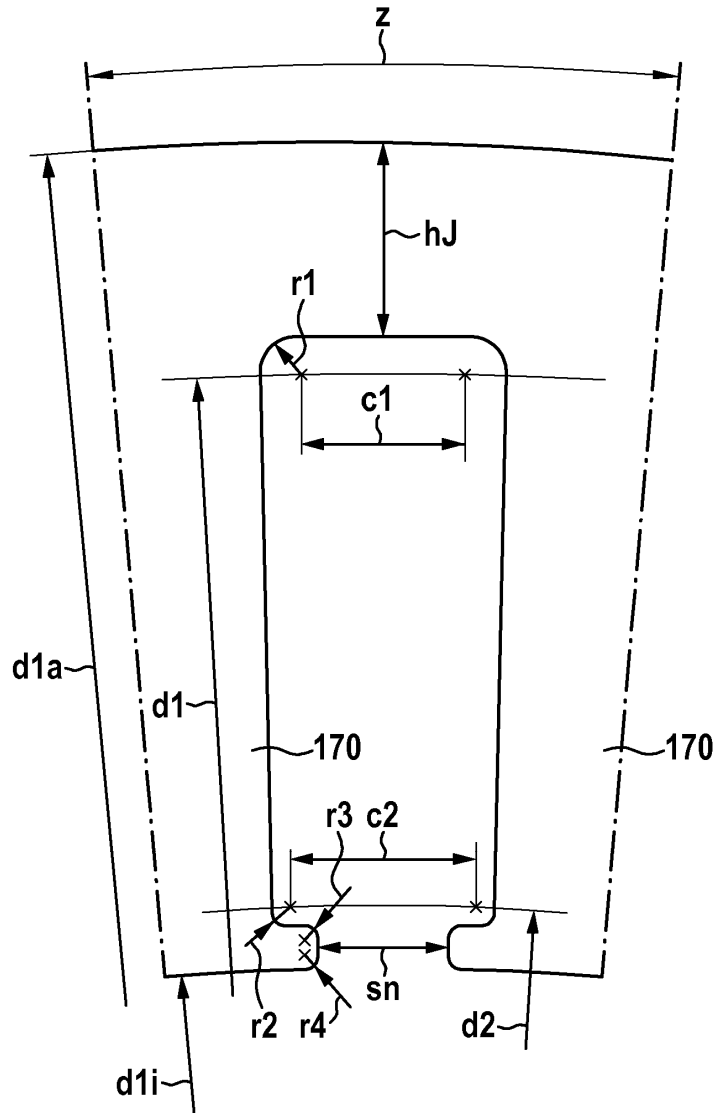


Fig. 23

